

ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ

НАУЧНОЙ ШКОЛЫ

А. С. КОЗМЕНКО - Г. П. СУРМАЧА

Том II

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
"Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук"

ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ЭРОЗИОВЕДЕНИЯ
А. С. КОЗМЕНКО – Г. П. СУРМАЧА

в четырех томах

Волгоград*2023



А. С. КОЗМЕНКО (1878-1965 гг.)

Выдающийся ученый в области борьбы с эрозией почв, агролесомелиорации, защитного лесоразведения, гидрологии, почвоведения, агрономии, автор теории формирования эрозионного рельефа и основ противоэрозионной мелиорации

Выдающийся ученый в области эрозиоведения, агролесомелиорации, защитного лесоразведения, геоморфологии, почвоведения, автор теории рельефообразования, образования лёссов, формирования серых лесных почв и черноземов в лесостепи



Г. П. СУРМАЧ (1915-1986 гг.)

ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ЭРОЗИОВЕДЕНИЯ
А. С. КОЗМЕНКО – Г. П. СУРМАЧА

Том второй

Волгоград*2023

УДК: 631. 4. 6.02. 551. 4. 556.5

Избранные труды научной школы эрозиоведения А. С. Козменко – Г. П. Сурмача в четырех томах. Т. 2. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2023. – 608 с.

Составитель и ответственный редактор – **А. Т. Барабанов**, доктор сельскохозяйственных наук

Избранные труды научной школы эрозиоведения Козменко – Сурмача, которой свыше 100 лет, издаются в четырех томах. Во втором томе публикуются работы профессора Сурмача Г. П. – выдающегося ученого в области эрозиоведения, агролесомелиорации, защитного лесоразведения, геоморфологии, почвоведения. В его работах дана характеристика четвертичных отложений Русской равнины, особенностей рельефа и распределения эродированных почв на склонах; излагается распространение и свойства лёссовых пород, гипотезы их происхождения, концепции развития склонов; новая теория циклического развития эрозионно-аккумулятивных процессов и формирования литогенной основы ландшафтов и образования лесостепи; описывается авторская логико-математическая модель, положенная в основу методики проектирования противоэрозионных мероприятий, рассматриваются вопросы методики исследования эрозии почв и формирования стока талых вод, влияния снежного покрова и других факторов на его образование; и оцениваются водозадерживающие приемы.

Selected works of the School of Erosion Studies by A. S. Kozmenko – G. P. Surmach in four volumes. Volume 2. – Volgograd: Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2023. – 608 p.

Selected works of the Kozmenko – Surmach scientific School of Erosion Studies, which is over 100 years old, are published in four volumes. The second volume publishes the works of Professor G. P. Surmach, an outstanding scientist in the field of erosion studies, agroforestry, protective afforestation, geomorphology, soil science, his works characterize the quaternary deposits of the Russian Plain, the relief features and distribution of eroded soils on the slopes; describes the distribution and properties of loess rocks, hypotheses of their origin, concepts of slope development; a new theory of the cyclic development of erosion-accumulative processes and the formation of the lithogenic basis of landscapes and the formation of forest-steppe; the author's logical and mathematical model is described, which is the basis of the methodology for designing anti-erosion measures, the issues of the methodology for studying soil erosion and the formation of meltwater runoff, the influence of snow cover and other factors on its formation; and water retention techniques are evaluated.

Рецензенты: **К. Н. Кулик**, доктор сельскохозяйственных наук, акад. РАН, профессор;
П. Н. Проездов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Электронный вариант доступен по ссылке <https://vfanc.ru/publikaczii/shkola-eroziovedeniya/>



ISBN 978-5-6048368-4-2

©ФНЦ агроэкологии РАН, 2023

ПРЕДИСЛОВИЕ

Научная школа Козменко – Сурмача начала формироваться свыше 100 лет назад, когда Алексей Семенович Козменко руководил Тульской гидрологической экспедицией, а затем Новосильской опытно-овражной станцией (ныне Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция – филиал ФНЦ агроэкологии РАН). Профессор А. С. Козменко – выдающийся ученый в области эрозиоведения, высококвалифицированный специалист широкого профиля: геоморфолог, почвовед, эрозиовед, гидротехник, гидролог, лесомелиоратор, агроном. Учителями и наставниками его были великие русские исследователи В. И. Вернадский, А. П. Павлов, К. А. Тимирязев, В. Р. Вильямс, Д. Н. Прянишников. Он первый отечественный ученый, положивший начало систематическому исследованию эрозионно-гидрологического процесса и разработке системы мер по его регулированию. Он создал направление в эрозионной науке и противоэрозионной мелиорации, получившее признание в нашей стране и за рубежом как школа Козменко. Уже тогда он выдвинул оригинальную идею о значении послетретичной эрозии, которая в последующем была трансформирована в теорию рельефообразования на равнине, обосновал необходимость зарегулирования поверхностного стока на всем водосборе комплексом противоэрозионных мероприятий и разработал основы противоэрозионной мелиорации, которые стали базой для создания современных адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Последователем идей А. С. Козменко и руководителем школы стал его ученик, выдающийся ученый – почвовед, геолог, эрозиовед, агролесомелиоратор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор Георгий Пантелеймонович Сурмач. Его имя известно широкому кругу ученых в нашей стране и за рубежом. Им выполнены обширные почвенно-эрозионные исследования, в т. ч. в период работы комплексной экспедиции АН СССР. Он создал теорию рельефообразования, образования лёссов, формирования серых лесных почв и черноземов в лесостепи и на ее основе обосновал возможность произрастания водораздельных и байрачных лесов в степной зоне. Им также разработана

новая классификация почв по степени смытости, выполнен огромный объем экспериментальных оценок характеристик эрозионно-гидрологического процесса (ЭГП), предложена методика инженерного расчета противоэрозионных мероприятий, разработаны новые способы защиты почв от эрозии. В последующем эти вопросы наиболее полно разрабатывались во ВНИАЛМИ его учениками Е. А. Гаршинёвым, В. П. Борцом, А. Т. Барабановым, В. И. Пановым, А. И. Петелько и др. Благодаря преемственности исследований поколениями учеников школы Козменко – Сурмача, их труды получили развитие, что позволило создать новые теоретические основы управления эрозионно-гидрологическим процессом и создания адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

За вековой период несколькими поколениями ученых опубликовано много научных трудов, некоторые из них, к сожалению, утрачены, отдельные сохранились в единичных экземплярах. Поэтому назрела необходимость издания избранных трудов научной школы эрозиоведения Козменко – Сурмача. Преемственность научных исследований важна особенно для молодых ученых ради будущего эрозионной науки.

Избранные произведения издаются в четырех томах. В первом томе излагаются труды А.С. Козменко; во втором – Г. П. Сурмача; в третьем – Е. А. Гаршинёва и В. П. Борца; в четвертом – А. Т. Барабанова, В. И. Панова, А. И. Петелько, А. В. Кулик, О. А. Гордиенко.

Настоящее издание избранных трудов подготовили к публикации сотрудники лаборатории защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН, которая стала правопреемницей отдела борьбы с эрозией почв ВНИАЛМИ, – ученики и последователи идей школы: А. Т. Барабанов, А. В. Кулик, О. А. Гордиенко, М. Р. Шайфуллин, А. В. Выпова, Д. А. Андреева, С. В. Петров.

Г. П. СУРМАЧ

**ВОДРЕГУЛИРУЮЩАЯ И ПРОТИВОЭРОЗИОННАЯ
РОЛЬ НАСАЖДЕНИЙ**

Издательство
«Лесная промышленность»
Москва 1971

УДК 634.0.913

Водорегулирующая и противозерозийная роль насаждений.
Сурмач Г. П. «Лесная промышленность», 1971 г., 112.

В книге изложены следующие вопросы: четвертичные отложения Русской равнины, особенности рельефа и распределение эродированных почв на склонах; факторы реальной водопроницаемости почв; замерзание и оттаивание серых лесных, черноземных и каштановых почв в сети лесонасаждений и факторы впитывания талых вод в лесополосах и на межполосных полях; сток талых вод с сельскохозяйственных угодий в районах степи и лесостепи и влияние водорегулирующих и прибалочных лесных полос и присетевых колковых насаждений на сток, величины водопоглощения; расчет ширины водопоглощающей полосы; необходимость сочетания лесополос с простейшими гидротехническими устройствами, технологии обвалования лесных полос и устройства в них канав; водопоглощающая и противозерозийная эффективность обвалованных лесополос (на примерах отдельных полос и сети полос) и их влияние на почвенно-грунтовые воды в связи с особенностями геологического строения местности; принципы противозерозийной организации территории и размещения защитных лесонасаждений в связи с особенностями рельефа; размещение сети защитных лесонасаждений и простейших гидротехнических устройств на территории колхоза.

Таблиц 18, иллюстраций 16, формул 16, библиографий 49.

ВВЕДЕНИЕ

В районах с выраженным рельефом процессы эрозии – смыв и размыв почв и почвогрунтов – наносят большой вред сельскому, водному и другим отраслям народного хозяйства. Они разрушают почвенный покров, сокращая площадь пахотных земель, истощают почвенное плодородие, заносят продуктами размыва ценные пойменные угодья и заиливают пруды и водоемы, портят дорожную сеть, усиливают почвенную засуху и ухудшают общий гидрологический режим территории. Тем самым они являются причиной снижения урожаев сельскохозяйственных культур и ухудшения условий сельскохозяйственного производства.

Интенсивность и характер эрозионных процессов в земледельческих районах зависят от особенностей геологии и типа рельефа – длины, крутизны и формы склонов, слагающих водосборы, и от почвенно-климатических факторов, определяющих размеры стока талых, дождевых и ливневых вод. Эрозия на сельскохозяйственных угодьях вызывается, главным образом, неурегулированным стоком талых и ливневых вод. Система противоэрозионной защиты может полностью ликвидировать или свести к минимуму эрозию почв.

Важнейшей задачей противоэрозионной мелиорации является эффективное задержание и регулирование стока, защита почв от смыва и размыва, а также восстановление и повышение их плодородия, улучшение водного режима сельскохозяйственной территории и поддержание благоприятного увлажнения полей. В условиях степей и в лесостепи рациональное использование атмосферных осадков и накопление достаточных запасов влаги в почве определяет уровень урожая сельскохозяйственных культур.

Эрозия происходит в результате совокупного влияния многих факторов (природных и антропогенных), и эффективная борьба с ней возможна лишь при применении всего комплекса противоэрозионных мероприятий: агротехнических и лугомелиоративных, лесомелиоративных и гидротехнических при правильной противоэрозионной организации территории.

Система защитных лесонасаждений является обязательным и очень важным элементом противозерозионного комплекса, элементом высокой культуры земледелия, способствующим интенсификации сельскохозяйственного производства. Лесонасаждениям принадлежит большая общемелиоративная и противозерозионная роль: они образуют как бы каркас, в котором укладываются и с которым увязываются другие элементы противозерозионного комплекса.

Можно без преувеличения сказать, что в сильно эродированных районах без лесополос невозможно построить эффективную систему противозерозионной защиты.

Как известно, лес оказывает многообразное гидрологическое и почвозащитное влияние на территорию и является регулятором влаги. Особенно велико противозерозионное значение байрачных лесов. Однако в настоящее время естественные леса малолесных степных и лесостепных районах СССР занимают небольшой процент территории (в среднем 5,5%), и лесомелиоративные функции возлагаются в основном на лесные полосы.

Насаждения противозерозионного назначения делятся на водорегулирующие (а точнее – водопоглощающие), прибалочные и приовражные полосы и посадки на гидрографической сети: по берегам лощин и суходолов (балок), по откосам и днищам оврагов и другим ее элементам. Главное назначение водопоглощающих лесных полос – это благоприятное отложение снега на полях, задержание и регулирование стока, преобразование гидрологического режима и повышение влажности полей, защита почв склонов от смыва и размыва. Одновременно они выполняют и функции по защите полей от дефляции, засухи и суховеев. Всякая лесополоса, расположенная поперек склона, независимо от ее ширины является водорегулирующей.

Прибалочные и приовражные лесные полосы также регулируют поверхностный сток, особенно в сочетании с участками залужения, защищают почвы присетевой зоны и гидрографической сети от смыва и размыва, а нижележащие ценные пойменные угодья, реки и водоемы от заноса твердыми продуктами эрозии и от заиления. В то же время в мелиоративном отношении эти насаждения благоприятно влияют на повышение урожаев сельскохозяйственных культур и многолетних трав в прилегающей зоне вышележащего склона и на берегах сети, а в хозяйственном – представляют собой один из способов эффективного использования малопродуктивных эродированных земель.

Мелиоративная эффективность защитных лесонасаждений зависит от правильного их размещения на территории. Однако в последнее время стало ясно, что лишь при сочетании лесных полос с простейшими гидротехническими устройствами (обвалование лесополос и др.) они способны эффективно выполнять водопоглощающую, противозерозионную и гидрологическую роль.

Разрушительные эрозионные процессы способствуют эволюции ландшафтов в сторону иссушения и общего оскудения, приобретения ими черт полупустынности. Противозерозионная мелиорация способствует улучшению почвенно-гидрологических условий территории и повышению продуктивности эродированных земель. Геоморфологические и геологические условия играют очень важную роль, определяя специфику гидрологии территории с сетью лесополос. В связи с этим необходимо изучить геологические условия на основе познания генезиса рельефа, так как это имеет прямое отношение к теории и практике противозерозионной мелиорации.

В настоящей работе изложены результаты исследований (с применением метода стоковых площадок) водопоглощающего и противозерозионного действия лесных полос и способы повышения их противозерозионной роли, гидрологическое значение лесополос и их влияние на грунтовые воды в связи с особенностями геологического строения местности, вопросы правильного размещения насаждений на территориях с выраженным рельефом.

Книга написана по материалам многолетних исследований автора с сотрудниками в опытной сети ВНИАЛМИ с привлечением материалов других научных учреждений и авторов.

Глава I

ГЕОЛОГИЯ, РЕЛЬЕФ И ПРОЦЕССЫ ЭРОЗИИ ПОЧВ

Рельефообразование и строение четвертичных отложений

Проблема генезиса рельефа и покровных лёссовых пород (лёссов, лёссовидных суглинков и глин) является весьма сложной, и здесь не представляется возможным подробно останавливаться на ней. Изложим лишь в самых общих чертах характер эрозионно-аккумулятивных процессов в четвертичный период, обусловивших формирование рельефа в его современном виде и покровных пород, и укажем на важнейшие особенности залегания и строения этих пород, определяющие специфику гидрологического режима территории.

Согласно исследованиям С. С. Неуструева (1909), С. С. Неуструева и Л. И. Прасолова (1911), Ф. П. Саваренского (1927), И. П. Герасимова (1935), А. Н. Мазаровича (1935), А. А. Дубянского (1939), А. С. Козменко (1954), В. Г. Бондарчука (1959), Г. П. Сурмача (1960) и других геологов и почвоведов толща рыхлых четвертичных отложений в районах древней аккумуляции (сыртовое Заволжье, Тамбовская равнина, юг Русской равнины) имеет следующее строение (снизу вверх): 1) песчаные и песчано-галечниковые отложения, имеющие наибольшее распространение и мощность вблизи речных долин и в самих долинах; 2) красно-бурые (иногда сизо-бурые) глины, выходящие на коренные склоны; 3) неоднородные преимущественно косвенно-слоистые песчано-глинистые образования, имеющие линзовидное залегание (промежуточные отложения); 4) светло-бурые или желто-бурые глины или суглинки – лёссы. В районах распространения днепровского и донского языков днепровского оледенения на красных породах залегает морена, а на ней – песчано-глинистые отложения и затем лёссы. В указанных районах лёссы имеют большую мощность и относительно однородный механический состав, в районах же разрушения и преимущественного сноса (возвышенности) их мощность небольшая, а в наиболее высоких водораздельных пунктах к дневной поверхности выходят коренные породы или здесь формируется элювий-делювий.

В Центральной лесостепи верхняя лёссовая толща обычно состоит из двух ярусов; верхнего – типичного лёсса, светло-бурого пылеватого суглинка (он может быть расчленен в разных случаях на два-три горизонта), и нижнего, представляющего собой бурую с оранжевым оттенком слабоопесоченную глину или тяжелый суглинок. Мощность типичного лёсса на приводораздельных возвышенных склонах обычно составляет около 2-4 м (район Новосильской АГЛОС им. А. С. Козменко), причем он характеризуется недостаточной однородностью по механическому составу (чередуются прослойки от легкосуглинистых до тяжело-суглинистых), а в пониженных районах древней аккумуляции (например, в карьере Железнодорожного района Курской области) около 12-15 м и больше, и по механическому составу он более однородный. Мощность второго яруса (бурая лёссовидная глина) в различных условиях колеблется от 1-2 до 6-8 м и больше. Различные прослойки ее также варьируют по механическому составу в значительных пределах. Мощность желто-бурой сыртовой толщи Заволжья (лёсс) достигает 30 м, а всей глинистой толщи, включая и красно-бурую, – 45 м.

Исходя из делювиально-пролювиальной теории Армашевского – Павлова и развивая теорию рельефообразования А. С. Козменко, мы рассматриваем генезис рельефа и лёссовых пород как единый эрозионно-аккумулятивный процесс. Схема рельефообразования представлена на рис. 1.

Во время прохождения больших вод в ледниковые эпохи преобладали процессы размыва и проходило усиленное расчленение территории. В нижнечетвертичном цикле эрозии, связанном с окским (миндельским) оледенением северных районов европейской части нашей страны, в гидрографической сети вначале должен был протекать процесс углубления и расширения русел, а в дальнейшем, по мере их выработки и повышения базисов эрозии, а также с увеличением поступления обломочного материала (в связи с сокращением снежных полей) аккумуляция твердых продуктов на путях стока (галечники, пески, песчано-глинистые отложения). После спада ледниковых вод в конце окского ледникового века получили развитие преимущественно эрозионно-аккумулятивные процессы. В результате в условиях крайней скудности растительного покрова отложилась делювиально-пролювиальным путем толща красно-бурых глин и суглинков.

Прохождение нового среднечетвертичного цикла эрозии связано с таянием снежных скоплений, появившихся под влиянием днепровского

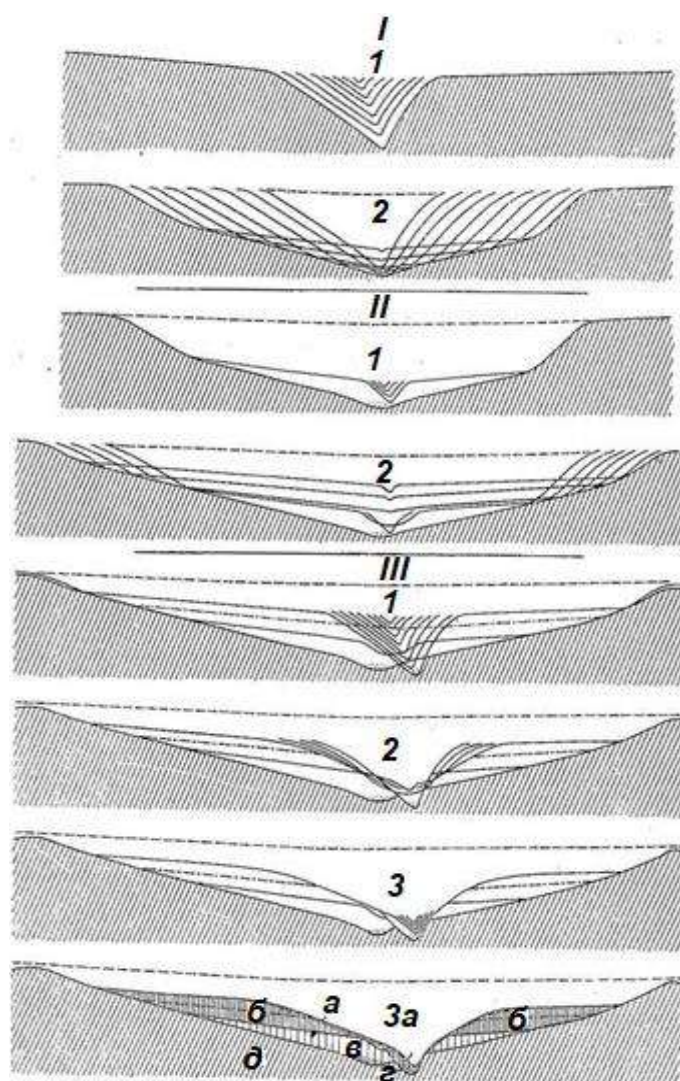


Рис. 1. Схема формирования склонов и покровных отложений (по Г. П. Сурмачу):

I — нижнечетвертичный цикл эрозии: *I-1* — стадия углубления русла в коренной или древнейшей покровной породе и подмыва инсолируемого берега; *I-2* — стадия сглаживания склона и образования лёссовой породы; *II* — среднечетвертичный цикл эрозии: *II-1* — стадия размыва и подмыва инсолируемого берега; *II-2* — стадия сглаживания склона и образования лёссов; *III* — верхнечетвертичный цикл эрозии; *III-1* — стадия размыва и подмыва инсолируемого берега; *III-2* — стадия сглаживания и отложения делювиальных суглинков; *III-3* — размыв сухоходольной гидрографической сети (до формирования почв); *III-3а* — современный рельеф; *а* — новейшие делювиальные суглинки; *б* — лёссы; *в* — краснобурые глины; *г* — пески и галечники; *д* — коренные породы

(рисского) оледенения. В эпоху прохождения максимальных вод и интенсивного размыва в ложбинах размыва отложились песчано-глинистые промежуточные породы. Произошла частичная или полная изоляция отдельных сыртов и увалов от более возвышенных элементов рельефа. В последовавшую затем межледниковую эпоху в условиях делювиальной пустыни с весьма скудной растительностью формировались делювиальным путем желто-бурые пылеватые лёссы (суглинки или глины). Делювий продвигался на десятки и сотни километров, затягивал пологие склоны, заполнял понижения рельефа (суходолы) и попадал уже как аллювий на террасы долин. В связи с колебаниями климата (известны днепровская и московская: стадии днепровского оледенения) сформировалось два и больше яруса, или горизонтов, лёсса.

Новый верхнечетвертичный цикл эрозии, обусловленный валдайским (вюрмским) оледенением, протекал в условиях сильно понизив-

шихся базисов эрозии. Поэтому стадия размыва проходила особенно интенсивно. Это привело к дальнейшей изоляции от господствующих высот сыртов и увалов, на которых в днепровско-валдайскую межледниковую эпоху отложилась толща, лёссов. Таким образом, появился водораздельный типичный лёсс. На многих склонах, приобретших большую крутизну, образовался новый лёссовидный суглинок, в ряде случаев более грубый, чем водораздельный лёсс.

В процессе длительного подмывания берегов гидрографической сети, обращенных на юг, юго-запад и запад, ось сети все больше смещалась в сторону инсолируемого склона; гидрографическая сеть и склоны приобрели асимметричное строение.

Верхнечетвертичный, эрозионно-аккумулятивный цикл закончился, когда на территории расселилась растительность и сформировался нормальный почвенный покров; рельеф приобрел современные очертания. Эрозионные процессы практически прекратились, за исключением речных русел, а в полупустынных условиях с неплотным задержанием почвы – резко ослабли. Древние формы рельефа как бы законсервировались, сохранив присущую рельефу эрозионную энергию.

Если поставить вопрос – возможно ли полное удаление выветривающихся горных пород мелкими струями воды в суходольную и речную сеть и в моря при энергичном эрозионном разрушении возвышенностей, без отложения части мелкоземистых продуктов в понижениях рельефа и на склонах, то ответ будет только один – нет. *На путях передвижения мелкозема обязательно должны образоваться рыхлые делювиальные и пролювиальные наносы. Это и есть лёссовые породы.* Было бы странно и непонятно, если бы на некоей территории (за исключением: наиболее возвышенных пунктов и крутых коренных склонов) отсутствовали покровные породы делювиального происхождения, так как это возможно лишь при отсутствии эрозии. Эрозия и аккумуляция – это две стороны единого процесса, и они неразделимы.

Из сказанного следует, что в настоящее время невозможно обнаружить дочетвертичный рельеф, удалив мысленно покровные породы, так как он не сохранился. Ведь коренной рельеф, скрытый этими породами, образовался в четвертичный период одновременно с формированием лёссовых пород (см. рис. 1). Дочетвертичный рельеф имел совсем иные очертания по сравнению с подлёссовым рельефом.

В ходе рельефообразования и лёссообразования низменные территории покрылись мощной толщей отложений, причем верхняя

часть толщи – лёсс – представляла собой относительно однородную породу. На возвышенностях сформировались лёссы малой мощностью, отличающиеся большей слоистостью и неоднородностью механического состава. Это обусловило формирование различного гидрологического режима почвогрунтов возвышенных и более низменных территорий и соответствующее распределение лесной и травянистой (степной) растительных формаций, а также соответствующих им почв. По мере развития почвенного покрова водопроницаемость почвогрунта все увеличивалась, а поверхностный сток уменьшался. В современных физико-географических условиях на девственных участках, покрытых лесной или травянистой растительностью, в районах лесостепи и особенно в степях почти все осадки просачиваются в почву, и сток бывает очень слабый или полностью отсутствует. В таких условиях в четвертичных отложениях или в коренных породах со временем должны были сформироваться верхние горизонты грунтовых вод и начать деятельность родники.

В исторический период в связи с повсеместным сведением лесов и распашкой степной целины в условиях низкой культуры земледелия резко усилился сток и развились разрушительные эрозионные процессы (антропогенная эрозия). В этих условиях стали иссякать грунтовые воды и многие родники прекратили свое существование. Указанные выше особенности залегания и строения четвертичных отложений определяют специфику гидрологии почвогрунтов при создании системы лесных насаждений. Эти вопросы будут освещены в V и VI главах.

Рельеф и распределение эродированных почв на склонах

Рельеф местности – это сочетание возвышенных участков территории, склонов и понижений. Выраженность рельефа определяется разностью высот и низин, степенью расчленения местности, длиной и крутизной склонов. В сильно эродированных районах склоновые земли составляют преобладающую часть территории и сельскохозяйственные угодья расположены преимущественно на склонах.

Различают три основные формы продольного профиля склонов: выпуклую, прямую и вогнутую; в природе встречаются также выпукло-вогнутые и реже вогнуто-выпуклые и ступенчатые склоны. В районах преимущественного распространения выпуклого профиля склонов сте-

пень выпуклости варьирует в широких пределах, в зависимости от средней крутизны склона, а также от звена гидрографической сети, к которому он падает. Наиболее выраженной выпуклостью профиля и крутизной отличаются склоны южной и юго-западной экспозиции, а также склоны, примыкающие к подмываемым крутым участкам берегов долин.

Склоны прямого профиля имеют приблизительно равномерное падение на всем своем протяжении. Склоны вогнутой формы, имея наибольшую крутизну в верхних прямых отрезках ($5-10^\circ$), характеризуются постепенным уменьшением ее и в нижних отрезках нередко переходят в делювиальные шлейфы с падением $1-0^\circ$ (см. рис. 12). Вогнутая или выпукло-вогнутая форма продольного профиля склонов чаще всего наблюдается, когда склоны падают к террасам рек.

Поперечная форма профиля склонов также может быть различной – выпуклой, прямой, вогнутой. При выпуклой форме поперечного профиля линии стока расходятся и сток к низу склона рассеивается. Поэтому водосбор с такой формой поперечного профиля называется рассеивающим. При вогнутой форме профиля линии стока сближаются к низу склона, водосбор принимает веерообразную форму и называется собирающим. При прямой поперечной форме профиля водосбор является нейтральным.

Собирающие водосборы различной степени выраженности обычно распространены в верховьях лощин; они, как правило, бывают расчленены древними ложбинами, сходящимися в виде веера к вершине лощины.

Рассеивающие водосборы располагаются в низовьях лощин и суходолов. Чаще всего такой водосбор ограничивается гидрографической сетью с трех сторон: с двух сторон лощинами или суходолами, проходящими приблизительно параллельно между собой и открывающимися в нижележащее, расположенное поперек первым двум, звено сети – суходол или речную долину. Нередко такой водосбор ограничивается двумя звеньями гидрографической сети (лощинами или лощиной и суходолом), сходящимися под некоторым острым углом и соединяющимися между собой.

На склонах, длина которых превышает 350-400 м, как правило, имеются хорошо выраженные древние ложбины, которые располагаются главным образом в нижних и средних частях склонов на различных расстояниях друг от друга. Ложбины, концентрируя сток, определяют характер его прохождения, что приводит к неравномерному смыву и размыву почв.

Выпуклая форма склонов характеризуется постепенно увеличивающейся книзу крутизной и возрастанием интенсивности смыва почв. В районах, где длительное время интенсивно протекали эрозионные процессы, при указанном типе водосбора почвенный покров по степени смытости распределяется в такой последовательности: на приводораздельных участках залегают несмытые и слабосмытые почвы, далее вниз по склону следуют различные по ширине пояса среднесмытых, сильносмытых и местами весьма сильносмытых почв¹.

На склонах прямой формы интенсивность смыва также равномерно нарастает книзу, но в меньшей степени, чем на выпуклых склонах: последовательность смены почв по степени смытости такая же, как и на выпуклых склонах; эродированные почвы здесь менее распространены. На склонах вогнутой или выпукло-вогнутой формы в верхних (или средних) крутых отрезках залегают в той или иной степени смытые почвы (а при выходах твердых коренных пород – щебенистые); на делювиальных шлейфах преимущественно намывные. Иногда здесь имеет место размыв по ложбинам. На склонах сложной формы интенсивность смыва на различных отрезках варьирует в зависимости от их крутизны, и в соответствии с этим распределяются и разной степени смытые почвы. На склонах с древними ложбинами почвы разной степени смытости распределяются комплексно, а на элементах склонов и берегах гидрографической сети, не подвергавшихся распашке, находятся несмытые и намывные почвы.

На интенсивность эрозии и распределение смытых и размывших почв оказывает влияние также экспозиция склонов. Это влияние проявляется двояко. Выше отмечалось, что в процессе рельефообразования склоны, падающие к суходольной гидрографической сети, приобрели асимметричное строение: обращенные на юг, юго-восток, юго-запад и запад, как правило, имеют большую крутизну при несколько меньшей длине, а противоположные склоны, наоборот, меньшую крутизну, но большую длину. В связи с этим на более крутых инсолируемых склонах интенсивность смыва выше, чем на теневых. Однако не всегда различная длина и крутизна склонов зависят от их экспозиции; в ряде случаев в приречных районах эта закономерность нарушается,

¹Слабосмытыми почвами считаются такие, которые потеряли не более 25% гумусного горизонта (A + B₁), среднесмытыми – от 25 до 50%, сильносмытыми от 50 до 75% и весьма сильносмытыми от 75 до 100% этого горизонта. Несмытой считается почва с уменьшением гумусового горизонта не более 3-4 см (автор, 1956).

и тогда интенсивность эрозии и распространение смытых почв определяются исключительно рельефом (автор, 1956).

Более непосредственное влияние экспозиции склонов на интенсивность эрозии связано: с характером снегоотложения на склонах, интенсивностью солнечной радиации, высотным температурным градиентом и защитной ролью растительного покрова. В ряде районов нашей страны, например в Центральной лесостепи, южные и юго-восточные склоны являются в зимний период ветроударными и снегосдуваемыми, а склоны противоположных экспозиций снегозаносимыми. Благодаря пониженной мощности снежного покрова на нижележащих элементах склонов и повышенной интенсивности снеготаяния вследствие большего поступления солнечной радиации и наличия высотного температурного градиента, нижние отрезки инсолируемых склонов, как правило, раньше обнажаются от снега, что ведет к резкому усилению на них смыва почвы подтекающей сверху водой.

Кроме того, благодаря повышенному иссушению инсолируемых склонов и особенно берегов гидрографической сети и худшему развитию на них травянистой растительности, защитная роль последней значительно ниже, чем на теневых склонах, особенно в условиях степей. Это играет немаловажную роль в развитии эрозии на присетевых землях и берегах гидрографической сети различной экспозиции.

Глава II

СТОК И ВОДОПОГЛОЩАЮЩАЯ РОЛЬ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ

Факторы реальной водопроницаемости почв

Водопроницаемость, или инфильтрационная способность, почвы является свойством, определяющим скорость впитывания и просачивания в нее воды и обеспечивающим создание того или иного запаса почвенной влаги. Водопроницаемость зависит от внутренних свойств почвы, присущих, данному почвенному виду или разности (механический состав, содержание гумуса и других), от уровня агротехники и характера обработки. Исследованиями почвоведов установлено, что почвы, имеющие более водопрочную зернистую и мелкокомковатую структуру, обладают лучшей водопроницаемостью, чем почвы с худшей струк-

турой. Так, инфильтрационная способность черноземов выше, чем каштановых и серых лесных почв, а серые лесные почвы в свою очередь более водопроницаемы, чем подзолистые. Почвы в различной степени смытые отличаются меньшей водопроницаемостью по сравнению с несмытыми. В рыхлом состоянии почвы обладают лучшей инфильтрационной способностью, чем в уплотненном; на степной целине и в лесу вода просачивается с большей скоростью, чем на пастбищах и на пашне, особенно старопахотных участков. Сравнительная количественная характеристика впитывающей способности различных почв лесостепи дается в работе А. М. Грина и Г. В. Назарова (1965).

Почвы легкого механического состава – песчаные и супесчаные – в теплое время отличаются лучшей водопроницаемостью, чем суглинистые и глинистые. С точки зрения борьбы с эрозией характеристика водопроницаемости и других водно-физических свойств почвы имеет большое значение, так как ими обуславливаются размеры стока.

Как известно, при изучении инфильтрационной способности почв применяются две группы методов: к первой относятся методы, основанные на сплошном затоплении микроплощадок, ко второй – на подаче воды в виде дождя (дождевание) (автор, 1962). При сплошном затоплении получают максимальные показатели водопроницаемости для данной почвы. Поэтому мы называем водопроницаемость, выявленную методом сплошного затопления почвы, *максимальной* в отличие от *реальной*, проявляющейся в естественных условиях во время дождей и ливней, когда поверхность почвы затопляется лишь частично. Реальная водопроницаемость открытой почвы обычно в 1,5-3 раза ниже максимальной, причем она сильно варьирует в зависимости от этой последней и от влажности почвы. Кроме того, на впитывание воды в почву склонов в реальных условиях оказывают сильное влияние различные внешние факторы. Прямо влияют: а) степень рыхлости поверхностного слоя почвы и выраженность нанорельефа¹ и микрорельефа; б) густота растительного покрова, наличие степного войлока или лесной подстилки; в) интенсивность дождя. Обратно влияют: г) уклон поверхности; д) размер и энергия падающих капель (автор, 1955, 1962). Роль перечисленных факторов прямого действия (а – в) сводится к тому, что они обуславливают большее затопление поверхности почвы и, следовательно, увеличивают пло-

¹Под нанорельефом понимается сочетание мелких форм поверхности, возникающих в результате обработки почвы и измеряемых сантиметрами.

щадь сечения почвенных пор, интенсивно проводящих воду вниз, т. е. расширяют фронт интенсивного просачивания. Факторы обратного действия (г – д), напротив, уменьшают площадь затопления и тем самым сокращают реальную водопроницаемость.

Таким образом, более емкий микрорельеф, созданный на поверхности пашни (например, при бороздовании и окучивании пропашных поперек склона, лункование паров и т. д.), является постоянно действующим фактором водопроницаемости в течение всего времени выпадения дождя или ливня; его роль не исчерпывается аккумуляцией воды в понижениях, емкость которых обычно крайне недостаточна для задержания слоя ливневых осадков.

При выпадении дождей с мелкой каплей поверхность почвы мало изменяется, крупнокапельные же дожди (ливни) разрушают структурные отдельности незащищенной почвы, приводя к заплыванию поверхности и сглаживанию нанорельефа; это в свою очередь ведет к уменьшению впитывающей способности почвы. Чем ниже водопрочность агрегатов, тем сильнее они разрушаются и тем больше ливневый сток и смыв почвы.

При растительном покрове или мульче на поверхности почвы, помимо создания ими условий для лучшего контакта воды с почвой, гасится энергия удара капель, благодаря чему сохраняется на высоком уровне инфильтрация воды в почву и сокращаются сток и смыв. Чем гуще стеблестой или травостой на склонах, тем выше реальная инфильтрация и меньше сток.

Посмотрим, в какой степени верны заключения и выводы о влиянии факторов реальной водопроницаемости почв в теплое время при впитывании талых вод в мерзлую почву. Особенности впитывания талой воды обуславливаются явлениями двух порядков: пониженной инфильтрационной способностью мерзлой почвы и наличием на ней снежного покрова. Снежный покров, обладая водоудерживающей способностью, обеспечивает почти сплошное затопление поверхности почвы водой и играет роль, постоянно действующего фактора впитывания. Именно поэтому такие факторы реальной водопроницаемости, как микрорельеф пашни, густота растительного покрова, уклон поверхности, обуславливающие степень затопления почвы во время дождя, в период снеготаяния при прочих равных условиях почти не действуют или действуют слабо. Они начинают оказывать свое влияние лишь после обнажения почвы из-под снега. Например, роль микрорельефа зяблевой пахоты сводится к задержанию талой воды на завер-

шающем этапе снеготаяния в соответствии с его емкостью. В этом коренится основная причина того, что микрорельеф пашни играет не очень большую роль в задержании талых вод.

Влияние лесных насаждений на поглощение талых вод и уменьшение стока

Замерзание и оттаивание почвы в сети лесополос

Просачивание талых вод в почву зависит, с одной стороны, от активной пористости почвы, определяющей ее максимальную водопроницаемость (в теплое время), а с другой, от промерзания почвы и степени закупорки льдом водопроводящих пор.

Работами многих исследователей (Шалабанов, 1903; Качинский, 1927; Созыкин, 1940; Разумова, 1951; Кузник, 1954; Сурмач, 1955; Цыкин, 1956; Комаров, 1957; Харченко, 1962 и др.) установлено, что мерзлая почва в зависимости от содержания в ней льда и степени закупорки водопроводящих пор способна в разной степени пропускать талые воды. При полной их закупорке она теряет способность впитывания и вся снеговая вода идет на сток. Просачивание талой воды в мерзлую почву сопровождается частичным ее замерзанием с выделением скрытой теплоты плавления и образованием связанной воды, что обуславливает временное уменьшение инфильтрационной способности почвы (Комаров, 1957).

Согласно нашим исследованиям при замерзании сильно влажной почвы происходит быстрое капиллярное передвижение воды к поверхности замерзания и накопление льда в порах и полостях, сопровождающееся потерей инфильтрационной способности почвы; это приводит к расширению (вспучиванию) мерзлой почвы и резкому уменьшению ее объемного веса. Сухая переохлажденная почва не обнаруживает эффекта промерзания.

С уменьшением с севера на юг и юго-восток предзимнего увлажнения почв глубина их промерзания уменьшается; серые лесные почвы промерзают глубже, чем черноземы, а черноземы глубже, чем каштановые почвы. Почва в лесных полосах и в приопушечной зоне промерзает меньше, чем на полях; при раннем формировании мощного снежного покрова она останется в течение всей зимы талой, способной поглощать снеговую воду.

Согласно нашим наблюдениям в 1953-1958 гг. на Тимашевском опорном пункте Куйбышевской области, в табл. 1 приведена глубина промерзания почвы в лесных полосах и на межполосных полях в зависимости от степени увлажнения почвы, характера зимы и динамики формирования снежного покрова.

Таблица 1

Глубина промерзания почвы в лесополосах и межполосных клетках Тимашевского пункта

Год	Возраст лесополосы, лет	В числителе высота снежного покрова, в знаменателе глубина промерзания почвы, см		
		в лесной полосе	в поле	
			на расстоянии до 25 м от полосы	больше 25 м
1953/54	60	$\frac{55-65}{27-50}$	Не определялось	
1954/55	15	$\frac{55}{70-75}$	$\frac{43}{80-85}$	$\frac{23}{95-100}$
1955/56	60	$\frac{60-170}{0}$	$\frac{60-70}{20-30}$	$\frac{40-50}{20-30}$
1956/57	9	$\frac{80-90}{40-45}, \frac{170}{0}$	$\frac{80-90}{40-55}$	$\frac{10-30}{75-85}$
1957/58	60	$\frac{135}{0}$	$\frac{65-100}{10-30}$	$\frac{25-40}{25-35}$

В 1954, 1955 и 1957 гг. довольно глубокое промерзание почвы наблюдалось как в поле, так и в лесных полосах. Зима 1953/54 г. была холодная, почти без оттепелей, предзимнее увлажнение почвы умеренное. Зима 1954/55 г. характеризовалась неустойчивостью, снежный покров стаивал и вновь формировался, почва временами была обнажена от снега и глубоко промерзала в сильно влажном состоянии. В сезон 1956/57 г. почва замёрзла, будучи сильно увлажненной в предзимнее время, и снежный покров сформировался позднее. В очень суровую зиму 1955/56 г. сильно иссушенная почва промерзла на небольшую глубину (20-30 см – слой увлажнения). В умеренно-холодную зиму 1957/58 г. почва также промерзла на глубину промачивания (25-35 см и меньше). Оттаивание почвы в 1954-1956 гг. и в 1958 г. на полях с зяблевой пахотой и в лесных полосах проходило главным образом сверху под влиянием тепла просочившейся талой воды (до глубины 20-30 см и более) и продолжалось после схода снега, а также снизу. В 1957 г. этот тип

оттаивания был выражен слабо, и оттаивание почвы сверху проходило после схода снега. Сток в этом году был очень сильный.

На уплотненной пашне, где в почве образуется больше льда, ее частичное оттаивание пятнами сверху под снегом наблюдалось в 1954 и 1956 гг. В остальные годы здесь формировалась в той или иной степени ледяная корка, и почва оттаивала после полного схода снежной покрова и ледяной корки. В приопушечной зоне лесных полос корка была менее распространена или отсутствовала.

По данным мерзлотомеров Данилина, на полях Поволжской АГЛОС за период 1952-1965 гг. в многоводные 1955, 1957 и 1964 гг., когда почва в предзимний период была увлажнена на большую глубину, волны холода проникали до 100 см, в остальные же годы периода (исключая 1962 и 1965 гг.) вода в трубке замерзала до 140-150 см. В действительности же более глубокое реальное промерзание почвы отмечалось в указанные многоводные годы. В условиях Центральной лесостепи, где в предзимний период в почве, как правило, содержится легко подвижная влага, глубина промерзания значительно больше соответствует проникновению в почву отрицательных температур, и она реально промерзает глубже, чем в Поволжье. Замерзание воды в трубке мерзлотомера до глубины 145-147 см наблюдалось в 1964 и 1965 гг. на светло-каштановых почвах в г. Волгограде.

Материалы по промерзанию почвы в сети лесополос по опытной сети ВНИАЛМИ за период 1959-1966 гг. представлены в табл. 2. Резюмируя их, можно отметить следующее. На Новосильской АГЛОС в мягкие зимы 1961, 1962 и 1966 гг. промерзание почвы на полях было неглубокое и неустойчивое, а в лесных насаждениях почва была талая. В другие годы рассматриваемого периода почва полей промерзала глубоко и сильно до 90-120 см, а в 1963 г. на открытых полях до 140-160 см.

В лесных насаждениях слой промерзания в большинстве случаев был в 1,5-2 и даже в 3 раза меньше, а в приопушечной зоне до 1,5-2 раза меньше по сравнению с полем. Г. А. Харитонов (1963) на основании своих исследований в 1939 и 1940 гг. пришел к выводу, что глубина промерзания почвы на полях, примыкающих к балочным лесам, уменьшается на 15-40% по сравнению с открытыми полями. В самих лесах почва промерзала в указанные годы в среднем до 36 см (от 22 до 45 см), а на открытом снегозаносимом берегу до 51 см.

На Поволжской АГЛОС почва в связи с различным предзимним увлажнением промерзала в большинстве случаев на глубину от 55 до

Таблица 2

**Глубина промерзания почвы в лесных насаждениях и на полях
под защитой лесных полос (см)**

Год	Новосильская АГЛЮС Орловской области				Поволжская АГЛЮС Куйбышевской обл.		Опытное хозяйство ВНИИАЛМИ в г. Волгограде	
	лес или лесная полоса	поле на расстоянии от лесной опушки			лесная полоса	поле	лесная полоса	поле
		до 25 м	25-50 м	более 50 мм				
1959	$\frac{85}{30}$	Не опр.	$\frac{57}{55}$	$\frac{43}{80-90}$	170	0	$\frac{12-18}{8-16}$	$\frac{5}{22}$
1960	$\frac{90}{40}$	$\frac{50}{50-60}$	Не опр.	$\frac{47}{80-90}$	Не опр.	Не опр.	Нет данных	$\frac{6-7}{20-30}$
1961	$\frac{20}{0}$	Промерзание пятнами			-"	-"	$\frac{18}{1-2}$	$\frac{0}{25-30}$
1962	$\frac{20}{0}$	Пятнами до 5-15	Не опр.	Пятнами до 75	-"	-"	$\frac{25-45}{0}$	$\frac{20-25}{0}$
1963	$\frac{68}{50-80}$	$\frac{62}{76-88}$	$\frac{57}{90-115}$	$\frac{38-45}{90-120}$ $\frac{33-38}{140-160}$	165*	0	$\frac{80}{36}$ $\frac{30}{16}$	$\frac{3}{47-53}$
1964	$\frac{77}{20-25}$ 35	$\frac{48-73}{23-54}$	$\frac{37-48}{54-63}$	$\frac{32-45}{73-120}$	183*	29	$\frac{110-25}{0-38}$	$\frac{5-8}{70-73}$ 145
1965	$\frac{50}{37}$ 60	$\frac{32}{52}$	Не опр.	$\frac{12-16}{65-100}$	124	0-4	$\frac{27-34}{40-60}$ $\frac{26}{65-70}$	$\frac{4-8}{52-78}$ 147
1966	$\frac{30-45}{0}$	Промерзание пятнами			.	.	$\frac{12-20}{0}$	$\frac{7-8}{24-39}$ $\frac{10-11}{18-34}$

Примечание: 1. В вычислителе – высота снежного покрова, в знаменателе – глубина промерзания почвы. 2. Случаи, отмеченные звездочками, – показания мерзлотометров Данилина.

105 см; в 1959 г. она промерзла лишь на 30-40 см, а в 1964 г. до 125 см. Промерзание почвы в лесополосах, где скапливалось много снега, наблюдалось лишь в 1964 г. (до 29 см).

В каштановой зоне возможно глубокое промерзание почвы, о чем свидетельствуют показания мерзлотометров. Однако реально она обычно промерзает лишь на глубину осенне-зимнего промачивания. В 1959-1961 гг. промерзание светло-каштановых почв распространялось на 22-30 см. В 1962 г. в связи с частичным стаиванием снежного покрова во время зимних оттепелей увлажненная почва в местах, где мощность снега не превышала 10-12 см, промерзла до 60-80 см, а при слое снега 18-25 см была талая. В период 1963-1965 гг. увлажненная в первой половине зимы почва затем промерзала на 50-78 см, а в 1966 г. до 39 см. Почва в лесных полосах в начале зимы замерзает, а после формирования устойчивого снежного покрова на части площади оттаивает: снизу – под действием тепла глубинных горизонтов или сверху во время оттепелей, под влиянием тепла просачивающейся талой воды. Оттаивание почвы весной в лесных полосах и на участках зяблевой пахоты в приопушечной зоне происходит снизу и сверху одновременно с таянием снега, а на уплотненной пашне (многолетние травы, озимые) – сверху после схода снега. В начале снеготаяния при контакте талой воды с почвой на уплотненной пашне обычно формируется ледяная корка. Наибольшее распространение корка получала в 1959, 1960, 1963, и 1964 гг. В приопушечной зоне лесных полос до 25 м корка менее развита или отсутствует.

Таким образом, противозерозионные насаждения в районах степи и лесостепи играют очень важную роль в создании условий для уменьшения глубины промерзания почвы, меньшего распространения ледяной корки и более интенсивного поглощения талых вод.

Просачивание воды в насаждениях во время снеготаяния

Величина просачивания талых вод в мерзлую или оттаивающую почву при весеннем снеготаянии лишь приблизительно может быть охарактеризована обычными методами залива огражденной площади, и полученные показатели нельзя использовать для расчета ширины и других параметров водопоглощающих лесных полос. Реальная величина инфильтрации под лесными насаждениями является интегральным показателем, зависящим от комплексного влияния многих фак-

торов. В естественных условиях талая вода просачивается в течение длительного периода снеготаяния (несколько дней или недель) при изменяющихся температурных условиях и неодинаковой впитывающей способности почвы: в случаях, когда просачивание сопровождается интенсивным оттаиванием почвы, эта способность увеличивается, а при замерзании просочившейся воды она может даже уменьшаться, по крайней мере в первое время (В. Д. Комаров, 1957). Кроме того, процесс просачивания тормозится вследствие набухания почвы, а также повышенной вязкости воды при низкой температуре.

Суммарная величина водопоглощения за период снеготаяния наиболее точно может быть определена балансовым методом на стоковых площадках, а в лесных насаждениях – на комбинированных площадках, состоящих из полевой и лесной частей (при наличии полевого контроля). Средняя интенсивность просачивания талой воды в мерзлую или оттаивающую почву можно приблизительно установить путем срочных замеров по рейке уровня воды в местах длительного затопления, создаваемого при обваловании. В результате таких измерений, проведенных в 1960-1965 гг. в лесных полосах опытного хозяйства ВНИАЛМИ в г. Волгограде, мы установили следующее: средняя скорость просачивания в легко- и среднесуглинистую почву за промежуток времени от 1 до 5 суток составила 0,033 мм/мин с колебаниями от 0,025 до 0,05 мм/мин. Это равняется 2 мм/ч, или 48 мм в сутки. Замеры производились на обвалованных участках лесных полос во время сильных зимних оттепелей и при весеннем снеготаянии. На глинистом черноземе Поволжской АГЛЮС аналогичные замеры весной 1965 г. произвел В. И. Панов. Скорость просачивания за 3-6,5 суток в разных, лесополосах составила в среднем 0,04 мм/мин с колебаниями от 0,022 до 0,066 мм/мин; среднесуточная величина водопоглощения равняется 58 мм с колебаниями в разных полосах от 32 до 95 мм. При продолжительности снеготаяния в 10 дней величина водопоглощения возрастет соответственно в 10 раз. В прудках перед лесными полосами (поле) скорость просачивания была намного ниже, в среднем 0,015 мм/мин при колебаниях от 0,012 до 0,019 мм/мин.

Данных непосредственных измерений, характеризующих скорость просачивания талых вод в лесных насаждениях, пока очень мало. Гораздо больше имеется сведений о суммарном водопоглощении в них, полученных на стоковых площадках. Исследованиями многих ученых (А. С. Козменко; Г. Ф. Басов; Г. А. Харитонов, А. А. Молча-

нов, И. П. Сухарев и др.) доказано, что лесные полосы, расположенные на склонах и берегах гидрографической сети, способствуют интенсивному поглощению талых вод и снижению стока.

Влияние насаждений на просачивание и сток талых вод на серых лесных почвах

Согласно данным Г. А. Харитонова (1963), под естественным лощинным лесом в Моховском опытном лесничестве Орловской области в 1939 г. с сильным весенним половодьем просочилось в почву в среднем 247 мм талой воды (с колебаниями от 179 до 311 мм); а в 1940 г. 671 мм (с колебаниями от 655 до 696 мм).

На Новосильской АГЛОС им. А. С. Козменко в период 1959-1962 гг. изучали водопоглощающую роль прибалочной лесной полосы на склоне выпуклой формы, падающем на З-Ю-З к Одинокскому суходолу. К лесной полосе шириною 35 м, находящейся в прибровочной части склона, примыкает сверху 30-метровая полоса залужения (злаково-разнотравная ассоциация); выше по склону раскинулось поле. Из построенных здесь двух стоковых площадок одна (полевая) имеет длину 157 м и примыкает к полосе залужения, а вторая (комбинированная) длиной 222 м включает луговую и лесную полосы на всю их ширину. Ширина площадок 25 м. Средний уклон полевой части площадок 0,061-0,070, луговой 0,087 и лесной 0,105. Почва – серая лесная, в верхней части площадок среднесмытая, в нижней – сильно- и весьма сильносмытая. В 1959-1961 гг. наблюдения за элементами водного баланса проводил под руководством автора В. Н. Дьяков, а в 1962 г. В. Л. Сухов. Результаты изложены в табл. 3.

Из этой таблицы следует, что в 1959 г. лесная полоса уменьшила сток на 13,6 мм и коэффициент стока на 0,242 (30,1%), а в 1960 г. соответственно на 12,7 мм и 0,189 (27,3%). 1959 и 1960 гг. были многоводные, и водопоглощающая роль лесной полосы выявилась полностью, а в очень маловодные 1961 и 1962 гг. недостаточно. Суммарные величины просачивания талой воды в лесной полосе равнялись: в 1959 г. – 243 мм, в 1960 г. – 287 мм (с учетом влияния луговой полосы 255 мм), в 1961 и 1962 гг. соответственно 199 и 179 мм. Как видно, в серую лесную весьма сильносмытую почву под лесной полосой 24-27-летнего возраста просочилось сравнительно немного талой воды, хотя в первые два года наблюдений указанные величины превысили просачивание под озимыми соответственно в 10,2 и 6,2 раза.

Таблица 3

Влияние прибалочной лесной полосы на просачивание и сток талых вод

Год	Характер водосбора	Площадь, га	Запас снеговой воды + осадка во время снеготаяния, мм	Просочилось в почву, мм		Сток, мм	Коэффициент стока
				в среднем на площадке	в лесной полосе		
1959	Озимая рожь	0,38	121	23,7	-	97,3	0,804
	То же + луговая полоса шириной 30 м + лесная полоса шириной 35 м	0,53	149	65,3	243	83,7	0,562
1960	Озимая пшеница	0,39	150	46,1	-	103,9	0,693
	То же + луговая полоса (30 м) + лесная полоса (35 м)	0,54	181	89,8	287	91,2	0,504
1961	Зяблевая пахота поперек склона	0,39	29	16,8	-	12,2	$\frac{0,421}{0,080}$
	То же + луговая полоса (30 м) + лесная полоса (35 м)	0,54	34	27,6 + 123	76 + 123	6,4	$\frac{0,188}{0,042}$
1962	Зяблевая пахота поперек склона	0,39	35	34,4 + 130	-	0,6	$\frac{0,017}{0,004}$
	То же + луговая полоса (30 м) + лесная полоса (35 м)	0,54	39	37,1 + 130	49 + 130	1,9	$\frac{0,049}{0,012}$

Примечание: 1. Прибалочная лесная полоса посажена весной 1935 г. Состав насаждения: верхняя половина – береза 10, липа единично, в нижней ярусе акация желтая; полнота 0,6, высота 11 м, средний диаметр 9,5 см. Нижняя половина – осина 10, подлесок акация желтая, липа, жимолость татарская; полнота 0,5, высота 12 м, средний диаметр 14 см. 2. В графе «Просочилось в почву, мм»». Первая цифра характеризует величину водопоглощения в период весеннего снеготаяния, вторая (со знаком +) – разницу между суммой осадков холодного периода (по осадкомеру) и запасами снеговой воды к началу весеннего снеготаяния.

В период 1964-1966 гг. на Новосильской АГЛОС изучали водопоглощающую роль лесных насаждений урочища Колодезный. Исследования под руководством автора проводил Е. А. Гаршинёв. Колковский лес в Колодезном заложен в 1931 г. на сильно и весьма сильно эродированных землях в нижней половине склона С-С-Зап. экспозиции, падающего к Одинокскому суходолу. Прибровочный отрезок склона протяженностью 140 м (уклон 0,05-0,11) занят смешанным насаждением (береза бородавчатая и куртины из сосны обыкновенной и веймутовой, лиственницы сибирской, осины и ели); к нему примыкает полосой в 60 м насаждение из сосны веймутовой и ели обыкновенной, которые чередуются через каждые три ряда; выше по склону идет насаждение березы бородавчатой полосой в 96 м. Комбинированные стоковые площадки, имеющие длину полевой части 155 м и ширину 20 м, заглублены в березовый лес на расстояние 12,5; 14; 27 и 44 м в лесной части одной площадки (ширина 14 м) проложили поперек склона две прерывистые канавки размерами 0,3 × 0,3 м каждая. Были заложены также площадки в березовом лесу (размер 60 × 20 м) и сосново-еловом (55 × 20 м). Ввиду недостатка площади контрольную полевую площадку пришлось разместить на некотором удалении, вне влияния лесной опушки. Средний уклон полевой части площадок 0,036, степень смывости почвы слабая (в верхней части) и средняя; уклон лесной части площадок (включая лесную площадку в березовом насаждении) 0,05, почва сильносмывтая; уклон площадки в сосново-еловом насаждении 0,054, почва весьма сильносмывтая.

Результаты наблюдений за элементами водного баланса представлены в табл. 4. В 1964 и 1965 гг. сток был довольно сильный, причем наибольшие коэффициенты стока наблюдались в 1965 г.; в 1966 г. сток практически отсутствовал. Рассмотрим данные по годам.

В 1964 г. коэффициент стока на контрольной полевой площадке (вследствие имевших место случаев прорыва нижнего вала) был несколько меньше, чем на комбинированной с заглублением в лес на 12,5 м. Поэтому при расчетах величин просачивания в лесных частях площадок в качестве контроля для этого года приняли указанную комбинированную площадку, тем самым, заведомо несколько понизив расчетную водопоглощающую эффективность лесного насаждения. Из табл. 4 явствует, что с увеличением ширины лесной полосы величина и коэффициент стока уменьшаются. Так, если при ее ширине 12,5 м они составляли в 1964 г. 62,6 мм и 0,273, то при ширине 14 м и

Таблица 4

Влияние лесного насаждения на просачивание и сток талых вод

Характер водосбора	1964 г., полевая часть – зябь				1965 г., полевая часть – озимая пшеница				1966 г., зяблевая пахота			
	запас снеговой воды + осадки за период снеготаяния, мм	просочилось в почву, мм		сток, мм	коэффициент стока	запас снеговой воды + осадки за период снеготаяния, мм	просочилось в почву, мм		сток, мм	коэффициент стока	запас снеговой воды + осадки за период снеготаяния, мм	просочилось в почву, мм
		в среднем на площадке	в лесной части				в среднем на площадке	в лесной части				
Полевая площадка	211	159,0	-	52,0	0,246	71	13,0	-	58,0	0,817	241	240,4
С заглублинием в лес на 12,5 м	230	187,4	187,0	62,6	0,273	100	37,7	281,0	62,3	0,624	241	241,0
То же, на 14 м (лес с двумя канавами)	239	192,0	370,0	47,0	0,197	92	46,3	343,0	45,7	0,496	241	241,0
То же, на 27 м (без канав)	224	180,8	317,0	43,2	0,193	105	80,7	436,4	24,3	0,232	241	241,0
То же, на 44 м	240	214,8	401,0	25,2	0,105	112	101,5	392,0	10,5	0,093	241	241,0
Лес березовый	244	-	241,0	3,0	0,012	124	-	104,4	19,6	0,158	241	241,0
Лес сосново-еловый	187	-	172,2	14,8	0,079	79	-	44,7	34,3	0,561	241	241,0

Примечание. Сосново-еловый лес. Размещение 1,5 × 1,0 м. Состав 5Е 5С + Б (три ряда сосны веймутовой чередуются с тремя рядами ели). Полнота 0,9-1,0. Средняя высота около 12 м, средний диаметр сосны 12,9 см, ели 10,4 см. Подлеска нет. Лесная подстилка 2-3 см. Березовый лес. Размещение 1,5 × 2,0, полнота 0,6, высота 12 м, средний диаметр 13,5 см, подлеска нет. Самосев – сосна веймутова, ель обыкновенная и береза бородавчатая. В напочвенном покрове в небольшом количестве полевица, овсяница луговая, мятлики луговой, вейник; разнотравье: единично подмаренник, звербой, земляника. Лесная подстилка развита слабо, пятнами.

наличии двух небольших канав уменьшились до 47 мм и 0,197, при ширине 27 м – до 43,2 мм и 0,193 и при ширине 44 м – до 25,2 мм и 0,105; в последнем случае сток уменьшился на 37,1 мм, а коэффициент стока на 61,8%. Наличие двух небольших канав в насаждении почти в 2 раза повысило его водопоглощающую способность. Из таблицы также видно, что по мере увеличения ширины полосы леса величина удельного просачивания (на единицу площади) повысилась (при ширине 27 м – 317 мм, при ширине 44 м – 401 мм).

Аналогичная, только еще более разительная картина уменьшения показателей стока по мере увеличения ширины лесной полосы наблюдалась и в 1965 г.; коэффициент стока уменьшался последовательно: при ее ширине 12,5 м на 23,6%, при ширине 14 м с двумя канавками – на 39,3%, при ширине 27 м – на 71,6% и при ее ширине 44 м – на 88,6% (по сравнению с полем). В этом году наибольшая удельная величина просачивания имела место при ширине лесной полосы 27 м при ее ширине 44 м оно было несколько меньше. Но средняя за 2 года величина водопоглощения в более широкой полосе (44 м) на 20 мм больше, чем при ее ширине в 27 м (397 мм против 377 мм).

Теоретически при одинаковой инфильтрационной способности почвы в разных точках лесного насаждения и при условии избыточного поступления талой воды с поля и рассеянного ее продвижения, обеспечивающего равномерное покрытие почвы водой, следует ожидать одинакового водопоглощения на лесных полосах различной ширины. При концентрированном вхождении воды в лесную полосу и ее растекании в полосе (вследствие подпора неровностями микрорельефа, снежным покровом и т. д.) водопоглощение по мере увеличения ширины до некоторого предела должно увеличиваться, и, наоборот, при рассеянном вступлении воды и ее концентрации в лесной полосе оно будет уменьшаться. В природе те и другие случаи могут иметь место. В частности, две небольшие канавы с валиками способствовали более равномерному распределению в насаждении талой воды и увеличению водопоглощения. В рассмотренных выше случаях повышение удельной инфильтрации с увеличением ширины лесной полосы объясняется главным образом тем, что почва опушки и приопушечной зоны лесного насаждения промерзла на большую глубину по сравнению с более удаленными, местами.

Очень важно отметить, что в 1964 и 1965 гг. наблюдался сток из березового насаждения (соответственно 3 мм и 19,6 мм), причем в

1965 г. коэффициент стока был даже выше, чем с комбинированной площадки с шириной лесной части 44 м. Казалось бы, что поскольку не вся собственная талая вода просачивается в почву, полоса не в состоянии поглощать транзитный сток с поля. В действительности же сток с поля поглощался на комбинированных площадках в значительных количествах. Так, если на площадке с березовым лесом в 1964 г. просочилось 241 мм, а в 1965 г. 104 мм талой воды, то в лесной части комбинированных площадок водопоглощение составило соответственно 317-401 мм и 392-436 мм. Это очень важное обстоятельство объясняется тем, что при поступлении с поля в лес талой воды, имеющей положительную (хотя и близкую к нулю) температуру, в процессе ее просачивания в лесную почву с сравнительно невысокой льдистостью происходят частичное оттаивание почвы и увеличение ее инфильтрационной способности. И чем больше поступит воды с поля в лесное насаждение, тем больше просочится ее здесь и тем будет выше величина удельного водопоглощения. Однако в местах глубокого и сильного промерзания почвы при большом запасе в ней холода (например, на промерзающих опушках), существенного поглощения полевого стока может и не быть.

Таким образом, водопоглощающая эффективность лесных, насаждений, когда они чередуются с полевыми участками, должна быть значительно выше, чем массивного леса; из последнего возможен сток. Отсюда следует, что слой просачивания в лесной полосе, расположенной вдоль склона (ее можно уподобить лесному массиву), меньше, чем в лесополосах, размещенных поперек склона, и в ней возможно формирование стока за счет собственных снегозапасов. Примеры этому приведем ниже.

Из табл. 4 следует также, что сток из сосново-елового насаждения был намного больше, чем из березового; в 1964 г. он увеличился на 11,8 мм (коэффициент стока на 84,8%), а в 1965 г. – на 14,7 мм (коэффициент стока на 71,8%). Е. А. Гаршинёв установил, что подстилка в сосново-еловом лесу уменьшала поступление воды в почву при искусственном дождевании. По его наблюдениям, к началу весеннего снеготаяния подстилка содержала значительное количество льда и тормозила впитывание талой воды в почву. Кроме того, в этой части леса снежный покров имел меньшую мощность, поэтому почва и промерзала здесь на большую глубину. Все вместе и обусловило сильное увеличение стока из сосново-елового леса.

Скорость просачивания талой воды в почву и средние величины слоя инфильтрации в лесных насаждениях являются очень важными

показателями, характеризующими водопоглощающую роль последних, и их надо принимать во внимание при расчете ширины лесных полос. В табл. 5 сведены величины просачивания талой воды на полевых и лесных частях площадок Новосильской АГЛОС им. А. С. Козменко. Средняя величина водопоглощения на полевых склонах за период 1959-1966 гг. (без 1963 г.) составила 107 мм. За это время 4 года на склонах были озимые и 3 года зяблевая пахота. Столь большая средняя величина образовалась главным образом за счет маловодных годов, когда сток был очень слабый или отсутствовал. Среднее за этот период водопоглощение в лесных насаждениях, произрастающих на сильноосмытых почвах, выражается величиной 262 мм, при крайних его значениях 179 и 390 мм. Заметим, что в 1961, 1962 и 1966 гг. потенциальная возможность насаждений поглощать талую воду не была исчерпана. Поэтому указанные годы можно не брать в расчет при, исчислении среднегодовой величины водопоглощения. По данным за 4 других года, эта величина составляет около 326 мм.

Среднесуточное водопоглощение в лесных насаждениях Новосильской станции в 2,8 раза больше по сравнению с полем.

Таблица 5

Инфильтрация талой воды в серую лесную почву полевого склона и лесной полосы

Год	Суммарное поглощение талой воды, мм, на площадках		Среднесуточное поглощение, мм/сутки, на площадках	
	полевых	лесных	полевых	лесных
1959	24	243	1,3	11,6
1960	46	287	2,4	15,1
1961	17(140)	76 (199)	4,2	15,2
1962	34(164)	49 (179)	3,8	5,4
1963	Не определяли			
1964	187	359	15,6	29,9
1965	18	390	1,0	21,7
1966	170	180	12,1	12,9
В среднем	71(107)	226 (262)	5,8	16,0

Примечание. В годы с большим числом зимних оттепелей (1961, 1962 и др.) слой инфильтрации характеризуется двумя цифрами: одной – за период весеннего снеготаяния, второй (в скобках) за весь холодный период. Среднесуточное водопоглощение рассчитано за период весеннего снеготаяния.

Влияние лесных полос на просачивание и сток талых вод на черноземах

Большие работы по изучению гидрологической роли лесных насаждений проведены на черноземах Каменной степи Воронежской области. Материалы исследований за период 1893-1951 гг. обобщены в работах Г.Ф. Басова (1941, 1949, 1963), а с учетом последующего периода до 1958 г. – в работе И. П. Сухарева (1966).

Сопоставив между собой результаты наблюдений над стоком на разных водосборах по периодам, Г. Ф. Басов пришел к следующим заключениям. Коэффициент стока со степных водосборов в начале работ экспедиции проф. В. В. Докучаева имел значение 0,724-0,865; спустя 40-50 лет он оставался в пределах 0,6-0,62, а в отдельные годы достигал 0,91-0,96, т. е. имел высокое значение. Облесение верховья водосбора суходола Озерки на 9% (покрыто лесополосами 40% водосбора) обеспечило уменьшение коэффициента стока более чем в 2 раза (с 0,865 до 0,40). Коэффициент стока с водосбора суходола Озерки в период 1935-1949 гг. уменьшился благодаря его облесению в 1,5 раза по сравнению с необлесенным суходолом Осиновым (0,40 против 0,62). В указанный период с облесенного на 6% водосбора суходола лесной коэффициент стока уменьшился в 1,65 раза по сравнению с этим же водосбором до его облесения (1893-1895 гг.).

На водосборе суходола Селекцентровский, покрытом лесными полосами на 18%, средний коэффициент стока уменьшился в 3,93 раза по сравнению с необлесенным водосбором суходола Степной (0,135 против 0,530).

И. П. Сухарев (1966), проанализировав результаты многолетних исследований, констатирует увеличение запасов воды в снеге на облесенных водосборах в среднем на 20-30% и больше. Водопоглощающая роль лесных насаждений характеризуется следующими показателями: при облесении на 3,6; 6 и 18% величина стока на водосборах уменьшается соответственно на 42; 55 и 72,6% по сравнению со степными водосборами. И. П. Сухарев приходит к выводу, что по мере увеличения облесенности относительная водорегулирующая роль лесных полос (сокращение стока в процентах, отнесенное к 1% облесенности водосбора) уменьшается. Наиболее высокий водорегулирующий эффект получается при облесенности водосбора до 5-6%. Уменьшение удельной водопо-

глощающей способности лесных насаждений (на единицу площади) с увеличением облесенности территории в указанных пределах, обуславливающее и уменьшение относительного водорегулирующего влияния лесных полос, на наш взгляд, связано главным образом с концентрацией стока неровностями микрорельефа (ложбины, напаша и различные рубежи). Следовательно, относительная водорегулирующая роль лесных полос может быть повышена.

В результате 11-летних исследований, характеризующих поглощение талых вод в поле и под прибалочной лесной полосой посадки 1907 г., И. П. Сухарев (1966) установил, что суммарная величина инфильтрации талой воды по годам колеблется в широких пределах: от 18 до 64,4 мм на полевых и от 192 до 941 мм на лесных площадках. Давая оценку истинного водопоглощающего влияния лесных полос, И. П. Сухарев рассчитал среднюю величину водопоглощения, исходя из количества паводков, которых за 11 лет насчитывалось 16. Он пишет: «В среднем за 11 лет (16 паводков) суммарная величина водопоглощения на полевых площадках равна 36,2 мм, а на лесных – 345,9 мм» (стр. 103). Но если произвести расчет за этот период без учета количества паводков, то среднегодовое водопоглощение на полевых площадках выразится в 52,7 мм, а на лесных 503,2 мм, среднесуточное соответственно будет равняться 3,2 мм и 35,9 мм. Средняя величина водопоглощения в лесной полосе в 9,5 раза больше, чем в поле.

И. П. Сухарев пришел к выводу, что чем уже лесная полоса, тем больше водопоглощение на единице площади полосы. Он объясняет это тем, что наибольшее количество воды поглощается верхней частью лесной полосы и его опушкой, где обычно лежит более мощный снежный покров, защищающий почву от промерзания и способствующий более интенсивному просачиванию талой воды. Однако этот вывод справедлив лишь для определенных условий, прежде всего, когда лесная полоса имеет достаточно плотную конструкцию и накапливает много снега. В ряде других случаев опушка промерзает сильнее, чем центр лесной полосы, и удельная водопоглощающая эффективность узкой полосы может быть и ниже (примеры приводились выше).

А. А. Молчанов (1960) в результате своих исследований с применением комбинированных стоковых площадок в Теллермановском лесном массиве (почва – чернозем) при длине полевой части площадок 38 м с заглублением в лес на 10, 20, 40 и 60 м получил следующие данные о влиянии ширины лесной полосы на сток (табл. 6).

**Влияние ширины лесной полосы на уменьшение коэффициента стока
(по А. А. Молчанову)**

Год	Заглубление площадки в лес на расстояние, м				
	0	10	20	40	60
1953	0,22	0,11	0,09	0,03	0,02
1954	0,72	0,57	0,24	0,08	0,04
1955	0,38	0,23	0,15	0,10	0,03
Среднее	0,44	0,30	0,16	0,07	0,03

Получается, что с увеличением ширины лесной полосы в 2 раза, а в диапазоне 40-60 м – в 1,5 раза, коэффициент стока в среднем за 3 года уменьшился в 2 раза, что свидетельствует о большой гидрологической роли леса.

По данным И. А. Кузника (1962), сток из лесного массива совхоза им. Нансена (дубовая роща 40-летнего возраста на черноземе) в среднем за 3 года (1953-1955 гг.) был меньше, чем с залежи, в 3-5 раз и на 10-40% меньше, чем с зяби. На опесчаненном южном черноземе Гусельской станции (под г. Саратовом) соотношение стока из лесного массива и с зяби в среднем за 1953 и 1955 гг. составило 1:1,7. За период 1952-1955 гг. при облесенности водосбора 6% сток уменьшился на 5%. Под влиянием лощинного леса, занимающего на залежном водосборе Кинельской станции 12% площади, в многоводных 1955 и 1957 гг. сток уменьшился на 19 мм, или на 20%. В среднем за 6 лет при наличии 30% лощинного леса на залежном водосборе коэффициент стока уменьшился на 24%. Водорегулирующее влияние лесных насаждений в указанных пунктах значительное, однако намного меньше, чем в Каменной степи.

Ниже приводятся наши материалы о водопоглощающей роли лесных полос на черноземах Куйбышевского Заволжья (табл. 7). В 1954 и 1955 гг. наблюдения проводились на Тимашевском опорном пункте (почва – чернозем типичный глинистый очень слабосмытый). Две стоковые площадки длиной 110 м и 123 м были заложены в молодом саду (одна из них включала лесную полосу № 12), где почва в течение нескольких лет содержалась в черном пару и под зиму пахалась на глубину 12-15 см. По этой причине сток этих площадок был сильный, в то время как на обычной зяблевой пахоте в 1954 г. он был очень слабый. Другая пара площадок в 1954 г. находилась на участке зяблевой пахоты около аллеи лесной полосы шириной 9 м, причем

одна площадка включала эту полосу (их длина 150 м и 159 м). Внутри полосы проходит дорога шириной 4 м, и почва здесь сильно уплотнена, что намного уменьшает водопоглощение в лесополосе. Выше отмечалось, что зима 1953/54 г. была холодная, без оттепелей, однако почва вследствие неглубокого осеннего промачивания промерзла на меньшую глубину, чем зимой 1954/55 г. (см. табл. 1).

Из табл. 7 следует, что лесная полоса № 12 шириной 18 м в 1954 г. уменьшила сток на 38,8 мм и коэффициент стока на 52,1%, а в 1955 г. соответственно на 36,8 мм и 61,1%. В первый год наблюдений в почву лесной полосы просочилось 336 мм талой воды, а во второй – 390 мм.

Следует отметить, что из лесной полосы № 7 60-летнего возраста, расположенной вдоль склона, при запасах снеговой воды на разных ее участках приблизительно около 170-250 мм в 1954 и 1955 гг. наблюдался значительный сток (особенно в 1955 г.). Следовательно, величина водопоглощения в ней не превышала 200-220 мм. На комбинированной стоковой площадке с аллею лесной полосой, ввиду наличия, в лесополосе дороги, сток в 1954 г. увеличился на 4,2 мм, а коэффициент стока на 42,2% по сравнению с контрольной площадкой (зяблевая пахота вдоль склона); водопоглощение в ней было на 20 мм меньше, чем на контроле.

Лесная полоса № 34 на Поволжской АГЛЮС (почва – чернозем обыкновенный глинистый слабосмытый) в 1959 г. имела в ближайшей приопушечной зоне поля снежный сугроб высотой 170-190 см с запасами снеговой воды около 500-600 мм. В этом году сток на многолетних травах формировался лишь при запасах снеговой воды не менее 130 мм, поэтому приведенные в табл. 7 элементы водного баланса рассчитаны лишь для приопушечной части площадок и лесной полосы. Из таблицы видно, что сток из приопушечной зоны поля составил 128 мм при коэффициенте стока 0,217, а с комбинированной площадки соответственно 89 мм и 0,180. Но ввиду большого превышения запасов снеговой воды в приопушечной зоне контрольной площадки (на 95 мм) величина водопоглощения здесь оказалась на 31 мм больше, чем в лесной полосе. Если учесть, что в 1959 г. почва в лесной полосе и приопушечной зоне была талая (см. табл. 2), то станет ясно, что при чрезмерно больших запасах снеговой воды глинистый чернозем не в состоянии поглотить всю талую воду, так как интенсивность водоотдачи из снега значительно больше, чем скорость инфильтрации.

Сток из лесных полос и их приопушечной зоны, где скапливались сугробы снега более 100-120 см, мы наблюдали в районе Тима-

Таблица 7
Влияние лесных полос на просачивание и сток талых вод на черноземах Куйбышевского Заволжья

Год	Характер водосбора	Площадь, га	Уклон	Запас воды в снеге + осадки за период снеготаяния, м	Просочилось в почву, мм		Кoeffициент стока
					в средней полосе	в лесной полосе	
<i>Тимашевский опорный пункт</i>							
1954	Молодой сад, осенняя мелкая перепашка пара поперек склона	0,20	0,026	128	57,5	-	70,5
	То же + лесная полоса № 12 шириною 18 м	0,25	0,026	122	90,3	336	31,7
	Зяблевая вспашка вдоль склона	0,32	0,035	116	108,6	-	7,4
	То же + аллея лесная полоса № 41 шириною 9 м	0,34	0,035	128	116,4	89	11,6
1955	Молодой сад, осенняя перепашка пара	0,20	0,026	90	22,5	-	67,5
	То же + лесная полоса № 12	0,25	0,026	105	73,3	390	30,7
<i>Поволжская АГЛЮС</i>							
1959	Житняк 2-го года пользования	0,06	0,038	590	462,0	-	128,0
	То же + лесная полоса № 34 шириной 12 м	0,09	0,038	495	406,0	431	89,0

Примечание: 1. Лесная полоса № 12 на Тимашевском опорном пункте заложена в 1893-1895 гг. и в период исследований представляла собой порослевое поколение в возрасте 34-39 лет. Состав насаждения: берест б, клен остролистный 4 и единичные экземпляры ясеня и дуба, подлесок – самосев клена; полнота 0,8, высота 9-10 м, мощность лесной подстилки 3-4 см. Аллеяная 4-рядная лесная полоса с дорогой посередине заложена в 1940 г. Состав насаждения: береза 4, вяз перистовитчатый б и единичные экземпляры яблони дикой; высота 7-8 м. Лесная полоса № 34 на Поволжской АГЛЮС посажена в 1952 г. Ее лесоводственная характеристика приводится в примечании к табл. 10. 2. В 1955 г. наблюдения над стоком проводил под руководством автора Х. М. Мустафаев.

шево ежегодно в период. 1954-1958 гг. Все это с очевидностью свидетельствует о ненужности больших скоплений; снега в лесных полосах, так как это приводит, с одной стороны, к сдуванию снега с полей и к потере ими влаги, а с другой – к увеличению стока и эрозии на водосборе в целом. Применяя рубки ухода, надо добиваться, чтобы мощность снежного покрова в лесополосах на склонах составляла около 70-85 см, а в засушливых условиях юго-востока около 55-65 см в прибалочных. и приовражных лесополосах высота снега не должна превышать 100-110 см, а на юго-востоке – 70-80 см.

Влияние лесных полос на просачивание и сток талых вод на светло-каштановых почвах

Изложим результаты наших исследований водопоглощающей эффективности лесных полос в опытном хозяйстве ВНИАЛМИ в г. Волгограде. Территория участка представляет собой восточный склон южной оконечности Приволжской возвышенности, расчлененный суходолами Горная Поляна и Пахотина, к которым падают на север и на юг склоны второго порядка (рис. 2). В геологическом отношении участок представляет сложное сочетание различных пород: на размытой поверхности голубовато-синих сланцеватых мелеттовых глин

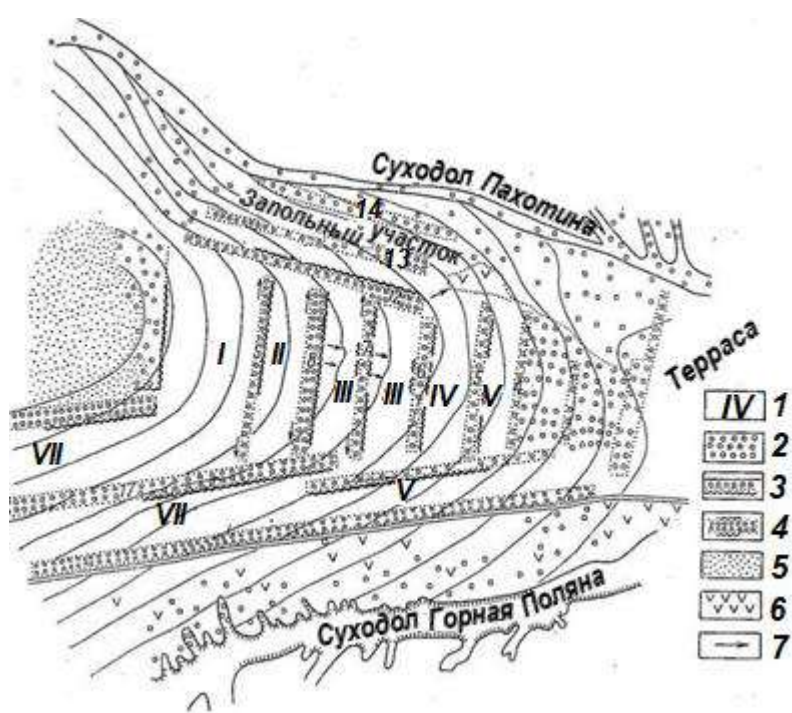


Рис. 2. Размещение защитных лесонасаждений и полей почвозащитного севооборота в опытном хозяйстве ВНИАЛМИ (г. Волгоград):

1 – поля севооборота; 2 – площадь, покрытая лесом, садом, лесные полосы; 3 – лесная полоса, обвалованная по нижнему краю; 4 – валы в ложбине по верхней и нижней опушкам полосы; 5 – заросшие пески; 6 – площадь, покрытая естественной травянистой растительностью или посевами трав; 7 – направление стока

харьковского яруса олигоцена, а выше по склону – на неогеновых песках, залегают делювиальные суглинки и супеси. Они имеют небольшую мощность и местами выклиниваются, уступая место элювию коренных пород. В верхней части восточного склона ввиду передвижения в прошлом водой и ветрам песка вниз по склону возникли погребенные почвы. Все это обусловило пестроту механического состава почв в глубину и по площади

Светло-каштановые почвы характеризуются небольшим содержанием гумуса в пахотном горизонте (песчаные и супесчаные около 0,6-0,8%, легкосуглинистые около 1,0-1,2%) и значительной плотностью: так, объемный вес в слое 0 – 50 см составляет около 1,56-1,57, в слое 0-100 см – 1,60-1,62 и в слое 0-150-1,61-1,65 г/см³.

Стоковые площадки были размещены на склоне южной экспозиции в 7 поле почвозащитного севооборота, причем комбинированная площадка включала отрезок водопоглощающей лесополосы № 17, посаженной в 1951 г. Длина полевой части площадок 60 м, уклон 0,111, почва здесь супесчаная среднесмытая. Длина лесной части комбинированной площадки (ширина лесополосы) 30 м, уклон 0,12, почва легкосуглинистая среднесмытая. Ширина площадок 20 м. Полученные данные изложены в табл. 8.

Из этой таблицы следует, что за период наблюдений (1961-1966 гг.) два года (1962 и 1966) сточная вода совсем не поступала в лесную полосу, в ней поглощалась лишь собственная снеговая и дождевая вода. В 1961 г. лесная полоса уменьшила сток на 4 мм, в 1963 г. приблизительно на 17 мм, в 1964 г. на 22,4 мм (при полном отсутствии стока из лесной полосы) и в 1965 г. лишь на 1,5 мм, при сокращении коэффициента стока на 37,9%. Значительное промерзание почвы в лесной полосе наблюдалось лишь в 1963 и 1965 гг. (см. табл. 2). Однако величина сокращения стока является недостаточно показательной, поскольку она относится к очень короткому участку склона (60-90 м) с лесистостью 33,3%. Поэтому гораздо больший интерес представляет величина водопоглощения в лесной полосе при условии, что имел место сток с комбинированной площадки. В 1961 г. водопоглощение за время весеннего снеготаяния составило 42 мм, а за весь зимне-весенний период 121 мм в 1963 г. соответственно 177 мм и 255 мм в 1964 г. 395 мм и 426 мм и в 1965 г. 94 мм и 158 мм. Наличие стока с комбинированной площадки при небольшой длине ее полевой части и небольшие величины просачивания талой воды в лесной по-

лосе (за исключением 1964 г., когда почва в ней была талая), свидетельствуют о невысокой водопоглощающей эффективности лесной полосы. Наряду, с недостаточной инфильтрационной способностью почвы лесной полосы причина этого заключается также в том, что в условиях очень большой облесенности участка (около 27%) и связанной с ней малой снегосборной площадью в широкой полосе из-за недостатка снега обычно формируется снежный сугроб сильно вогнутой формы; снег сосредоточивается главным образом в крайних приопушечных зонах лесной полосы, занимая около половины ее ширины, а вся срединная часть имеет снежный покров малой мощности.

Таблица 8

**Влияние лесной полосы на просачивание и сток талых вод
на светло-каштановых почвах**

Год	Характер водосбора	Запасы снеговой воды + осадки за период снеготаяния, мм	Просочилось в почву, мм		Сток, мм	Коэффициент стока
			в среднем на площадке	в лесной полосе		
1	2	3	4	5	6	7
1961	Травосмесь 2-го года пользования с щелеванием через 1,2 м	21	14,7 + 79	-	6,2	$\frac{0,300}{0,062}$
	То же + лесная полоса № 17 шириной 30 м	26	23,8 + 79	42,2 + 79	2,2	$\frac{0,085}{0,021}$
1962	Травосмесь 3-го года пользования + щелевание через 0,8 м	98	98 + 92	-	0	0
	То же + лесная полоса (30 м)	99	99 + 92	99 + 92	0	0
1963	Травосмесь 4-го года пользования	101	56 + 78	-	75	$\frac{0,445}{0,363}$
	То же + лесная полоса (30 м)	141	95,6 + 78	177 + 78	48,4	$\frac{0,322}{0,221}$
1964	Травосмесь 5-го года пользования	71	48,6 + 31	-	22,4	$\frac{0,315}{0,219}$
1964	То же + лесная полоса (30 м)	163	163 + 31	395 + 31	0	0

1	2	3	4	5	6	7
1964	То же + лесная полоса (30 м)	163	163 + 31	395 + 31	0	0
1965	Травосмесь 6-го года пользования	45	20,6 + 64	-	24,4	<u>0,541</u> 0,224
	То же + лесная полоса (30 м)	68	45,1 + 64	94 + 64	22,9	<u>0,336</u> 0,173
1966	Зяблевая пахота поперек склона	20	20 + 172	-	0	0
	То же + лесная полоса (30 м)	39	39 + 172	60 + 172	0	0

Примечание. 1. Лесная полоса № 17 состоит из 19 рядов. Посажена в 1951 г. по схеме: 1, 3, 5, 7, 9, 15 и 19-й ряды – вяз перистоветвистый; 2, 4, 6 ... 18-й ряды – клен татарский в чередовании со скумпией; 11, 13 и 17-й ряды – дуб (посевом желудей в лунки). Ширина междурядий 1,5 м. Средняя высота вяза перистоветвистого в 1961 г. составляла 4,3 м. В 1965 г. в результате рубок ухода вяз вырублен на 50% (через каждое дерево), кустарники удалены и междурядья расширились до 3 м. 2. В графе «Просочилось в почву, мм» первая цифра характеризует величину водопоглощения в период весеннего снеготаяния, вторая (со знаком +) – разницу между суммой осадков холодного периода (по осадкомеру) и средними запасами снеговой воды к началу весеннего снеготаяния.

Это приводит к более глубокому промерзанию почвы зимой, быстрому сходу снега весной и концентрированному прохождению талой воды; лесная полоса работает на водопоглощение главным образом своими приопушечными участками. Ясно, что в указанных условиях полоса в 1,5-2 раза меньшей ширины была бы способна в той же степени сократить сток. По наблюдениям Г. С. Боброва над водопоглощающим действием лесной полосы № 12, расположенной на северном склоне участка (см. рис. 2) и состоящей из отрезков шириной 10, 20 и 30 м, оказалось, что относительно большей водопоглощающей эффективностью отличается полоса 20-метровой ширины. В то же время очевидно, что лесные полосы как большей, так и меньшей ширины обладают недостаточной водопоглощающей способностью и не в состоянии эффективно зарегулировать сток и защитить почву от эрозии. Согласно выводам Ю. Н. Коблева (1963), мелиоративная роль молодых лесополос на светло-каштановых почвах сводится главным образом к задержанию на полях снега и некоторому повышению влажности почвы.

Величина просачивания талой воды на полевой и лесной частях площадки приведена в табл. 9.

Таблица 9

**Инфильтрация талой воды в светло-каштановую почву
полевого склона и лесной полосы**

Год	Суммарное поглощение талой воды, мм, на площадке		Среднесуточное поглощение, мм/сутки, на площадке	
	в полевой части	в лесной части	в полевой части	в лесной части
1961	15(94)	42(121)	15,0	21,0
1962	98(190)	99(191)	19,5	19,8
1963	56(134)	177(255)	2,8	8,9
1964	49(80)	395(426)	2,7	21,9
1965	21(85)	94(158)	6,7	16,0
1966	20(192)	60(232)	5,0	15,0
Средние	43(129)	217(230,5)	8,6	16,9

Примечание. См. примечание к табл. 5.

Таким образом, средний слой инфильтрации воды на склоне с многолетними травами (лишь в 1966 г. – зябь) в зимне-весеннее время за период 1961-1966 гг. равняется 129 мм (при крайних значениях 80 мм и 192 мм), на 22 мм больше, чем на серых лесных почвах (см. табл. 5).

В лесной полосе величина водопоглощения в среднем за период составила 230,5 мм (при колебаниях от 121 до 426 мм); это на 28 мм меньше, чем на серых лесных почвах. Среднесуточное водопоглощение в лесной полосе равно 16,9 мм, с колебаниями от 8,9 до 21,9 мм; в поле оно в 2 раза меньше. Следует подчеркнуть, что приведенные в табл. 9 реальные величины инфильтрации талой воды намного меньше потенциальной возможности лесных полос к водопоглощению. Однако эта возможность реализуется лишь в случаях, когда талая вода сплошь покрывает почву.

Сопоставляя данные табл. 5, 6 и 9 и материалы по Каменной степи, можно заключить, что на черноземах Каменной степи и Заволжья лесные полосы поглощают значительно больше талой воды, чем на эродированных серых лесных и светло-каштановых почвах.

Таким образом, можно констатировать, что величины инфильтрации талых вод в искусственно созданных лесных насаждениях возрастают от серых лесных почв к черноземам и снижаются на каштановых почвах, т. е. они частично определяются исходной водопроницаемостью почв. В пределах одного почвенного типа, например на серых лесных почвах, в естественном балочном лесу они значительно выше, чем под лесокультурами.

На основании изложенного в настоящей главе можно считать, что в период снеготаяния в лесополосах в среднем просачивается талой воды: на серых лесных почвах около 326 мм (до 400 мм), на черноземах около 346 (до 500 мм) и на светло-каштановых почвах около 240 мм (до 430 мм).

Глава III

ПОВЫШЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩАЮЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

К вопросу о ширине водопоглощающих лесных полос

Вопрос оптимальной ширины водопоглощающих лесных полос имеет большое значение для практики противозерозионной мелиорации, поэтому со стороны исследователей расчету их ширины уделено много внимания. Однако заметим сразу, что при ограниченном водопоглощающем действии лесополос сам по себе расчет не может обеспечить значительного, повышения их мелиоративной эффективности. Тем не менее он дает возможность определить основные пространственные параметры лесополос (ширину, расстояния), служащие основанием для их более рационального размещения на территории, и в то же время позволяет лучше осмыслить и оценить их роль в поглощении и регулировании стока. Для расчета ширины полос разработан ряд формул, представляющий собой математическую взаимосвязь различных параметров, определяющих размеры стока и водопоглощения. Отметим здесь, что главная трудность в проведении расчетов состоит в количественной характеристике некоторых параметров. В настоящее время известны формулы Г. А. Харитоновой, Г. П. Сурмача, Д. Л. Арманда, И. П. Сухарева и др.

Предложенная Г. А. Харитоновой (1938) эмпирическая формула имеет следующий вид:

$$b = 0,028 \frac{CL\sqrt{tg\alpha}}{p} + N, \quad (1)$$

где b – ширина водопоглощающей лесной полосы, м; L – длина склона от водораздела до лесной полосы, или ширина межполосной клетки, м; C – максимальный секундный расход (модуль) стока с гектара, л/сек; α – угол наклона, средний по линии стока; p – реальная водо-

проницаемость почвы в лесной полосе, или коэффициент водопоглощения, мм/мин; N – ширина опушечной части насаждения, м, остающейся промерзшей к началу весеннего стока.

Формула содержит логическую недостаточность, состоящую в том, что в ней отсутствует член, вычитающий из коэффициента водопоглощения p интенсивность ливня или интенсивность водоотдачи при таянии снежного сугроба в лесной полосе. В связи с этим расчетная ширина полосы значительно занижается. Тем не менее формула пригодна для ориентировочного расчета ширины водопоглощающего лесного насаждения.

Автором (1955, 1961) предложены формулы для расчета ширины насаждения на поглощение стока ливневых и талых вод. Одна из формул имеет следующий вид:

$$b = \frac{x(1+\alpha L)}{p-x}, \quad (2)$$

где x – интенсивность ливня, на которую ведется расчет, или интенсивность водоотдачи из снега, мм/мин; α – коэффициент стока средний. Остальные обозначения прежние.

Для расчета ширины лесополосы на поглощение талых вод рекомендуется также эмпирическая формула:

$$b = 0,0062 \frac{CL}{p-S}, \quad (3)$$

где C – модуль стока средний (л/сек с 1 га); S – интенсивность водоотдачи при таянии сугроба в лесной полосе, мм/мин.

Расчет ширины лесополосы можно вести также на основе общего среднегодового водопоглощения в ней, исходя из следующего выражения:

$$b = \frac{yL}{W-H}, \quad (4)$$

где y – слой стока, на который ведется расчет, мм; W – среднегодовое водопоглощение в лесополосе, мм; H – среднегодовой влагозапас в снеге лесополосы, мм.

Д. Л. Арманд (1961) вывел следующую формулу для расчета ширины лесополос на поглощение талых вод

$$b = \frac{K_3(n+1)S_n L}{p-K_3 S_n}, \quad (5)$$

где S_n – среднегодовой максимум водоотдачи из снега, мм/мин; K_3 – коэффициент эффективности, который при расчете на полное задержание стока равен 1; n – константа, определяемая эмпирически, близкая к 1.

Расчет ширины лесных полос по указанным формулам можно произвести, имея числовые значения входящих в них параметров для

определенных условий. Например, расчетная ширина полосы на полное поглощение ливня интенсивностью 1 мм/мин, при коэффициенте стока 0,15, длине линий стока (или склона) 400 м и реальной водопроницаемости почвы в лесополосе 1,5 мм/мин, составит $\frac{1(1+0,15 \cdot 400)}{1,5-1} = 122$ м. Для случая, когда длина склона равняется 400 м, модуль весеннего стока 3 л/сек с 1 га (в условиях лесостепи максимальный модуль в многоводные годы может составлять 10-11 л/сек с 1 га), реальная водопроницаемость почвы в лесополосе 0,085 мм/мин и интенсивность водоотдачи при таянии снега в лесополосе 0,02 мм/мин, расчетная ширина полосы будет равняться:

$$0,0062 \frac{3 \cdot 400}{0,085 - 0,02} = 114 \text{ м.}$$

Как видно, для полного поглощения стока в средний по водности год расчетная ширина лесополосы получается гораздо больше, чем это допустимо – по хозяйственным соображениям (100 м и больше).

Д. Л. Арманд (1961), произведя расчеты лесополос на поглощение ливневого стока годичной обеспеченности, при которых им были приняты величины водопроницаемости лесной почвы, близкие к максимальным, получил гораздо меньшую их ширину: на почвах, начиная от серых лесных на севере до каштановых на юге, характеризующихся легко- и среднесуглинистым механическим составом, эта ширина не превышает 20 м, и лишь на глинистых разностях упомянутых типов и на суглинистых светло-серых лесных и светло-каштановых, отличающихся низкой инфильтрационной способностью, ширина лесополос намного превышает 20 м. Из расчета на сток талых вод их ширина для подавляющей части территории полезащитного лесоразведения при ширине межполосных клеток до 500 м в основном укладывается в 20 м и не превышает 50 м лишь при самых неблагоприятных сочетаниях (глинистые почвы, высокая интенсивность водоотдачи из снега) она выходит за указанные рамки.

Следует отметить, что расчеты Д. Л. Арманда излишне оптимистичны, так как он исходит из предположения, что склоны имеют ровную поверхность, и стекание вод происходит в виде пелены, или же ручьи (струи) при вступлении в лесополосы рассеиваются в них и вода покрывает почву сплошным слоем. По его мнению, склоны с ложбинами должны быть спланированы, выровнены еще до посадки лесных полос. Конечно, такая планировка, безусловно, улучшила бы условия для более рассеянного стока талых и ливневых вод, однако практически это

нереальное дело. В ряде случаев целесообразно заравнивать промоины и небольшие размывы, чтобы сделать сильно эродированные участки склонов тракторопроходимыми; такие работы выполняют, например, на Клетском опорном пункте ВНИАЛМИ. Но вряд ли удастся когда-нибудь достигнуть идеального рассеянного вступления сточных вод в лесные полосы, даже если они расположены вдоль горизонталей. Согласно нашим наблюдениям на Тимашевском опорном пункте Куйбышевской области (автор, 1960), при расположении лесной полосы № 12 строго поперек пологого склона (около 2°) без выраженных ложбин, вступающие в нее талые воды контактируются с почвой на площади не более 30-40%, а ливневые и того меньше. На склоне с ложбинами лишь около 7-12% площади лесной полосы «работает» на поглощение подтекающей воды; остальная площадь поглощает лишь ту талую воду, которая образуется в результате таяния внутренних сугробов. В первое время после начала стока снежный вал подпирает талую воду в ложбине перед лесополосой, а затем скопившаяся вода пропиливает сугроб и в дальнейшем проходит по ложбине, концентрированным потоком (рис. 3). По наблюдениям Н. М. Горшенина (1950), в 1941 г. большой снежный сугроб в лесной полосе был пропилен на восьмой день; по нашим наблюдениям, это обычно происходило на третий или четвертый день.

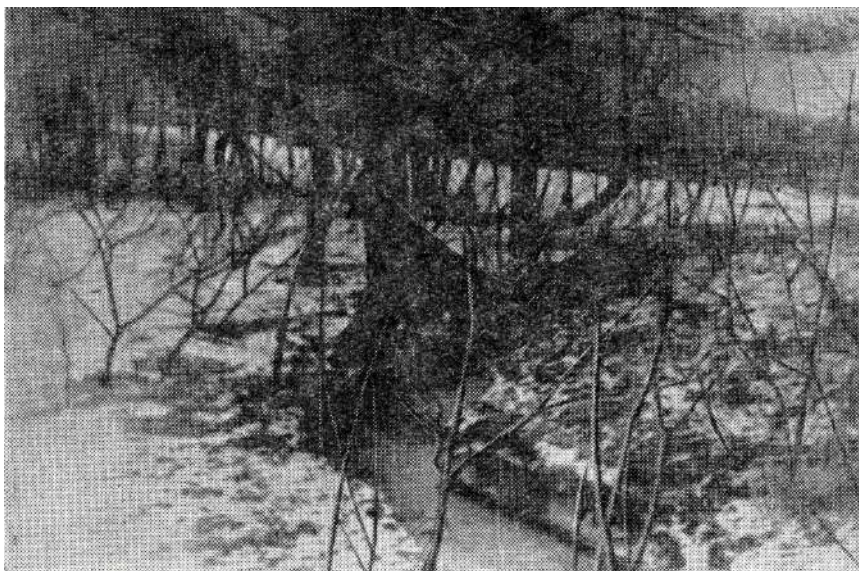


Рис. 3. Прорыв талой водой снежного вала в лесополосе. Тимашевский опорный пункт (фото автора)

И. П. Сухарев (1966) предложил для условий ЦЧП эмпирическую формулу следующего вида для расчета водорегулирующей лесной полосы на регулирование стока в 20; 30; 50 и 70%-ной обеспеченности:

$$b_p = KL\sqrt{i}, \quad (6)$$

где b_p – ширина лесной полосы при регулировании стока данной обеспеченности, м; K – коэффициент, учитывающий регулируемую обеспеченность стока и водопроницаемость почвы. При расчете ширины лесной полосы на регулирование (задержание) стока: 20; 30; 50 и 70% обеспеченности его значение соответственно равно 0,42; 0,38; 0,27 и 0,18; i – средний уклон пологого склона выше лесной полосы.

Так, при длине склона 500 м с уклоном 0,04 расчетная ширина полосы на задержание стока 50%-ной обеспеченности составляет 27 м, а стока 20%-ной обеспеченности – 42 м. И. П. Сухарев считает целесообразным во избежание широких лесных полос вести расчет их ширины на максимальный модуль стока 50%-ной обеспеченности, т. е. на среднесезонную величину стока. Однако это не является кардинальным решением вопроса. Дело в том, что в Каменной степи величина стока с зяби 26%-ной обеспеченности составляет около 48 мм при среднесезонной величине 22,1 мм, а с уплотненной пашни сток 50%-ной обеспеченности равен около 65 мм и 30%-ной обеспеченности – около 92 мм. Очень важно добиться, чтобы лесные полосы поглощали и переводили в почвогрунт около 50 мм талой воды.

Однако легко подсчитать (по формуле 4), что для полного поглощения – слоя стока в 50 мм со склона длиной 400 м при средней величине водопоглощения в лесной полосе 346 мм (средняя для Каменной степи) и при собственных запасах снеговой воды в полосе 246 мм (80 см слоя снега) требуется лесное насаждение шириной 200 м, а при удвоенной величине водопоглощения в лесной полосе (692 мм) – около 45 м. Таким образом, очевидно, что на черноземах Каменной степи лесные полосы в настоящее время не обеспечивают задержания и поглощения стока в нужной степени. В условиях более выраженного рельефа при такой эффективности лесных полос возможна интенсивная эрозия.

Мы рассмотрели водопоглощающую эффективность лесной полосы при ее расположении поперек склона и при отсутствии ложбин. В производственных условиях дело обстоит гораздо сложнее. Как отмечалось, сток вступает в лесную полосу недостаточно рассеянно, а при наличии ложбин – концентрированно.

Согласно исследованиям К. Л. Холупяка (1951), К. Л. Холупяка и А. А. Чернышева (1956) отношение длины водосборных (по Арманду водоприемных) участков лесной полосы к ее общей длине, которую К. Л. Холупяк назвал коэффициентом противозерозионной устро-

енности границ (K_y), колеблется в очень широких пределах; например, для лесных полос от 0,1 до 0,01 и больше, а для балочных лесов около 0,06-0,36. Отсюда стокоприемная нагрузка (площадь водосбора, приходящаяся на единицу длины стокоприемных участков) и мелиоративная нагрузка, (отношение площади водосбора к участкам лесополосы, фактически поглощающим сточные воды) получаются очень большие, вследствие чего не обеспечиваются достаточное сокращение на регулирование стока. Так, согласно расчетам К. Л. Холупяка и А. А. Чернышева (1956), для эффективного задержания стока на склонах с ложбинами потребовались бы насаждения шириной в несколько сот метров. Стремясь максимально увеличить K_y , К. Л. Холупяк считает целесообразным располагать лесные полосы вдоль горизонталей, повторяя их изгибы.

Здесь необходимо подчеркнуть, что одним только совершенствованием расчетов ширины насаждения ничего реального нельзя достигнуть. Кардинальное решение проблемы мы видим в повышении водопоглощающей и противозерозионной эффективности лесных полос (при принятой в настоящее время их ширине) путем их органического сочетания с простейшими гидротехническими устройствами.

К обоснованию обвалования лесополос

Имея сведения о стоке талых вод с сельскохозяйственных, угодий в различных районах, легко подсчитать слой воды, вступающей в лесополосу, по предлагаемой формуле:

$$y_l = \frac{y_p L}{b}, \quad (7)$$

где y_l – слой воды, поступающей на площадь лесополосы, мм; y_p – слой стока с полевых угодий данной обеспеченности, мм.

При стоке с уплотненной пашни (озимые, многолетние травы и др.) в год 50%-ной обеспеченности в лесную полосу шириной 20 м при длине линий стока 400 м может вступать около 1400 мм воды на серых лесных почвах и оподзоленных черноземах лесостепи и 600 мм на каштановых почвах, а в расчете на год 30%-ной обеспеченности эти величины повысятся соответственно до 2000 мм и 700 мм. Кроме того, в самих лесополосах: обычно содержится 200-400 мм снеговой воды. Величина же водопоглощения в них обычно не превышает 400-500 мм. Поэтому в средневодные и особенно в многоводные годы лесополосы не в состоянии полностью поглотить или эффективно заре-

гулировать сток. На склонах же с ложбинами сток концентрируется и проходит через лесополосы крупными ручьями, и водопоглощающая роль лесополос невелика независимо от их ширины.

Правильным размещением лесных полос можно добиться хороших результатов. Однако их водопоглощающая способность имеет свои пределы. Надо особо подчеркнуть, что в условиях достаточно высокой культуры земледелия при создании сети защитных лесонасаждений в пределах допустимой облесенности сток в эродированных районах не может быть зарегулирован в необходимой степени, и эрозионные процессы будут протекать с опасной интенсивностью. Радикальное уменьшение стока и эрозии может быть достигнуто на путях широкого сочетания сети лесонасаждений с простейшими гидротехническими устройствами. Этим не умаляется самостоятельная роль названных устройств, но надобность в них будет гораздо меньшая.

Способы совмещения лесополос с простейшими гидротехническими устройствами и технология обвалования

Идея сочетания водопоглощающей лесной полосы с гидротехническими устройствами не нова. Комбинация такой полосы с водозадерживающими валами, расположенными внутри ее вдоль горизонталей (независимо от положения лесной полосы в рельефе), была предложена А. С. Козменко в 1938 и позднее А. С. Козменко (1949) вновь возвращается к этой мысли. Он писал: «Еще большего эффекта можно будет достигнуть от водопоглощающих садовых или лесных полос при совмещении их с водозадерживающими валами, включив группу последних в пределы самой полосы» (стр. 129).

Однако, как отмечает сам А. С. Козменко, Новосильская станция предложенный прием не испытывала, поэтому «судить о его достоинствах и недостатках пока не представляется возможным» (там же).

На Уральской опытной станции (Западный Казахстан) в 1939 г. (Н. И. Поляков) и на Ершовском опытном пункте (П. Г. Кабанов, 1953; Н. И. Ивченко, 1957) применили обвалование ветроломных лесных полос (в условиях равнинного рельефа) по верхней и нижней опушкам и внутри (чеки) с целью задержания в полосе собственной снеговой воды и улучшения роста древесных, и кустарниковых пород. В указанных случаях не преследовалась цель увеличения задержания стока с поля, так как изолированная валом по обеим опушкам лесная полоса способна поглощать только собственную талую воду.

Наше предложение сводится к следующему (автор, 1961, 1967).

В целях повышения – водопоглощающей, а следовательно, и противозерозионной роли лесополос, надо создать условия для более равномерного распределения в них воды, чтобы она затопляла по возможности большую площадь; тем самым могут быть сильно повышены реальная водопроницаемость почвы и величина водопоглощения. Для этого, а также для увеличения объема водозадержания в ложбинах по верхней и нижней опушкам лесополос насыпают при помощи бульдозера водозадерживающие валы, оставляя водообходы, с расчетом, чтобы избыток непоглощенных вод сбрасывался, не производя размыва (рис. 4). Работа выполняется осенью, когда почва вспахана под зябь; в этом случае опытный бульдозерист насыпает за смену 500-600 пог. м валов. Высота валов зависит от глубины ложбины: она может колебаться от 0,7 до 1,5 м.



Рис. 4. Задержание талых вод валами в ложбине, возведенными по верхней и нижней опушкам лесополосы. Опытное хозяйство ВНИАЛМИ в г. Волгограде (фото В. Коновалова)

На пологих склонах, где нет ложбин, целесообразно проводить обвалование нижнего края лесополос двукратной пропашкой плантажным плугом; при этом пласт отваливается в сторону лесополосы. Высота валов 50-60 см (рис. 5). Чтобы образовать более высокий вал, обвалование надо проводить по невспаханной под зябь почве. При небольших понижениях (по линии протяжения полосы) производится правка вала бульдозером. За смену можно напахать около 7000 м валов.

Водозадерживающая эффективность обвалованной лесополосы зависит от крутизны склона: чем она меньше, тем шире полоса подпертой валом воды и тем больше просочится ее в почву. На склонах 2-3° лучше возводить два вала: один по нижнему краю лесополосы, другой – в ее середине (например, по ряду кустарника). Этим можно достигнуть максимального задержания и поглощения стока лесополосами.



Рис. 5. Задержание талых вод в лесополосе, обвалованной по нижней опушке с секциями. Опытное хозяйство ВНИАЛМИ в г. Волгограде (фото В. Коновалова)

В лесополосах, созданных гнездовым способом с шириной междурядий 5 м (между центрами гнезд), надо напахивать валы в каждом междурядье, при этом пласт должен отваливаться в сторону уклона. Водорегулирующая роль такой лесополосы намного возрастает. В условиях северной степи и в лесостепи на склонах круче $2,5-3^\circ$, а в сухой степи при крутизне склонов $3-4^\circ$ и больше, целесообразно при помощи бульдозера по нижней опушке лесополос насыпать более высокие валы (до 0,8-1 м).

Благодаря снежному сугробу в лесополосе непоглощенная избыточная талая вода спокойно переливается через вал, не размывая его. Однако не исключено, что в некоторых случаях придется устраивать специальные водосбросы – сниженные на 8-10 см, закрепленные одернованием или другим способом участки валов. Если лесополоса расположена под некоторым углом к горизонталям, вал способствует отводу непоглощенной воды внутри лесополосы и защите нижележащего поля. При этом талая вода медленно продвигается в снежном сугробе по уклону и поглощается почвой. На случай выхода сточной воды в конце лесополосы надо предусматривать ее отвод на неразмываемые участки и способствовать задернению путей стока.

Для лучшего водозадержания в обвалованных полосах целесообразно насыпать через 20-50 м (в зависимости от бокового уклона) поперечные перемычки, образующие секции: при этом надо предусмотреть, чтобы вода обходила их верхние концы и переливалась бы из секции в секцию. Длину перемычки l можно рассчитать по формуле

$$l = \frac{h}{i}, \quad (8)$$

где h – рабочая высота вала (на 0,1 м меньше общей высоты); i – уклон.

При расположении полосы приблизительно вдоль горизонталей вал и без перемычек работает хорошо, особенно в период весеннего

снеготаяния. Когда предусматривается отвод стока вдоль лесополосы, перемычек насыпать не следует.

Обвалованием лесных полос можно достигнуть весьма значительного уменьшения стока и эрозии, однако в эродированных районах северных степей и особенно в лесостепи такой способ все же недостаточно решает проблему задержания стока. Гораздо больший эффект на склонах без сильно выраженных ложбин дает устройство внутри лесной полосы (расположенной поперек склона) прерывистой канавы (траншеи) с валом. Наиболее подходящими в настоящее время орудиями для выкопки канавы являются универсальный канавокопатель (УКАП) и ТКУ-0,9. Производительность канавокопателя около 500 пог. м и больше за рабочий день. Глубина канавы 1,2 м, ширина 0,9 м, высота вала 0,6-0,7 м. Канавы с валом устраиваются во втором или в первом междурядье, а вынутый грунт укладывается рядом в первом снизу междурядье, или на опушке, где образуется вал. В последнем случае высоту вала при необходимости можно увеличить бульдозером. Канавокопатель может проходить при ширине междурядья 2,7-3 м, поэтому в лесных полосах с шириной междурядий 1,5 м его следует пускать по ряду кустарника. В лесополосах, создававшихся посевом желудей гнездовым способом (5 м × 3 м между центрами гнезд), начиная с 1949 г., УКАП может работать свободно.

Канавы с валом прокладываются непрерывно вдоль лесной полосы, после чего в ней и рядом на склоне устраивают экскаватором на тракторе «Беларусь» перемычки под углом 90°. Высота поперечных перемычек на стыке с валом должна быть такая же, как и вала, а по мере удаления от канавы она постепенно уменьшается; их длина определяется из выражения (8); рабочая высота вала в данном случае равна 0,65 м. Для этого через определенные расстояния экскаватор входит в лесополосу перпендикулярно оси канавы (в гнездовую – через 3-метровые промежутки, в рядовую – седлая кустарник или молодые деревца) и, вынимая грунт из ямы, насыпает перемычку. Расстояние между перемычками зависит от величины уклона вдоль лесной полосы: при уклоне 0,5° они должны составлять 70-75 м, при уклоне 1° – 36-40 м. При наличии боковых уклонов около, верхней опушки лесной полосы надо устраивать водонаправляющие валики. На участках лесной полосы, имеющих продольное падение больше 1,5°, нецелесообразно устраивать продольную канаву. Прокладку канав с валами можно производить в лесополосах на 2-3-й год после их посадки. В молодых лесных полосах

прерывистые канавы с валами можно устраивать также при помощи экскаватора на тракторе «Беларусь». Но при высоте лесополосы более 1,5 м в процессе прокладки канавы этим способом возможны сильные повреждения древостоя ковшом экскаватора. Перед началом снеготаяния валы и канавы не требуют за собой никакого ухода.

Водопоглощающее действие лесных полос с обвалованием и с канавами

Устройство водозадерживающих валов в ложбинах по нижней опушке лесной полосы впервые осуществлено нами на Тимашевском опорном пункте в 1956 г. В 1958 г. мы провели в опытных целях обвалование плантажным плугом участков лесополос на Поволжской АГЛОС, а в период 1959-1962 гг. – лесных полос в опытном хозяйстве ВНИАЛМИ в г. Волгограде. С 1963 г. начали систематическое изучение водопоглощающего и противозерозионного влияния обвалованных лесных полос и снегораспределительных лент с канавами на Новосильской АГЛОС им. А. С. Козменко.

Водопоглощение в обвалованных лесополосах и уменьшение стока на черноземах Заволжья

Общая величина водопоглощения в обвалованных лесополосах складывается из величины просачивания воды в почву и объема водозадержания перед валами. Согласно наблюдениям и расчетам в 1959-1962 гг. на Поволжской АГЛОС в обвалованных (с секциями) участках лесополос задерживалось и поглощалось от 600 до 1200 мм талой воды (в зависимости от величины стока с поля), против 300-350 мм (а при очень больших снегозапасах до 460 мм) без обвалования. Перед валами в ложбинах на этой станции задерживалось и поглощалось около 130-200 м³, а на Тимашевском опорном пункте, начиная с 1957 г., около 150-300 м³ талой воды, что при площади водосбора ложбины 1 га составляет 15-30 мм (автор, 1960-а).

Результаты наблюдений над водопоглощением в лесных полосах и стоком, проведенные под руководством автора В. И. Пановым на стоковых площадках в 1964-1966 гг., приведены в табл. 10.

Склон с лесной полосой № 34 имеет средний уклон 0,038, падает на юг; склон с полосой № 37 падает на восток, его уклон 0,035. Почва в

обоих случаях слабосмытая. Ширина лесополосы № 34 – 12 м. полосы № 37 – 17 м. Длина полевой части: стоковых площадок 100 м, ширина от 25 до 43 м.

Из табл. 10 следует, что в 1964 г. обвалованная лесная полоса № 34 способствовала уменьшению стока на 15 мм, а коэффициента стока на 76,5%. Заметим, что на водозадержание полоса работала не в полной мере, так как уровень воды перед валом вследствие сброса через водослив был на 20 см ниже нормального подпора. При отсутствии сброса через водослив величина водозадержания и водопоглощения составила бы около; 910-920 мм.

В 1965 г. наблюдения проводились на склоне с лесной полосой № 37. На комбинированной площадке с участком полосы без обвалования (водослив стоял на уровне почвы) сток уменьшился по сравнению с контролем на 37,9 мм (39,1 мм против 77 мм) и коэффициент стока на 56,1%, а на площадке с обвалованной полосой он сократился до нуля. В первом случае величина: инфильтрации в лесополосе составила 445 мм, а во втором при меньших водозапасах в полосе – 477 мм; в данном случае водопоглощающая роль лесной полосы выявилась не полностью. Отметим здесь, что сток с чисто лесной площадки равнялся 22,7 мм при коэффициенте стока 0,068, а величина водопоглощения в ней составила 310 мм, намного меньше, чем в лесной части комбинированных площадок.

В 1966 г. сток с комбинированной площадки в лесной полосе № 34 без обвалования уменьшился на 27,6 мм, а величина инфильтрации равнялась 459 мм. На площадке с обвалованной полосой сток через водослив практически не проходил, а величина водопоглощения в полосе составила 671 мм; потенциальная возможность почвы к поглощению талой воды здесь не исчерпана. В обвалованной лесной полосе № 37 водопоглощение оказалось несколько ниже. Здесь сток на комбинированной площадке без обвалования сократился на 7,7 мм, а с обвалованием – на 17,6 мм; величины водопоглощения в лесной части площадок: соответственно равнялись 399 мм и 459 мм. Небольшая разница между последними двумя величинами объясняется в значительной степени большими запасами снеговой воды в лесной полосе (без обвалования – 364 мм, с обвалованием – 355 мм), а также недостаточным поступлением талой воды с поля, которое было вспахано под зябь (с уплотнением катком).

Сток с лесной площадки составил 27 мм (при коэффициенте стока 0,073), т. е. он был больше, чем с комбинированных площадок. Как и в

Таблица 10

Водопоглощающая эффективность лесных полос в сочетании с обвалованием на глинистых черноземах
Куйбышевского Заволжья (Новолужская АГЛЮС)

Год	Характер водосбора	Площадь, га	Запас снеговой воды + осадки за период снеготаяния, мм	Просочилось в почву, мм		Коеф-фициент стока
				в среднем на площадке	в лесной полосе	
1964	Озимая рожь	0,263	105	85,8	-	24,1
	То же + лесополоса с валом № 34, шириной 12 м	0,293	154	144,6	712,0	8,4
	Люцерно-житняковая травосмесь	0,126	188	111,0	-	77,0
1965	То же + лесная полоса № 37 шириной 17 м	0,161	217	177,9	445,0	39,1
	То же + обвалованная лесополоса № 37	0,208	175	175,0	477,0	0
	Лесная полоса № 37 (без обвалования)	0,118	333	-	310,3	22,7
1966	Поле (стерня)	0,25	188	138,1	-	49,9
	То же + лесополоса № 34	0,28	183	159,1	459,0	22,3
	То же + обвалованная лесополоса № 34	0,28	184	183,6	671,0	0,6
	Поле (зябь, уплотненная катком)	0,37	84	62,1	-	21,9
	То же + лесополоса № 37	0,50	127	112,8	399,0	14,2
	То же + обвалованная лесополоса № 37	0,43	126	121,7	459,0	4,3
Лесная полоса № 37 (без обвалования)	0,13	371	-	344,0	27,0	

Примечание: 1. Водорегулирующая лесная полоса № 34 состоит из 9 рядов. Посажена в 1952 г. по схеме: 1 и 9-й ряды – смородина золотистая, 2, 4, 6 и 8-й ряды – лиственница сибирская, 3 и 7-й ряды – ясень зеленый в чередовании с кле-ном татарским и 5-й ряд – клен остролистый. Ширина междурядий 1,5 м. Средняя высота лиственницы около 5,5-6 м, клена остролистного 6-6,5 м, ясеня зеленого 6,5-7 м. В результате рубок ухода в 1964 г. вырублена смородина и часть дере-вьев ясеня и клена, а у оставшихся деревьев стволы подчищены до 1-1,5 м. В полосе хорошо растет самосев клена ост-ролистного, ясеня и поросль от ипей. Лесная подстилка выражена слабо, покров слабоотравнистый. Полоса ажурно-продуваемой конструкции. 2. Водопоглощающая лесная полоса № 37 состоит из 11 рядов. Заложена в 1952 г. по схеме: 1, 3, 9 и 11-й ряды – клен остролистый; 2, 6 и 10-й ряды – дуб черешчатый (строчно-луночный посев); 4 и 8-й ряды – береза бородавчатая; 5 и 7-й ряды – ясень зеленый. Ширина междурядий 1,5 м. Средняя высота березы около 10 м, средний диа-метр 11-12 см высота ясеня и клена 7-8 м, дуб находится в угнетенном состоянии, встречается самосев ясеня. Лесная подстилка имеет мощность 1-3 см, травянистая растительность редкая. Полоса плотной конструкции.

предыдущем году, величина инфильтрации талой воды в почву лесной площадки, несмотря на превышение запасов снеговой воды, оказалась значительно меньше, чем в лесной части комбинированных площадок. С таким явлением мы уже встречались при анализе материалов по Новосильской АГЛОС (см. табл. 4). Оно объясняется ускоренным оттаиванием почвы лесной полосы и повышением ее инфильтрационной способности при вступлении с поля в полосу талой воды с несколько повышенной температурой. В связи с этим уместно еще раз подчеркнуть, что водопоглощающая эффективность правильно размещенных на территории лесных полос гораздо выше, чем лесного массива.

Изучение водопоглощающей эффективности лесополос продолжалось в 1967 и 1968 гг. 1967 г. был маловодный, и на опытных участках в лесополосы поступало мало талой воды. Величина просачивания на необвалованном участке 5-й полосы составила 253 мм, а на обвалованном 272 мм, причем сток в последнем случае уменьшился до нуля и водопоглощающее действие полосы проявилось не полностью. В 1968 г. водопоглощение на необвалованном участке 34-й лесополосы составило 428 мм, а на обвалованном 1250 мм, т. е. почти в 3 раза больше. При этом сток уменьшился с 56,4 до 2,7 мм. На необвалованном участке 37-й полосы, в которой запасы снеговой воды составляли около 705-715 мм, в почву просочилось 740 мм, а на участке с обвалованием 850 мм. Сток здесь уменьшился с 13,7 до 2,0 мм. Из чисто лесной площадки стекло 64,2 мм талой воды (коэффициент стока 0,09). Как и в ранее описанных случаях, просачивание талой воды на лесной площадке значительно меньше, чем в лесной части комбинированных площадок. Это еще раз подтверждает, что при вхождении в лесополосу талой воды с поля водопоглощение в ней значительно увеличивается. С другой стороны, при больших скоплениях снега в полосах часть снеговой воды идет на сток, что приводит к усилению эрозии.

Водопоглощающее действие лесной ленты с канавой на серой лесной почве

На Новосильской АГЛОС им. А. С. Козменко изучали влияние снегораспределительной лесной ленты с канавой на водопоглощение и сток талых вод. Склон падает на з-ю-з к Глубковскому суходолу; средний уклон 0,048, почва серая лесная суглинистая слабо- и среднесмытая.

Снегораспределительные лесные ленты заложены весной 1926 г. посевом желудей под копые тремя рядами с размещением посевных

мест $0,26 \times 0,26$ м. Они посажены вдоль горизонталей на расстояниях 100 м друг от друга. В 1938 г. некоторые ленты вырубали и раскорчевали, вследствие чего на части площади промежутки между снегораспределителями в настоящее время составляют 200-210 м (рис. 6). Чистая ширина лент около 1 м, но ввиду раскидистости крон дуба ширина необрабатываемых полос почвы варьирует от 5 до 10 м. Средняя высота дуба в лентах в настоящее время составляет 11-12 м.

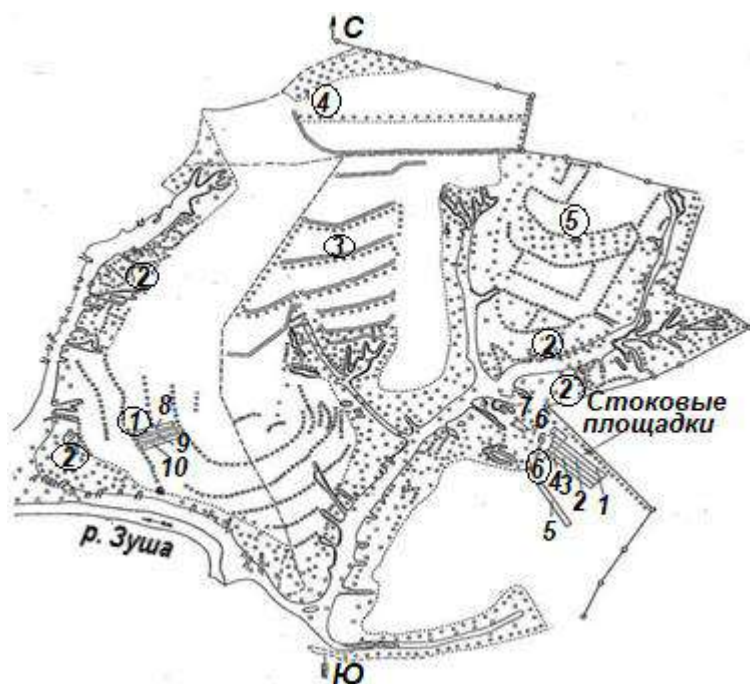


Рис. 6. Территория Новосильской АГЛЮС им. А. С. Козменко:

цифры в кружках: 1 – снегораспределительные ленты из дуба; 2 – кольматирующие клетки; 3 – водозадерживающие валы с лесными полосами; 4 – водопоглощающая полоса № 1; 5 – водопоглощающая садовая полоса; 6 – урочище Колодезное (1-10 – стоковые площадки)

Сток с части водосбора площадью 13,5 га, где расстояния между снегораспределителями 100 м, собирается в пологой потяжине и направляется к отвершку Глубковского суходола. Здесь в 1929 г. был устроен каменный водомерный лоток, замыкающий указанный водосбор (в 1964 г. в лотке установили треугольный водослив с тонкой стенкой с углом выреза 90°).

Во время Великой Отечественной войны, когда передний край обороны проходил на территории Новосильской станции (по р. Зуше), около одного из снегораспределителей, расположенного посредине склона, была вырыта траншея. В настоящее время она представляет собой канаву с осыпавшимися и задернелыми откосами; ее глубина около 1,2-1,3 м, ширина поверху около 1,5 м, понизу – 0,6 м (емкость около $1,1 \text{ м}^3$ на 1 м протяженности).

По наблюдениям А. Д. Ивановского, в довоенные годы показатели стока с упомянутого водосбора были следующие: в 1934 г. – слой стока

52,3 мм, коэффициент стока 0,73; в 1937 г. соответственно 93 мм и 0,93; в 1938 г. – 29,7 мм и 0,27 (за другие годы данных не имеется). Средняя за 3 года величина стока составила 58,4 мм, коэффициент стока 0,64. В результате наблюдений в послевоенные годы (в период 1955-1960 гг. – Г. А. Харитонов и В. А. Каргов; в 1963-1965 гг. – Е. А. Гаршинёв) средняя за 9 лет величина стока получена 23,6 мм при среднем коэффициенте стока 0,132. Хотя гидрометеорологические условия указанных довоенных и послевоенных годов не полностью идентичны и периоды наблюдений неодинаковые, все же нельзя не отметить резкое уменьшение стока с водосбора в послевоенные годы. Частично это может быть связано с повышением уровня агротехники (более глубокая пахота) и с мелиоративным влиянием взрослых снегораспределительных лент, но несомненно также комбинированное водопоглощающее действие лесополосы с канавой. Однако это действие не исследовали и особого значения ему не придавали.

Для изучения водопоглощающей эффективности канавы в сочетании со снегораспределительной лентой осенью 1963 г. Е. А. Гаршинёвым под руководством автора были построены на склоне, где снегораспределительные ленты находятся на расстояниях 200-210 м, три стоковые площадки: первая полевая (контрольная) (164 м × 30 м), вторая включает лесную ленту без канавы (ее осенью 1963 г. засыпали) (208 м × 31 м) и третья – с канавой и лесной лентой (209 м × 31 м). Объем канавы на площадке около 35 м³.

Дно канавы в указанные годы практически не промерзло. Из табл. 11 видно, что в 1964 г. при слое стока с поля 11,5 мм на площадке с канавой он совсем не проходил через водослив; на площадке, где канава осенью была засыпана и почва еще не уплотнилась, стока также почти не было.

В 1965 г., при слое стока с контрольной полевой площадки 25,9 мм на площадке с лесной лентой он увеличился за счет больших водозапасов, коэффициент стока несколько уменьшился. На площадке с канавой сток сократился против контрольных площадок на 23,1-27,5 мм, а если привести к одинаковым водозапасам, то на 35,8-37,8 мм. Отметим, что ввиду низкого положения порога водослива и отсутствия подпора почва перед валом не затоплялась, поэтому поступавшая с поля талая вода поглощалась главным образом в канаве. Водопоглощающее действие канавы оказалось настолько значительным, что она удовлетворительно справилась бы со своей задачей и при уд-

**Влияние лесной ленты с канавой на поглощение талых вод
и уменьшение стока (Новосильская АГЛОС им. А. С. Козменко)**

Год	Характер водосбора и агрофон	Площадь, га	Запас воды в снеге + осадки за период снеготаяния, мм	Просочилось в почву, мм		Сток, мм	Коэффициент стока
				в среднем на площадке	в зоне канавы (1,5 м)		
1964	Зяблевая пахота	0,498	153	141,5	-	11,5	0,075
	Зябрь + лента дуба	0,628	159	158,6	1805	0,4	0,002
	То же + канава (выше ленты)	0,648	199	199,0	2257	0	0
1965	Зяблевая пахота	0,498	49	23,1	-	25,9	0,529
	Зябрь + лента дуба	0,628	59	28,7	132	30,3	0,514
	То же + канава	0,648	77	74,2	5465	2,8	0,036

военной величине стока. Учитывая, что основная масса талой воды прошла за 12 суток, можно подсчитать величину среднесуточного водопоглощения и скорость просачивания воды в канаве: эта величина равняется 455 мм, а скорость просачивания 0,316 мм/мин.

Знать скорость просачивания талой воды в канаве очень важно, так как это позволяет производить расчет величины водопоглощения в водорегулирующих лесных полосах с канавами. Приведенная скорость просачивания (0,316 мм/мин) получена в условиях среднесуглинистой почвы, развившейся на среднем и тяжелом лёссовидном суглинке.

Необходимо подчеркнуть, что лесная лента не является хорошей защитой от промерзания почвы в канаве, поэтому в очень холодные зимы в подобных условиях промерзание возможно. При устройстве канавы в настоящей лесной полосе промерзание почвы в ней будет наблюдаться лишь в очень редких случаях.

Выше описана технология устройства канавы (траншеи) с валом в водорегулирующей лесной полосе при помощи канавокопателя УКАП и экскаватора на тракторе «Беларусь». Вынутый грунт образует ниже канавы вал высотой около 0,7 м. Если правильно устроить перемычки и создать условия для подпора воды, то можно добиться, чтобы талая вода поглощалась не только в самой канаве, но и на большей части остальной площади полосы при сплошном затоплении почвы; это намного увеличит водозадержание и водопоглощение в полосе. Если принять для расчета скорость просачивания в канаве

0,3 мм/мин и площадь поглощения 1,5 м² на 1 м ее протяжения (хотя при глубине канавы 1,2 м и ширине 0,9 м площадь контакта с водой равняется 3,3 м на 1 пог. м канавы), то слой среднесуточного водопоглощения в ней составит 432 мм; в этом случае за 10 дней снеготаяния просочится 4320 мм, а за 15 дней – 6480 мм. Это означает, что со склона длиной 400 м за 10-дневный период снеготаяния может быть поглощен слой стока 16 мм, а за 15-дневный – 24 мм. Если принять далее, что среднесуточное водопоглощение в лесной полосе с валом в условиях почти сплошного затопления в среднем будет равняться 72 мм (0,05 мм/мин), то за 10 дней при ширине лесополосы 20 м (расчитываем на оставшуюся ширину 18,5 м) еще поглотится 33 мм талой воды, а за 15 дней 50 мм. Таким образом, лесная полоса с канавой и валом в описанных условиях может задержать за период снеготаяния (10-15 дней) около 48-74 мм талой воды, поступающей со склона протяженностью 400 м. Среднесуточное водопоглощение в такой лесополосе может составлять 105 мм (в том числе на канаву приходится 33 мм), а суммарное за период снеготаяния около 1050-1575 мм. Кроме того, валом с перемычками может быть задержано в среднем около 150-300 мм воды, в зависимости от прямого и бокового уклона в лесной полосе. Этот объем приблизительно соответствует величине собственных водозапаса в лесной полосе, поэтому существенно не будет влиять на сокращение стока с поля.

Приведенный расчет является приблизительным, однако он показывает, что сочетанием водопоглощающего насаждения с канавой даже на серых лесных почвах лесостепи можно резко сократить поверхностный сток, а следовательно, смыв и размыв почв.

Водопоглощение в обвалованных лесополосах на светло-каштановых почвах

Изложим результаты наших наблюдений над водопоглощающим действием обвалованных лесных полос в Волгоградском опытном хозяйстве ВНИАЛМИ. Осенью 1959 г. здесь обваловали по нижней опушке при помощи плантажного плуга две лесные полосы, № 8 и 9; в них были вручную насыпаны также поперечные валики, в результате образовались секции, в которых ограничивается передвижение воды вдоль вала. Кроме того, в двух ложбинах на восточном склоне насыпали бульдозером по верхней и нижней опушкам лесополос (№ 7, 6 и 5)

10 водозадерживающих валов (см. рис. 2). Ввиду различной выраженности ложбин в разных участках склона высота валов колеблется от 0,6 до 0,9 м; объем прудков варьирует от 5 до 12 м³, а зеркало воды при их наполнении от 20 до 60 м². В последующие годы провели обвалование других лесополос. Осенью 1960 г. обваловали при помощи плантажного плуга лесную полосу № 12, расположенную на северном склоне, и лесополосу № 17 – на южном склоне¹. Эти полосы имеют боковой (продольный) уклон до 1-1,5° в направлении с запада на восток, поэтому назначение приопушечных валов состоит как в задержании, так и в отводе стока внутри лесополос, с целью защиты нижележащих полей. После исключительно сильных зимних и весенних паводков 1963 г. выяснилось, что на склонах круче 3° приопушечный вал высотой 0,4-0,5 м, насыпанный плантажным плугом, не обеспечивает отвода стока внутри лесополосы; вода переливается через него, производя смыв почвы на нижележащем поле. Поэтому осенью 1963 г. около лесополосы № 12 насыпали вал высотой 0,8-0,9 м.

Лесные полосы в сочетании с простейшими гидротехническими устройствами в разные годы испытывали различные нагрузки, так как поля севооборота имели неодинаковый агрофон (многолетние травы, озимые, зябь) и на них формировался сток разной интенсивности. В осенне-зимне-весенние периоды 1959-1966 гг. агрофон полей был нижеследующий. 1960 и 1961 гг.: 1, 2, 3 и 7-е поля – многолетние травы, остальные – зяблевая пахота; 1962 г.: южный участок 5-го поля – озимые, восточный участок 5-го поля, 6 и 7-е поля – многолетние травы; 1963 г.: 4-е поле – озимые, восточная часть 5-го поля, 6 и 7-е поля – многолетние травы; 1964 г.: под многолетними травами те же, восточный участок 5-го и 6-е поля; 1965 г.: 1-е поле – озимые, 2, 3 и 7-е поля – многолетние травы; 1966 г.: 1, 2 и 3-е поля – многолетние травы, 4-е поле – озимые; в остальных полях в указанные годы была зяблевая пахота.

Характеристика водопоглощающего и водорегулирующего действия сети лесополос приводится в сводке (табл. 12). Из нее видно, что величины водопоглощения на обвалованных участках полос и в прудках на ложбинах в разные годы были разные. Они зависят как от количества входящей в лесные полосы воды, так и от способности почвы впитывать зимой и весной талую воду.

¹Ввиду наличия на южном склоне выраженных ложбин вал около 17-й лесополосы стал нормально функционировать лишь с 1963 г., после того, как увеличили его высоту в ложбинах.

Таблица 12

**Водопоглощающее и водорегулирующее действие
обвалованных лесных полос в почвозащитном севообороте
опытного хозяйства ВНИАЛМИ в г. Волгограде**

Год	Сток талых вод с многолетних трав (и озимых), мм	Характеристика задержания и поглощения талых и ливневых вод	
		в обвалованных по нижней опушке лесных полосах	в прудках на ложбинах
1	2	3	4
1960	Около 35	За время зимних оттепелей просочилось в почву около 1100-1200 мм. Задержан весь ливневый сток 30 мая. Около 9-й лесополосы обнаружена верховодка	Шестью прудками задержано с водосбора 1,8 га 570 м ³ (32 мм) талой воды из 630 м ³ ; средний слой просачивания 1730 мм. Задержан весь ливневый сток (5 мм) во время ливня 30 мая (сумма осадков 25 мм, коэффициент стока 0,2)
1961	13	<p>Вся собственная (200-250 мм) и вступившая с поля (260 мм) снеговая вода просочилась в почву – всего около 460-510 мм. Около 9-й лесополосы наблюдалась верховодка.</p> <p>На северном склоне лесополоса № 12 полностью задержала сток.</p> <p>Задержан весь ливневый сток 29 июня, 4-5 мм (за 25 мин выпало 18 мм)</p>	Вся талая вода с водосбора ложбин (более 100 м ³) просочилась в почву. Слой просачивания 900-1000 мм, скорость – около 0,4-0,56 мм/мин. Полностью задержан ливневый сток
1962	36-38	В обвалованные полосы сток талых вод почти не поступал (на полях – зябь). Лишь в 12-ю лесополосу вступал сток с дороги и поглощался в ней. Задержан и зарегулирован ливневый сток 4 июля (выпало 16 мм за 8 мин и затем еще 3,7 мм, всего 19,7 мм осадков; сток 5-6 мм)	
1963	76-82	За зимне-весенний период (23 дня с оттепелью) задержалось и поглотилось 537-550 мм талой воды. В январ-	Задержано в десяти прудках около 300 м ³ из 1500 м ³ талой воды, образовавшейся на водо-

1	2	3	4
1963	76-82	скую оттепель (7-10/І) задержалось и просочилось около 365 мм со средней скоростью 0,028-0,053 мм/мин, в февральскую (17-23/ІІ) – 172 мм со скоростью 0,03 мм/мин. В дальнейшем – очень мало. Вода переливалась через валы	сборе ложбин (около 20%)
1964	22-30	В обвалованные лесные полосы сток с полей почти не поступал, за исключением 17-й лесополосы, где он отводился и частично переливался через вал	Сток с полей в прудки не поступал
1965	22-26	В 9-й лесополосе (с секциями) задержалось и поглотилось около 749 мм, в лесополосе № 8 (плодовая) около 655 мм. Около 9-й лесополосы наблюдалась верховодка. На северном и южном склонах часть воды отводилась лесополосами № 12 и № 17 Задержан сток (около 4 мм) во время сильного дождя, временами ливневого характера, 29 мая (за 74 мин выпало 29 мм)	Ввиду задержания талой воды вышележащими обвалованными полосами в прудки на ложбинах ее вошло мало В прудках задержан ливневый сток с водосбора ложбин
1966	Около 7	Талая вода полностью была задержана и поглотилась в обвалованных лесных полосах. Лесополосой № 12 вода частично отводилась	В прудки поступило мало талой воды

Оба показателя варьировали в зависимости от агрофона полей и от гидрометеорологических условий того или иного года. Как правило, в лесополосах поглощалось большее количество воды в те годы, в которые ее больше поступало (1960 и 1965 гг.). 1963 г. в этом отношении был отчасти исключением, так как, несмотря на громадный объем талой воды, проходившей через лесные полосы, ее поглотилось в них меньше, чем в 1960 и 1965 гг., и почти столько же, как в 1961 маловодном году. В 1961 и 1965 гг. около лесной полосы № 9 наблюдалась верховодка, а в 1963 г. ее не было. (Верховодка была также в 1960 г., но наблюдения за ней не проводились.)

Благодаря глубоким зимним оттепелям наполнение водой секций и прудков на ложбинах в обвалованных лесополосах происходи-

ло по несколько раз за зимне-весенний период. Во время похолодания вода в прудках сверху замерзает, но просачивание продолжается, и она отрывается ото льда, образуя свободное (воздушное) пространство. В 1960 и 1961 гг. почва подо льдом и рыхлым снегом оставалась в основном талой. Во время следующей оттепели прудки вновь наполнялись талой водой, и она подо льдом просачивалась в почву. В 1963 г. наблюдалась несколько иная картина. В январскую оттепель этого года секции и прудки наполнились талой водой, и она уже во время последовавшего затем похолодания просочилась в почву с образованием пустот подо льдом; там же, где вода стояла тонким слоем, поверхность почвы замерзала. Почва подо льдом, где была воздушная подушка, также промерзла. Поэтому в февральские оттепели просочилось в почву меньше воды. В дальнейшем в результате замерзания воды в прудках, почти вся их емкость была заполнена льдом и существенного просачивания поступавшей воды не наблюдалось; вода в главной своей массе сбрасывалась через валы на нижележащие поля.

Приведенные в табл. 12 сведения показывают также, что лесные полосы с обвалованием обеспечивали полное задержание стока во время выпадения довольно интенсивных ливней с суммой осадков до 20-25 мм и больше; в то же время сток свободно проходил через необвалованные участки лесных полос, производя смыв почвы на нижележащих полях.

Таким образом, обвалование лесных полос по нижней опушке, и устройство водозадерживающих валов на ложбинах по краям лесополос намного повышают их водопоглощающую и водорегулирующую эффективность. Обвалованные полосы способны намного сократить сток талых и ливневых вод и, следовательно, уменьшить эрозию и повысить влажность полей. В то же время надо отметить, что в годы, подобные 1963 г., с большим количеством осадков и чрезмерно резкими колебаниями температуры, в зимний период, обвалованные лесополосы недостаточно справляются с возложенной на них функцией водопоглощения. В таких условиях лишь наличие канавы с валом в полосе могло бы обеспечить достаточное сокращение стока.

Интересно отметить, что на засыпанной землей при обваловании в 1960 г. 17-й лесополосы надземной части ствола вяза перистоветвистого, произрастающего в крайнем ряду, на высоте до 40 см из спящих почек развились мочковатые придаточные корни, которые густо пронизывают тело вала. Эта часть ствола по существу стала выполнять функцию стержневого корня, что свидетельствует о способности вяза быстро

приспособляться к новым условиям и о безвредности для него частичной засыпки земель. Раскопками на Поволжской АГЛОС (А. В. Хавроньин) установлено, что придаточные корни на засыпанной части стволов образовали лиственница сибирская и ясень обыкновенный.

Глава IV **ПРОТИВОЭРОЗИОННАЯ РОЛЬ ЛЕСНЫХ ПОЛОС**

Характер противоэрозионного влияния лесных полос

Почвозащитное влияние лесов общеизвестно. Интенсивно поглощая талые и ливневые воды и хорошо скрепляя корневыми системами почву и грунт, лощинные леса являются мощным, средством против смыва и размыва почв на гидрографической сети. Вопрос о противоэрозионном действии лесных полос затрагивался в работах многих авторов (А. С. Козменко, 1938, 1949; Г. А. Харитонов, 1938, 1963; Г. Ф. Басов, 1963; Б. И. Логгинов, 1957; А. В. Альбенский, 1963; К. Л. Холупяк, 1961; Д. Л. Арманд, 1961, И. П. Сухарев, 1966 и др.). Сущность и характер противоэрозионного действия лесополос и колковых насаждений состоит в нижеследующем.

В первую очередь и наилучшим образом лесные насаждения защищают непосредственно занимаемую ими площадь. Кроме того, лесные полосы должны защищать от эрозии сельскохозяйственные поля и другие угодья. Водопоглощающая полоса защищает нижележащее по склону поле, а также приопушечную часть вышележащего поля, а прибалочная – способствует защите берегов гидрографической сети и вышележащих склоновых земель. Противоэрозионное влияние лесополос на сельскохозяйственных угодьях многообразно. Оно проявляется: в сокращении и регулировании стока, в отводе стока под малыми углами наклона, в кольматаже продуктов смыва, в благоприятном влиянии на урожаи сельскохозяйственных культур, повышающем их почвозащитное влияние.

Рассмотрим случаи, при которых по-разному проявляется противоэрозионное действие лесополос.

1. Лесная полоса, расположенная поперек склона, хорошо поглощает сток талых и ливневых вод, и он лишь в малом количестве

поступает на нижележащее поле. При этом смыв почвы ниже лесной полосы возможен лишь за счет формирующегося здесь стока и будет протекать с меньшей интенсивностью, чем, если бы был подток с вышележащего поля.

2. Лесная полоса недостаточно задерживает и поглощает сточные воды, и они в большом объеме проходят через нее и поступают на нижележащее поле. В таких случаях ниже лесной полосы возможен сильный смыв почвы, причем, его величины могут колебаться в широком диапазоне, в зависимости от агрофона поля, крутизны склона, наличия снежного покрова и других условий. Например, по нашим замерам, проведенным весной 1955 г. на Тимашевском опорном пункте, смыв почвы в средней и нижней частях склона северо-восточной экспозиции крутизной 1,5-2° (зябрь) колебался от 10 до 18 м³/га. Распределение смыва на полях показано в табл. 13.

Таблица 13

**Распределение смыва почвы в межполосных клетках
Тимашевского опорного пункта в весну 1955 г.**

Местоположение профиля, на котором учитывался смыв, и агрофон поля	Расстояние профиля от лесной полосы, м					
	5		40		230	
	суммарное сечение водороин, см ²	смыв, м ³ /га	суммарное сечение водороин, см ²	смыв, м ³ /га	суммарное сечение водороин, см ²	смыв, м ³ /га
Ниже лесополосы № 12, зябрь	18007	18,0	10282	10,3	10450	10,5
Ниже аллеиной полосы № 41, зябрь	16650	16,7	Не опр.		12960	13,0
Ниже лесополосы № 40, озимая рожь	4110	4,1	- " -		Не опр.	

Примечание. 1. Протяженность профилей, на которых производился замер водороин, 1000 м. 2. Талая вода поступала в 12-ю лесополосу главным образом из сада, в количестве 67,5 (см. табл. 7) и с территории усадьбы, расположенных выше по склону. 12-я лесополоса, в которой поглотилось 390 мм воды, уменьшила сток водосбора протяженностью около 300 м приблизительно на 23 мм; следовательно, на нижележащее поле сбрасывалось около 44 мм, и, кроме того, собственный сток на этом поле равнялся 7,4 мм.

Из табл. 13 видно, что в ближайшей приопушечной зоне ниже лесной полосы смыв значительно больше, чем на расстоянии 40 м от опушки и дальше в поле. Это объясняется следующими обстоятельствами. Талая вода, достигнув лесной полосы, освобождается перед ней

и в самой полосе от мелкозема и в значительной степени прекращает работу по его переносу, приобретая при этом большую кинетическую энергию. По выходе из лесополосы, получив повышенную скорость, она с большей энергией захватывает частицы почвы, снова нагружается до предела и, таким образом, более интенсивно выносит их, выработывая русла. Еще ниже по склону, уже имея более высокую нагрузку, вода более равномерно взмучивает и переносит почвенные частицы. Достигнув следующей лесной полосы, она вновь освобождается от мелкозема, а пройдя полосу, снова с большей энергией производит смыв почвы. Другая причина более интенсивного смыва непосредственно за лесной полосой связана с более рассеянным выходом из лесополосы в поле талой воды и затем ее концентрацией в более крупные ручьи (в виде веера). В условиях поверхностного оттаивания почвы это приводит к тому, что меньшие струи воды, протекающие в большем количестве по оттаившей почве, производят больший смыв, чем крупные струи, которые по достижении мерзлого ложа ослабляют свой врез.

В результате всего этого перед лесной полосой и в полосе происходит кольматаж и увеличивается мощность почвы, а за полосой ее мощность уменьшается вследствие усиленного смыва. Такая картина нами выявлена на Тимашевском пункте при раскопках почвы около лесных полос № 5, 12, 13, 14 и других и в траншее, прорезающей 14-ю полосу (рис. 7). Особенно четко она представлена на ложбинах. Перед лесной полосой и в полосе наносный слой нередко составляет 20-30 см и больше, причем в некоторых случаях он покрывает ранее смытую почву; ниже лесной полосы почва на ложбине, как правило, сильно смытая. На межложбинной площади при частой ложбинности такого перераспределения почвы не наблюдается, так как здесь, как правило, сток с поля в лесополосы не входит. Картина смыва, подобная ходу этого процесса в весну 1955 г., наблюдалась также в 1957 г. и в другие годы. В этом году смыв почвы на полях, окаймленных лесными полосами, и на открытых склонах, был еще больше. В 1955 и 1957 гг. на ложбинах, расчленяющих поля колхоза им. XIX партсъезда, образовались промоины шириной до 0,6-0,9 м и больше на всю глубину пахотного горизонта.

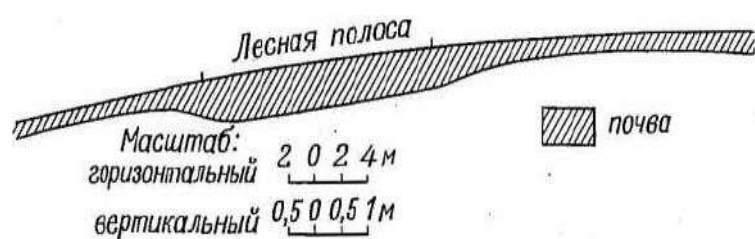


Рис. 7. Распределение смывости почвы и намыва в лесополосе и приопушечной зоне на ложбине. Тимашевский опорный пункт (зарисовка автора)

В главе I отмечалось, что почвенный покров длинных склонов смывается в первую очередь и с наибольшей интенсивностью в ложбинах. Предотвратить или ослабить этот процесс возможно только созданием сети защитных лесонасаждений в сочетании с простейшими гидротехническими устройствами. А. С. Козменко (1963) приводит пример сильного смыва почвы в поле ниже лесной полосы, наблюдавшегося в 1956 г. на Клетском опорном пункте Волгоградской области.

3. Лесная полоса расположена под некоторым углом к падению склона и отводит своей верхней опушкой часть или всю сточную воду в направлении своего протяжения. В этом случае нижележащее поле защищено от смыва почвы подтекающими водами, но создается опасность размыва на путях концентрированного стока. Кроме того, и около верхней опушки лесополосы постепенно образуется промоина, еще больше затрудняющая вступление сточной воды в полосу. Такая картина наблюдается довольно часто. Несмотря на крупные недостатки в работе такой полосы, в общем ее действие надо признать положительным, так как в этом случае резко уменьшается смыв почвы на нижележащем поле. Улучшить ее работу можно устройством около верхней опушки водонаправляющих валиков и обвалованием лесополосы по нижней опушке. Вместе с тем надо принимать меры к закреплению путей стока в местах, где существует угроза размыва (нижележащие крутые отрезки склона и берега гидрографической сети).

Влияние снежного покрова. Наличие в лесных полосах и в приопушечной зоне полей снежного покрова повышенной мощности накладывает свой отпечаток на интенсивность и характер смыва почвы. Снежный шлейф, простирающийся от лесной полосы вверх по склону, играет важную защитную роль против смыва почвы и способствует отложению здесь мелкозема. В этом отношении особенно большое значение имеют прибалочные лесные полосы и насаждения на гидрографической сети. Благодаря повышенной интенсивности снеготаяния на нижних отрезках склонов, особенно инсолируемых, снежный покров (при меньшей или одинаковой с вышележащими отрезками мощности) сходит здесь раньше, и это приводит к сильному смыву обнаженной оттаивающей почвы. Прибалочное лесное насаждение, обуславливая формирование более мощного снежного покрова в присетевой части склона, тем самым способствует значительному уменьшению смыва. На почвозащитную и кольматирующую роль снежного покрова неоднократно обращал внимание А. С. Козменко и другие авторы. Автором

(1955) наблюдалось и описано такое действие снежного покрова в районе г. Камышина. Г. А. Харитонов (1963) подробно описал косвенное противоэрозионное влияние лощинного леса и лесных полос, распространяющееся на вышележащие присетевые участки.

Противоэрозионное действие лесных полос в сочетании с залужением. На сильно смытых и размытых («бросовых») присетевых землях сильнейшим противоэрозионным действием обладает залужение в сочетании с узкими ветроломными и прибалочными лесными полосами, окаймляющими луговые участки снизу и сверху, а при глубоких размывах, и с боков («кольматирующие клетки», по А. С. Козменко). Благодаря улучшению микроклиматических условий и лучшему увлажнению почвы (вследствие снегозадержания) травы образуют хорошую дернину, защищающую почву от эрозии. Снежный покров повышенной мощности и густой травяной покров способствуют кольматации почвенных частиц и повышению плодородия почвы. По данным Т. Г. Глыбина (1958), в луговой полосе шириной 90-100 м задерживается 90% мелкозема. На некогда «бросовых», вследствие сильной эродированности, присетевых землях Новосильской станции им. А. С. Козменко почти полностью прекратились смыв и размыв и намного возросла их продуктивность. При коренном улучшении травостоя (распашке, посеве многолетних трав) с применением азотных удобрений урожай сена, согласно данным Т. Г. Глыбина, обычно составляет 65-75 ц/га; при поверхностном его улучшении (подсев трав, внесение азотной подкормки, боронование) урожай находится на уровне 35-45 ц/га. При этом значительно улучшаются ботанический состав травостоя и качество сена. На немелиорированных присетевых землях (без лесополос) урожай сена обычно составляет около 14-16 ц/га. Приведенные данные свидетельствуют о громадном мелиоративном влиянии противоэрозионных лесных полос, окаймляющих, луговые участки на присетевых землях.

Сочетание леса и луга представляет собой мощное средство против оврагообразования, особенно в условиях лесостепи и северных степей. Широкое применение такого воздействия на присетевые земли намного уменьшит надобность в водозадерживающих валах.

В засушливых районах Юго-востока (например, правобережье Средней и Нижней Волги и Среднего Дона в пределах Саратовской и Волгоградской областей) имеется много сильно размываемых и смытых склоновых земель, которые используются как малопродуктивные выгоны. Применяв коренную гидро-лесо-лугомелиорацию, можно и нужно

ввести их в интенсивное сельскохозяйственное использование. Пути их мелиорации таковы.

1. Проведение землеройных работ по засыпке промоин и размывов глубиной до 2,5-3 м и больше с помощью бульдозера. При засыпке почва распределяется на поверхности обнаженного грунта. В зоне водохранилищ, образующих в низовьях суходольных систем обширные лиманы, для засыпки крупных размывов лощин и оврагов может быть использован метод намывания песка при помощи гидропульпы.

2. Во избежание возникновения новых оврагов на месте образовавшихся ложбин на склоне до начала засыпки размывов устраиваются водоотводящие валы с расстояниями между ними 200-300 м, в зависимости от уклона, а в некоторых случаях водозадерживающие валы.

3. Коренное улучшение травостоя (залужение).

4. Посадка узких лесных полос (при наличии валов – вдоль их нижней границы, без них – через 200-250 м) и однорядных кулис из кустарников через 50 м и их обвалование.

Первые 2-3 года мелиорируемые земли нужно использовать под посевы многолетних трав, а в дальнейшем в зависимости от условий часть их может отводиться в почвозащитный севооборот.

Засыпка глубоких промоин и размывов позволяет соединить в единые массивы разрозненные участки территории и резко повысить их продуктивность. По данным Клетского опорного пункта (В. К. Духнов), затраты по засыпке размывов и возведению валов колеблются от 10-15 до 150 руб. на 1 га. Они быстро окупаются.

Противозэрозийное действие сети лесополос

Рассмотрим это действие на примере противозэрозийного участка опытного хозяйства ВНИАЛМИ¹ (см. рис. 2).

В процессе изучения стока талых вод было установлено, что и на светло-каштановых почвах на полях с многолетними травами и озимыми (уплотненная пашня) формируется довольно, сильный сток, вследствие чего они являются стокообразующими. В то же время выяснилось, что лесные полосы, почти лишенные лесной подстилки, недостаточно поглощают талую и ливневую, воду. Поэтому во все те годы, в которые вышележащие по склону поля были заняты многолетними тра-

¹Примеров анализа противозэрозийного влияния системы лесных полос в севообороте в нашей литературе не имеется.

вами и озимыми, на нижерасположенных полях с зяблевой пахотой наблюдался сильный смыв почвы. Стало ясно, что почвозащитный севооборот при ярусном расположении полей на склонах не обеспечивает в нужной степени защиты почвы от эрозии.

Однако на восточном склоне опытного участка сток входит в лесные полосы лишь в средних их отрезках, вытянутых поперек склона; концевые же отрезки полос отводят сточную воду своей верхней опушкой соответственно в северном и южном направлениях. Вследствие этого поля на восточном склоне частично изолированы от подтока сточных вод. Зато поля, расположенные на северном и южном склонах, в наибольшей степени подвержены эрозии. По данным Ю. Н. Коблева (1963), в 1950 г., смыв почвы на северном участке 4-го поля выражался 19,2-33,8 м³/га, а в 1956 г. достигал приблизительно 80-100 м³/га. Наблюдаемая в период 1960-1966 гг. картина смыва почв в почвозащитном севообороте представлена в сводке (табл. 14).

Из приведенных данных явствует, что во время снеготаяния 1960 и 1961 гг. смыв почвы на 5 и 6-м полях был довольно сильный, хотя сток с зяби в эти годы отсутствовал. В 1961 г. наблюдался очень сильный смыв на запольном участке, где летом предыдущего года высеяли многолетние травы. Это объясняется, с одной стороны, формированием на травах сильного стока, а с другой, – их слабой защитной способностью при слабой сомкнутости травостоя. В 1962 г. зяблевой пахоты в нижнем ярусе, куда мог бы поступать сток с вышележащих стокообразующих полей, не было, поэтому смыв был незначительный, в т. ч. и на поле с озимой рожью.

В период 1960-1962 гг. летом выпадали значительные ливни, во время которых сток составлял около 4-5 мм и больше. Особенно высокой интенсивностью отличался ливень 4 июля 1962 г. (см. табл. 12). В 1960 г. смыв почвы на запольном участке, подготовленном под посев многолетних трав, составил около 16 м³/га, а в 1961 г. на травах весеннего посева (6-е поле) и на пару (5-е поле) он в среднем за сезон равнялся соответственно 21 и 26 м³/га. В то же время на северном участке 4-го поля (ячмень), который ранее был подвержен сильной эрозии, смыва в 1961 г. практически не было. В 1962 г., когда этот участок находился в пару, смыв во время ливня 4 июля был незначительный, в среднем для поля не более 1 м³/га. На западной оконечности поля, где около нижней опушки 12-й лесополосы отсутствовал вал, образовалась большая промоина на всю ширину поля (50 м): вы-

Таблица 14

Смыв почвы на полях почвозащитного севооборота опытного хозяйства ВНИИЛМИ в г. Волгограде
Сведения о стоке приведены в табл. 12

Год	Смыв талыми водами		номер поля, агрофон	Смыв ливневыми водами	
	характер и величина смыва	характер и величина смыва		номер поля, агрофон	характер и величина смыва
1	2	3	4	5	
1960	5-е поле (южный участок, 6-6,5°), зябрь	Сток с вышележащих полей. Смыв в верхней части поля 12 м ³ /га, в нижней - 5,6 м ³ /га. Смыв по ложбинам 1-1,5 м ³ на 90 м протяженности	Запольный участок (8-12°), пар	Сток из лесной полосы и собственной. Смыв в среднем около 16 м ³ /га	
1961	4-е поле (северный участок, 5-8°), зябрь	Сток с вышележащих полей отводился обвалованной лесополосой № 12 Смыва не было	4-е поле, ячмень	Сток задерживался обвалованной лесополосой № 12, следов смыва почти не было	
	6-е поле (7-7,5°), зябрь	Сток поступал с 1, 2 и 7-го полей преимущественно по ложбинам, пар смыв 122 м ³ на 90 м протяженности	5-е поле, черный пар	Сток с вышележащих полей и собственной площади. Смыв за период 28/IV-3/V: на верхнем профиле 14,7, на нижнем - 12,7 м ³ /га; 9/VI соответственно 15 и 11 м ³ /га	
	Запольный участок Летний 1960 г. посеяв трав	Сток из лесной полосы № 13 и собственной площади. Смыв почвы на разных участках варьировал от 8,3 до 24 м ³ /га	6-е поле, весенний посев трав	Смыв за первый период: на верхнем профиле 13,7 м ³ /га, на нижнем - 24,7 м ³ /га; за второй период: на верхнем профиле 1,4 м ³ /га, на нижнем - 2,7 м ³ /га	
1962	3-е поле (3,5-4°) зябрь	Сток с вышележащей площади не поступал. Смыв по обычной пахоте отсутствовал, по заборонванной составлял около 0,3 м ³ /га	4-е поле (северный участок), черный пар. Выше обвалованная лесополоса № 12	1. Сток с вышележащих полей не поступал. Смыв в среднем для поля не превышал 1 м ³ /га	

Продолжение табл. 14

1.	2	3	4	5
1962				2. В западном конце поля, где не было вала, образовалась промоина шириной 0,65-1,0 м на глубину 0,17-0,22 м; и; вынос почвы 8,3 м ³
	5-е поле (южный участок), озимая рожь	Смыв около 0,5 м ³ /га		
	6-е поле, многолетние травы	Смыв незначительный, около 0,1 м ³ /га	4-е поле (восточный участок)	Смыв в целом небольшой, однако на отдельных крутых отрезках склона достигал 10 м ³ /га
1963	1, 2 и 3-е поля, зябрь	Собственный сток и подтекающая вода. Смыв в среднем составил 12-15 м ³ /га, а кое-где достигал 37 м/га		
	4-е поле (северный участок), озимые	Во время январского паводка сток с вышележащих полей отводился обвалованной лесополосой № 12 и смыв был незначительный. В периоды последующих зимних и весенних паводков талая вода переливалась через вал. Смыв почвы составлял: на верхнем профиле (5 м ниже полосы) 44,1 м ³ /га, с колебаниями на разных отрезках профиля от 13,7 до 87,5 м ³ /га; общее количество водоросей 142 шт., среднее сечение одной водороси 142,1 см ² . На нижнем профиле (40 м ниже лесополосы) 38,7 м ³ /га с колебаниями 7,6 до 67,4 м ³ /га; количество водоросей 84, среднее сечение водороси 212,3 см ² . Средняя для поля величина смыва 41,4 м ³ /га		
	То же, восточный участок (3,5-4,5°)	Смыв в среднем составил 15-20 м ³ /га		
	5, 6 и 7-е поля, трава, смесь	Смыв около 0,5-1,0 м ³ /га		
1964	6-е поле, зябрь	На части поля, где вышележащая лесополоса № 17 обвалована, смыв отсутствовал. На участке, где вала нет, наблюдался значительный смыв по ложбинам. На других полях смыв не превышал 0,3 м ³ /га; на забронированной зяби 5,2 м ³ /га		

Окончание табл. 14

1	2	3	4	5
1965	1-е поле (3-5°), озимая пшеница	Величина смыва в среднем составила 0,6 м ³ /га	Стока и смыва не было	
	4-е поле (северный участок), зябь	Смыв колебался от 4 м ³ /га на обычной зяби до 12,1 м ³ /га на заборонованной. На других полях с зяблевой пахотой смыв не превышал 0,5 м ³ /га	То же	
	7-е поле (4-6°), травосмесь	Смыв незначительный, в среднем не более 0,5 м ³ /га		Во время ливня 29 мая сток с вышележащих полей не поступал. Смыв на ложбинах колебался от 0,24 м ³ /га на паровом поле до 0,71 м ³ /га на травосмеси весеннего посева
1966	1, 2 и 3-е поля, зябь	Смыв практически отсутствовал		Стока и смыва не было
	4-е поле, озимь	Смыв незначительный		
	5 и 7-е поля, зябь	Смыв отсутствовал, за исключением участков с заборонованной зябью, где он равнялся около 1,8-3,7 м ³ /га		

нос почвы составил $8,3 \text{ м}^3$. При отсутствии приопушечного вала все поле было бы изрезано подобными промоинами.

Во время снеготаяния 1964-1966 гг. и при выпадении ливневых осадков (1965 г.) на полях, ранее подверженных сильной эрозии, а теперь защищенных обвалованными лесными полосами, смыв был небольшой или отсутствовал. Лишь в 1965 г. на заборонованной осенью площадке зяблевой пахоты, где сформировался значительный сток, он составил около $12 \text{ м}^3/\text{га}$.

Следует особо остановиться на процессах смыва в зимне-весенний период 1963 г., отличавшийся исключительной многоводностью (в этом году было несколько сильных оттепелей, сопровождавшихся половодьями). В частности, большой интерес представляет работа обвалованной 12-й лесополосы. Насыпанный двукратным проходом плантажного плуга приопушечный вал в результате хождения по нему при сборе золотистой смородины несколько расплылся и понизился. Во время январского паводка талая вода, вступавшая в лесополосу, благодаря наличию вала и малой мощности снежного покрова в полосе отводилась внутри лесополосы, и 4-е поле с озимой пшеницей было защищено от смыва, за исключением отдельных небольших участков. Во время февральского и мартовских паводков быстрому продвижению талой воды вдоль лесополосы препятствовал снежный покров, высотой 60-70 см, и она лишь частично отводилась и сбрасывалась в конце лесополосы; в большей своей части вода переливалась через вал (в некоторых местах размывала его) и сильно смывала почву. Средняя для поля величина смыва выразилась в $41,3 \text{ м}^3/\text{га}$ при колебаниях на отдельных его элементах от 7 до $87,5 \text{ м}^3/\text{га}$.

Вышеизложенное свидетельствует, с одной стороны, о высокой противозрозионной эффективности обвалования лесных полос, а с другой – о недостаточной высоте вала, (0,4-0,5 м) для выполнения функции отвода стока на более крутых склонах. Для беспрепятственного отвода талых вод необходимо, чтобы гребень вала был обнажен от снега. Осенью 1963 г. высота вала была увеличена при помощи бульдозера до 0,7-0,8 м.

Из фактов очень больших колебаний величин смыва на различных отрезках профилей, подтверждаемых аналогичными данными, полученными на полях безлесных полос, вытекает важный вывод методического характера: для сравнительной характеристики величин смыва почвы на различных агрофонах в производственных условиях,

когда нет точных данных о величинах и характере стока, нельзя ограничиваться учетом смыва на коротких профилях (50-60 м); их протяженность должна составлять не менее 100-150 м.

Вернемся к характеристике смыва на полях. На восточном участке 4-го поля величина смыва в 1963 г. в среднем составляла 15-20 м³/га при наибольшем смыве в ложбинах. Вынесенная по ложбинам почва отлагалась около лесных полос перед верхними приопушечными валами (рис. 8).



Рис. 8. Отложение мелкозема перед верхним приопушечным валом на ложбине. Опытное хозяйство ВНИАЛМИ в г. Волгограде (фото автора)

На полях с зяблевой пахотой, расположенных в верхних и средних отрезках склонов, величина смыва в среднем составляла 12-15 м³/га, а на некоторых участках достигала 37 м³/га и больше. Продукты смыва с 1-го поля в значительной части отлагались перед 17-й лесополосой и в самой полосе, чему способствовал снежный сугроб (рис. 9). Толщина наносов на отдельных участках лесополосы достигала 5-8 см. Такая же картина наблюдалась и в 12-й лесополосе.

Кольматаж мелкозема в лесных полосах – в общем положительное явление, однако если ниже лесополосы расположены незащищенные или слабозащищенные поля, это способствует интенсивному смыву на них, особенно в непосредственной близости от полосы. На этом вопросе мы уже останавливались при рассмотрении процессов смыва на Тимашевском опорном пункте. Обратимся еще раз к нему в связи с приведенными материалами по смыву в почвозащитном севообороте.

Из табл. 14 видно, что в 5-м поле как во время снеготаяния (1960 г.), так и при выпадении ливневых осадков (1961 г.) на верхнем профиле смыв был значительно больше, чем на нижнем. Такая же картина обнаружилась и на 4-м поле в весну 1963 г., причем на верх-



Рис. 9. Отложение мелкозема на снежном сугробе в лесополосе. Опытное хозяйство ВНИАЛМИ в г. Волгограде (фото автора)

нем профиле отмечено больше водороев, но с меньшим средним сечением, чем на нижнем. В 1961 г. такой инверсии в распределении смыва (при ливне) в 6-м поле не было, потому что, проходя через прокультивированную 17-ю лесополосу, сточная вода захватывала частицы почвы и становилась сильно мутной. Мы уже отмечали, что повышенная интенсивность смыва в верхней части поля (ниже лесной полосы) объясняется поступлением сюда очищенной от взмученных частиц талой воды, обладающей большой кинетической энергией и эродирующей способностью, чем мутная вода. Разгрузка сточной воды от мелкозема происходит при ее прохождении через обвалованную лесную полосу со снежным сугробом или через полосу с лесной подстилкой или дерниной. Подобная картина распределения смыва наблюдается и в других случаях, когда по каким-либо причинам мелкозем осаждается из ручьев и вода затем поступает на участок склона с незащищенной почвой, частицы которой способны легко отделяться и уноситься. С другой стороны, это отчасти также связано с большей распыленностью стока в верхней части поля, обуславливающей более высокую интенсивность смыва оттаивающей сверху почвы.

Все изложенное о характере и распределении смыва почв в сети защитных лесных полос еще раз показывает, что для эффективного уменьшения эрозии на полях требуется широкое сочетание лесных полос с простейшими гидротехническими устройствами. В ряде случаев и при недостаточном водопоглощении в обвалованной лесополосе она может сослужить большую службу в отводе стока с вышележащего поля и защите поля, расположенного ниже по склону.

Глава V

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ

Особенности режима грунтовых вод в оазисах с лесными полосами

Как известно, под лесными полосами благодаря значительным скоплениям в них снега и просачиванию талой воды в почву и грунт происходит подъем грунтовых вод, что способствует подпитыванию и дополнительному увлажнению прилегающих полей. Важную гидрологическую роль лесных насаждений в свое время отмечал В. В. Докучаев (1892).

Г. Н. Высоцкий (1937), наблюдавший подъем грунтовых вод под опушками леса, блюдцами и т. д., предсказал, что потускулярное питание грунтовых вод будет происходить и под лесными полосами. Подъем грунтовых вод под лесополосами Тимашевского опорного пункта Куйбышевской области отмечали в 1938-1940 гг. Н. В. Родников (1941) и в 1941-1942 гг. Н. М. Горшенин (1950). Большую работу по изучению режима грунтовых вод на этом пункте провела Т. И. Алифанова (1959). В Каменностепном оазисе многолетние исследования грунтовых вод проведены Г. Ф. Басовым (1963).

На Тимашевском опорном пункте согласно данным Т. И. Алифановой грунтовая вода под лесополосами за 11-летний период (1950-1961 гг.) весной в большинстве случаев поднималась на 2-4 м, а в некоторых случаях на 3-5 м, по сравнению с ее уровнем зимой. В некоторые годы ее подъем не превышал 1 м. Стабильное положение зеркала воды на приводораздельной площади находилось на 4-7 м и на склоне на 5-6 м от поверхности, а на середине межполосного поля на 10-10,5 м, поднимаясь в некоторые годы (1956-1957) до 8,5-9 м. Грунтовый сток воды от лесной полосы в сторону поля в сыртовых глинах происходит в среднем около 2,5-3 месяцев.

Г. Ф. Басов (1963), проанализировав материалы за 65-летний период, установил периодичность в положении межвенного уровня грунтовых вод (на 1 сентября) в Каменностепном оазисе. Наиболее высокое их положение наблюдалось в 1897, 1908, 1919, 1929, 1942, 1948, 1958 гг., а самое низкое – в 1891-1892, 1901-1904, 1914, 1925, 1939, 1957 гг. В качестве водоупора в Каменной степи служит морена днепровского оледенения. В период 1941-1951 гг. величина весеннего подъема уровня грунтовых вод колебалась в разных лесных полосах:

от 0,47 до 3,88 м; от 0,88 до 3,92 м; от 0,55 до 2,51 м. Наибольший подъем воды наблюдался в лесополосах с большими снегозапасами. Согласно замерам во время зимнего минимума в декабре на большей части территории стационара зеркало грунтовых вод находилось на глубине 5-6 м, а на некоторых участках – на глубине 3,28-4,7 м. Установлено, что длительное более высокое стояние грунтовой воды под лесными полосами создавало подпор для грунтовых вод вышележащей степи с образованием обратного уклона их зеркала и замедляло их сток, способствуя более высокому капиллярному поднятию, влаги и повышению влажности почвы.

На Новосильской станции им. А. С. Козменко в период 1957-1961 гг. В. А. Карговым (1967) изучался вопрос о формировании и передвижении верховодки в связи с гидрологическим влиянием широких (100 м) водопоглощающих лесных полос на склонах. В весну 1958 г. верховодка в 1-й водопоглощающей полосе и нижней приопушечной зоне ее была у поверхности, а в конце июля – начале августа понизилась до 2,5 м. Вода продвигалась внутрипочвенным и внутригрунтовым током в сторону поля и в конце мая была обнаружена на расстоянии 400 м от лесной полосы на глубине около 2,5 м. В 1959 г. верховодка была маломощная, о чем свидетельствует кратковременность ее нахождения и малая дальность распространения, а в 1960 г. она наблюдалась лишь в лесополосе и приопушечной зоне до 25 м; в 1961 г. верховодка также была маломощная. Уровень верховодки связан также с обильными осадками теплого периода. Это означает, что в специфических гидрогеологических условиях верховодка может сформироваться и без потускулярного питания в лесных полосах, а лишь за счет просачивания в почву атмосферных осадков.

Выше мы видели, что в обвалованных лесных полосах величины водопоглощения намного больше, чем без обвалования. На этом основании можно заключить, что сочетание лесных полос с простейшими гидротехническими устройствами может при умеренной облесенности территории оказать сильное влияние на изменение ее гидрологического режима вообще и на преобразование водного баланса сельскохозяйственных полей, в частности. Этот вопрос до сих пор агролесомелиораторами и гидрологами не изучался, и в нашем распоряжении имеются лишь немногочисленные материалы, полученные в последние годы в результате наблюдений и исследований в опытной сети ВНИАЛМИ.

Формирование верхнего горизонта грунтовых вод на склоне с водозадерживающими валами Новосильской станции им. А. С. Козменко

Водозадерживающее и противозэрозийное действие валов с канавами. Водозадерживающие валы с канавами на Новосильской станции представляют собой целую систему, охватывая водосбор 3-го отвершка Одинокского суходола, площадью 72,5 га. Они расположены на склоне южной экспозиции с расстоянием от 80 до 160 м (см. рис. 6). Высота вала 0,9 м, ширина, поверху 0,4 м, глубина канавы перед валом 1,2 м. Валы расположены по горизонталям, но в отдельных случаях на ложбинах проведены прямолинейно, в связи с чем их высота здесь увеличена до 1,6 м. Рабочая высота вала 0,66 м, ширина прудка перед валом 20-25 м 1 пог. м вала способен задержать от 7,25 до 7,85 м³ воды, или 50-80 мм.

Указанная система валов создана под непосредственным руководством А. С. Козменко в период 1928-1932 гг. Работы по насыпке валов выполнялись вручную. Как следствие обвалования склона концевой размыв в зоне 3-го отвершка полностью прекратился. На валах (за исключением 1, 7 и 8) в 1933 г. был высажен в 1-2 ряда кустарник: лещина, желтая акация и клен татарский; в 1946 г. за валами посадили лесные полосы из тополя бальзамического шириной 10-20 м. В настоящее время высота деревьев в полосах достигла 10-12 м. Таким образом, обвалованный водосбор представляет собой сочетание валов и канав с лесными полосами.

О водозадерживающей и противозэрозийной эффективности валов в период 1932-1938 гг. можно судить по данным табл. 15, составленной на основании научных отчетов гидролога Новосильской станции А. Д. Ивановского (данные за 1935 и 1936 гг., не сохранились).

Таким образом, сток талых вод с обвалованного водосбора был в 3-4 раза, а в 1937 г. в 7 раз меньше, чем с контрольного необвалованного; во время ливня 21 июля 1933 г. сток с обвалованного водосбора был незначительный, с контрольного он был в 16 раз больше. Следует отметить, что до устройства водозадерживающих валов коэффициент стока, согласно тем же данным, колебался в пределах от 0,73 до 0,77. В связи с сокращением стока почти полностью прекратились и эрозийные процессы.

Показатели стока на склоне с валами (Новосильская АГЛЮС)

Год	Категория вод	Запасы снеговой воды или слой ливневых осадков, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Характеристика стока с контрольного водосбора
1932	Талые	170	97,0	0,57	-
1933	Талые	116	19,7	0,17	Сток в 4 раза больше
	Ливневые (21/VI)	35	0,4	0,012	Сток в 16 раз больше
1934	Талые	92	24,9	0,27	Сток в 3 раза больше
1937	- " -	122	12,8	0,105	Сток в 7 раз больше
1938	- " -	98	18,2	0,186	Сток в 4 раза больше

Примечание. В 1932 г. валы были прорваны в 15 местах. В 1937 г. сток поступал лишь с водосборов двух валов, остальные валы полностью его задержали.

Необходимо подчеркнуть, что водозадерживающая эффективность валов и канав со временем увеличивается. А. С. Козменко (1949) писал, что после 5-летнего пребывания валов на пахотном: склоне значительно уменьшилось заполнение талой водой образуемых ими емкостей, в то время как в первые годы после устройства валов они переполнялись. А. С. Козменко высказал предположение, что это явление связано с прекращением эрозии и улучшением почвенной структуры; почва как бы «отдохнула» и стала более водопроницаемой. Это, а также углубление пахотного горизонта и повышение культуры земледелия вместе с влиянием мелиоративных лесных насаждений, конечно, благоприятствует лучшему просачиванию талой воды в почву на водосборе с валами, и, следовательно, уменьшает сток. Кроме того, важную роль в поглощении талых вод и уменьшении стока должно было сыграть повышение интенсивности просачивания воды в самих канавах и в ближайшей к ним зоне. При устройстве канав и валов, почва была сильно уплотнена, со временем же в процессе задернения и проработки почвенной фауной (особенно червями) ее инфильтрационная способность сильно возросла. К тому же образование снежных шлейфов в связи с созданием около валов лесных полос уменьшило здесь промерзание почвы. Именно этим можно объяснить, что если в первые годы вода в прудках перед валами стояла до 2 недель, а в последующее время около 3-4 дней, то в настоящее время прудки вообще: редко образуются.

Можно с достаточным основанием полагать, что выращивание около валов лесных полос намного повысило водопоглощающее действие канав, в связи с чем общая водозадерживающая, емкость валов и канав намного превысила расчетную. В связи с этим мы приходим к выводу, что в аналогичных условиях при проектировании водозадерживающих валов с канавами расстояния между ними могли бы быть увеличены приблизительно в 2 раза и это незначительно уменьшило бы их водорегулирующее действие. Однако в настоящее время практичнее устраивать в водопоглощающих лесных полосах прерывистые канавы с валами.

Влияние геологических условий на формирование верхнего горизонта грунтовых вод. Необходимо отметить связь верхнего горизонта грунтовых вод с геологическим строением местности, в частности с характером четвертичных отложений и положением водоупора.

В качестве водоупора для верхнего горизонта грунтовых вод могут служить различные породы. В условиях Сыртового Заволжья им может быть красно-бурая глина, акчагыльская глина и древний элювий различных коренных пород. В центральных районах, находившаяся под ледником в эпоху днепровского оледенения, водоупором (например, в Каменной степи) может служить морена, залегающая на красно-бурых глинах. На Придеснянской стоковой станции Черниговской области (бассейн р. Головесни) верхние два горизонта грунтовых вод также подпираются соответственно мореной и красно-бурой или пестрой глиной (И. С. Шпак, 1961). На территории Новосильской станции, расположенной в районе Среднерусской возвышенности, не покрывавшейся ледником, с сравнительно небольшой мощностью покровных лёссовидных суглинков и близким залеганием коренных пород водоупором может служить дочетвертичный элювий – делювий коренных пород, нижнечетвертичные песчано-глинистые образования, а также лёссовидная глина второго лёссового яруса. Однако грунтовая вода в четвертичных отложениях в ряде случаев отсутствует.

В связи с изучением вопроса о влиянии водозадерживающих валов Новосильской станции на формирование грунтовых вод нам пришлось провести бурение до коренных пород и построить геолого-геоморфологический профиль склона с валами. Описание пород приводится ниже (рис. 10).

1. Почва – серая лесная среднесуглинистая с тяжелосуглинистыми иллювиальными горизонтами. Мощность А + В – 0,8-1,0 м и больше.

2. Суглинок светло-бурый, средний и тяжелый, крупнопылеватый, местами с легкосуглинистыми прослойками, лёссовидный – (лёсс). Вски-

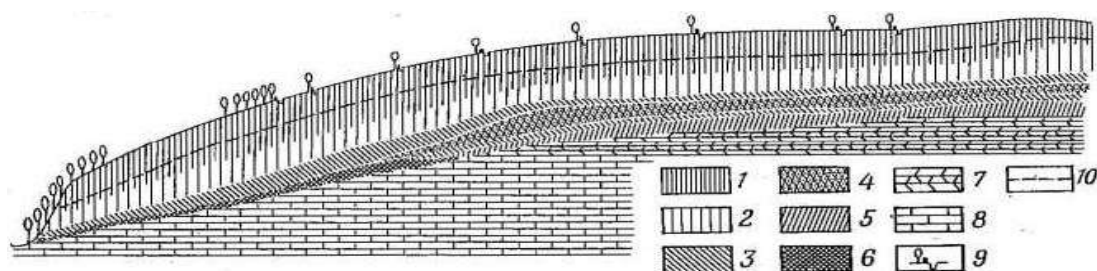


Рис. 10. Геологический профиль склона с валами на Новосильской АГЛОС им. А. С. Козменко (по Г. П. Сурмачу):

1 – светло-бурый суглинок (лёсс); 2 – оранжево-бурая опесчаненная легкая лёссовидная глина; 3 – желто-оранжевая и буро-коричневая песчанистая глина с прослойками песка; 4 – желто-оранжевый глинистый песок с прослоями песчаного суглинка; 5 – желто-оранжевая плотная тяжелая глина; 6 – пестрая с охристыми пятнами глина, чередуется с прослойками суглинка и песка; 7 – юрские песчано-глинистые отложения; 8 – известняки верхнего девона; 9 – водозадерживающий вал с канавой и лесной опушкой; 10 – верхняя граница вскипания с HCl

пание с 10%-ной соляной кислотой начинается с глубины 1,8-2,0 м, а на водоразделе дутики вскипают с 1,4 м. Местами имеется прослойка белого сильно карбонатного суглинка мощностью до 1-1,4 м. В приводораздельной части склона, начиная с глубины 1-1,5 м, суглинок в различной степени оглеен. Общая мощность, включая почву, 2,9-3,3 м.

3. Бурая с оранжевым оттенком лёссовидная опесчаненная легкая глина (содержание крупнопесчаных частиц до 7%), не вскипает с соляной кислотой, имеются рудяковые зерна (местами в большом количестве), а также хрящ. Мощность 1,1-1,8 м.

4. Песчано-глинистые напластования. Прослойки опесчаненной глины или тяжелого суглинка чередуются с глинистым песком, мощностью до 1 м и больше. Внизу прослойки жирной глины. Преобладают желто-оранжевые (охристые) и красно-бурые (алые) цвета, в самом низу – пятна и прослойки серо-голубого цвета. Мощность 2-3 м.

5. Коренные породы: а) юрские песчано-глинистые отложения с прослойками железистого песчаника; б) известняки верхнего девона.

Из рисунка и приведенного описания следует, что толща делювиальных лёссовидных отложений имеет небольшую мощность – около 4-5 м и состоит из двух горизонтов. Верхний горизонт представлен пылеватым лёссовидным суглинком с заметной слоистостью, а нижний – преимущественно легкой, несколько опесчаненной бурой глиной. Как отмечается в геологической литературе (В. К. Сурин, 1960), они формировались в днепровско-валдайскую межледниковую

эпоху, разделенную некоторым периодом похолодания, связанным с московской стадией днепровского оледенения. Образование нижележащих песчано-глинистых отложений относится к нижнечетвертичному периоду, а прослоев жирной глины в самом низу – возможно к дочетвертичному. По своему происхождению это, по-видимому, делювиально-пролювиальные и делювиально-озерные отложения. К низу склона они постепенно выклиниваются, и лёссовидные суглинки залегают непосредственно на девонском известняке. Отметим, что в районе Новосильской станции коренные породы в наиболее возвышенных пунктах выходят к дневной поверхности, будучи прикрыты тонким слоем аллювия – делювия.

Из описания геологического профиля можно заключить, что нижняя серия отложений, где чередуются прослойки глины, суглинка и песка, является достаточным водоупором для грунтовой воды. Как известно, слоистые грунты из-за действия менисковых сил в зоне резкого изменения диаметров капилляров представляют собой большее препятствие для просачивания воды в грунт (А. Ф. Лебедев, 1936; С. И. Долгов, 1948; А. А. Роде, 1952). Прослой жирной глины являются хорошим водоупором. Горизонт легкой лёссовидной глины может служить относительным водоупором, и на нем может формироваться временная верховодка, что и наблюдается в действительности.

Толща лёссовидных пород, а также нижележащие песчаные и супесчаные прослойки представляют собой тот резервуар, в котором может находиться грунтовая вода. Заполнение этого резервуара и содержание в нем грунтовой воды зависит, с одной стороны, от интенсивности просачивания атмосферных осадков в почву и грунт, а с другой – от скорости грунтового стока, обусловленного в свою очередь степенью расчлененности территории гидрографической сетью и ее изрезанностью оврагами, а также наличием песчаных прослоев, могущих быть каналами усиленного грунтового стока.

Образование и наличие верхнего горизонта грунтовых вод на междуречных территориях связано с покровными отложениями. Совместимость толщи лёссовых пород зависит от ее мощности; чем она больше, тем мощнее может образоваться горизонт грунтовой воды. Однако в современных физико-географических и хозяйственных условиях при большой мощности однородной покровной породы и глубоком положении водоупора грунтовая вода находится далеко от поверхности. С другой стороны, при малой мощности покровных пород и близком во-

доупоре грунтовая вода, или верховодка, должна быстрее формироваться, причем близко от поверхности.

Появление верхнего горизонта грунтовой воды на склоне с валами. Возникает вопрос, почему в покровных отложениях района Новосильской станции и других аналогичных территорий отсутствует или имеется лишь весьма скудный горизонт грунтовой воды, и их наличные емкости не заполнены? В I главе отмечалось, что в условиях девственных степей в лесостепи атмосферные осадки намного больше, чем в период земледельческой культуры, просачивались в почву и грунт, поэтому положение грунтовых вод было более высокое и функционировали обильные водные источники. Грунтовая вода в покровных отложениях должна была быть повсеместно. Благодаря промежуточным относительным водоупорам на соответствующей глубине формировалась временная верховодка, вследствие чего развивались признаки гидроморфного, почвообразования и зоны гидроморфной аккумуляции. Так, карбонатные скопления в верхнем ярусе лёссовидного суглинка и образование белесой прослойки мощностью до 1-1,4 м возникли, на наш взгляд, благодаря периодическому функционированию верховодки.

С развитием земледельческой культуры и резким усилением поверхностного стока сильно сократилось питание грунтовых вод атмосферными осадками и увеличился их расход в связи с интенсивным оврагообразованием. В результате этого в сильно расчлененных районах с малой мощностью покровных отложений маломощный горизонт грунтовых вод во многих случаях полностью исчез. Так, согласно исследованиям А. С. Козменко, на территории Новосильской станции до устройства водозадерживающих валов и посадки лесных насаждений грунтовой воды в покровных отложениях не было. Основной ее горизонт находился на глубине 40-120 м от поверхности.

В настоящее время трудно точно определить, в какой момент на Новосильской станции началось формирование верхнего горизонта грунтовой воды в покровных отложениях на водосборе с водозадерживающими валами, так как соответствующих наблюдений не проводили. По-видимому, этот процесс начался сразу же, как только валы с канавами стали эффективно задерживать сток. В научных отчетах станции (А. С. Козменко и А. Д. Ивановского) имеется упоминание о сильном переувлажнении весной почвы ниже Жердевского вала, что создавало помехи для проезда транспорта. 20 лет спустя после создания системы водозадерживающих валов

3 июля 1952 г. при описании почвенного разреза № 164, заложенного на водоразделе в 120 м выше 1-й водорегулирующей лесной полосы и 150 м выше вала, нами отмечено на глубине 130-160 см и ниже оглеение, что свидетельствует о значительном периодическом переувлажнении нижней части почвенного профиля. Тогда же в упомянутой лесополосе и нижележащей приопушечной зоне до 100 м была обнаружена на глубине 1,75-2,0 м верховодка. Формирование верховодки можно объяснить, во-первых, наличием на небольшой глубине относительного водоупора в виде легкой лёссовидной глины (второй горизонт лёссовой толщи) и, во-вторых, подпором грунтовой воды, вследствие наличия ниже по склону водозадерживающего вала и 1-й водопоглощающей лесной полосы.

Для систематических наблюдений за зеркалом грунтовой воды в приводораздельной и средней части продольного профиля обвалованного склона в 1965 г, заложили смотровые скважины на глубину 3 м; большее их заглубление затруднялось из-за грунтовой воды и плывуна. Летом 1967 г. в нижней части склона оборудовали три смотровые скважины на глубину 7,3 м (до коренных пород). Параллельно гидрологическому профилю обвалованного склона в 120 м от него (ближе к отвершку № 2 Одинокского суходола) в 1965 г. были заложены четыре скважины на необвалованной части склона. Грунтовая вода на параллельном профиле образуется за счет вхождения сточных вод в зону валов и канав и внутригрунтового продвижения в сторону 2-го отвершка, чему способствует геоморфологический и гидрологический уклон в этом направлении. Наблюдения за горизонтом грунтовой воды начали проводить с 21 июня 1965 г. Сильные летние дожди 1965 г. (за июнь – август выпало 243 мм) обусловили довольно устойчивое положение горизонта грунтовой воды на расстоянии от поверхности около 1,5-3 м и ближе. В течение сентября и октября уровень воды несколько понизился. В облесенном размыве второго отвершка Одинокского суходола функционировал родник, что указывает на грунтовой сток в сторону этого отвершка.

В середине декабря 1965 г. горизонт грунтовой воды на первом гидрологическом профиле находился в различных точках на расстояниях 2-2,5-3,2 м от поверхности, в январе 1966 г. он повысился (за счет просачивания талой воды во время оттепелей) до 1,5-2,0-3,0 м, а в феврале снова несколько опустился. В течение марта и апреля уровень грунтовой воды повышался и 22-25 апреля достиг наивысшего положе-

ния – 0,3-0,6 м, а в некоторых скважинах 2 м от поверхности; в скважине № 8 он был у поверхности (рис. 11). В дальнейшем он понижался и к середине июля занял приблизительно такое же положение, как в декабре предыдущего года. Наименьшим колебаниям горизонт грунтовой воды подвергался в 3-й смотровой скважине, наибольшим – в скважинах 1 и 8-й. Это связано в первом случае с более глубоким, а во втором – с более близким к поверхности положением водоупора (рельеф водоупора), обуславливающим при более глубоком его положении медленный подъем и отток воды, а при более мелком – быстрый.

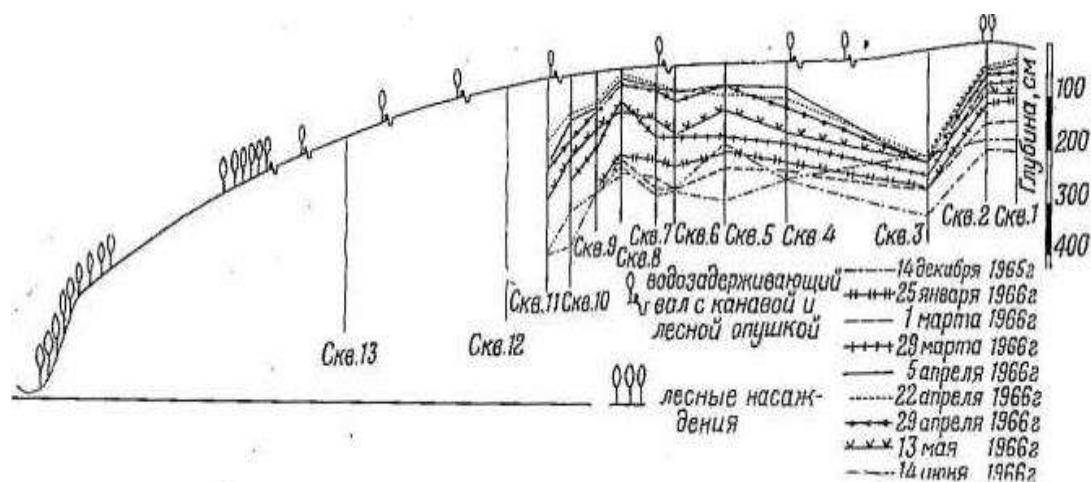


Рис. 11. Положение устойчивой верховодки на склоне с валами. Новосильская АГЛОС им. А. С. Козменко, 1965-1966 гг. (чертеж автора)

На параллельном гидрологическом профиле (без валов) горизонт грунтовой воды в соответствующие сроки был на 1-1,5 м ниже, чем на профиле с валами. Как отмечалось, наличие здесь грунтовой воды связано с внутригрунтовым ее продвижением от обвалованной части водосбора. В верховье облесённого концевого размыва 2-го отвершка Одинокского суходола в 1966 г; функционировал родник с дебитом около 5-10 м³ в сутки, питаемый внутригрунтовым стоком с обвалованной части водосбора.

В связи с тем, что по мере движения к низу склона водоупорные прослой удаляются от поверхности и затем выклиниваются, горизонт грунтовой воды понижается в том же направлении. В 1967 г. с исключительно сильным весенним стоком в приводораздельной части обвалованного склона в течение лета наблюдалось более низкое положение грунтовой воды по сравнению, с предыдущими годами, а в нижней его

части она отсутствовала; родник в вершине 2-го отвершка Одинокского суходола не функционировал.

Следует отметить, что количество осадков за последние десятилетия не увеличилось, а, наоборот, даже несколько уменьшилось по сравнению с предшествующим периодом. Так, за период 1925-1937 гг. среднегодовое их количество (по метеостанции Одиноки) составило 562 мм, за 1948-1957 гг. оно равнялось 535 мм, а в 1957-1967 гг. – 500 мм. Конечно, доля поступающих в почву атмосферных осадков обуславливается не только их количеством, но при прочих равных условиях также и гидрометеорологическими условиями года. В последнее десятилетие со слабым весенним стоком были годы 1961, 1962, 1966 и в меньшей степени 1964, а в предшествующем десятилетии 1955 и 1957 гг. Систематических сведений о водности весны за более ранний период не имеется. Таким образом, появление устойчивой верховодки на склоне с валами связано исключительно с их водозадерживающим действием.

Как правило, мощность лёссовидных отложений к низу склона увеличивается, поэтому и уровень грунтовой воды в присетевой зоне должен находиться глубже. Впрочем, имеются случаи выклинивания водных источников в нижних элементах склонов, что бывает связано с выходом к поверхности породы, служащей водоупором. Близкое к поверхности положение капиллярной каймы (в зоне распространения корней растений) может способствовать формированию более высоких урожаев, особенно в засушливые годы.

Однако не на всякой территории с сетью лесополос, усиленных водозадерживающими валами и канавами, может сформироваться новый горизонт грунтовой воды близко к поверхности. В районах с очень мощным горизонтом однородного лёсса, особенно когда он подстилается песками, гравитационная вода будет быстро просачиваться в грунтовые воды и сбрасываться в речную сеть. Подобный случай можно иллюстрировать следующим примером. На территории Курской зональной опытно-мелиоративной станции (КЗОМС), расположенной в Льговском районе, в 1951 г. был построен на склоне водоем-копань (емкостью 53 тыс. м³), собирающий в себе при помощи водонаправляющих канав с валиками сточную воду с вышележащих полей (А. Н. Корягин, П. И. Аксенов, 1964). Воду использовали для орошения. Ежегодно после весеннего снеготаяния в дно копани просачивается значительный слой воды; при этом не отмечено формирования нового горизонта грунтовой воды.

Влияние обвалованных лесных полос на повышение зеркала грунтовых вод и создание верховодки

В настоящее время по этому вопросу имеются лишь кратковременные наблюдения. Так, на Тимашевском опорном пункте, после того, как нами в 1956 г. были насыпаны в двух ложбинах валы по нижней опушке аллеи лесной полосы, Т. И. Алифанова зафиксировала в смотровой скважине резкий подъем грунтовой воды.

На Поволжской АГЛОС в весну 1959 г. Л. Г. Боченко обнаружила верховодку около лесной полосы № 34 (возраст 7 лет), где осенью предыдущего года на ложбине были устроены по опушкам водозадерживающие валы. Раньше здесь верховодка не наблюдалась. По наблюдениям В. И. Панова, в весну 1965 г. на обвалованном участке лесной полосы № 37 уровень грунтовой воды в период с 10 апреля по 5 мая находился на глубине 1,6-1,71 м при максимальном подъеме до 0,3 м от поверхности; на необвалованном участке этой же полосы вода стояла лишь несколько дней (20-24/IV) на расстоянии 1,86-1,95 м от поверхности, затем она опустилась вглубь. В ложбине с приопушечными валами у 34-й лесополосы уровень воды некоторое время находился близко у поверхности и лишь к 4 июня понизился до 1,73 м.

Верхний горизонт грунтовой воды на территории Поволжской АГЛОС начал формироваться после создания сети защитных лесных насаждений, когда лесные полосы стали накапливать в себе много снега. Его систематическое изучение началось с 1965 г. Как уже отмечалось, водоупором здесь служит красно-бурая глина. Прослойки более легкого механического состава способствуют внутригрунтовому продвижению воды от лесных полос в поле, при их отсутствии вода продвигается в желто-бурой глине очень медленно.

При обваловании лесных полос и устройстве в них прерывистых канав появляется реальная возможность формирования временной верховодки или нового горизонта грунтовой воды (при соответствующем геологическом строении местности) и в условиях сухой степи и даже полупустыни. Так, в пределах противозерозионного участка опытного хозяйства ВНИАЛМИ в г. Волгограде в некоторые годы на обвалованной части 9-й лесной полосы нами наблюдалась верховодка. Водоупором здесь служит мелеттовая глина (харьковский ярус олигоцена), прикрытая сверху делювиальными супесями и суглинками. В нижнечетвертичное время восточный коренной склон участка был прорезан двумя

глубокими размывами, которые в последующую эпоху лёссовобразования заполнились лёссовидными супесями и суглинками; в настоящее время здесь морфологически выражены в рельефе две ложбины, на которых насыпаны валы по опушкам лесных полос. В верховьях ложбин, где в рельефе имеется лишь слабая потяжина, еще имеется врез в коренной породе, и водоупор здесь (мелеттовая глина) находится на глубине 2,5-3,5 м; ниже по склону он все больше и больше удаляется от поверхности. Поэтому около 9-й лесной полосы (где водоупор близко от поверхности) в некоторые годы образуется верховодка, а ниже по склону (8-я особенно 7 и 6-я лесополосы), где в прудках на ложбинах в почву просачивается слой воды до 1000 мм и больше, она не наблюдается, по крайней мере на глубине до 5 м от поверхности (на такую глубину заложена смотровая скважина). Просочившаяся вода идет на пополнение грунтовых вод, находящихся на большой глубине (около 80-90 м).

Верховодка в обвалованной осенью 1959 г. части 9-й лесной полосы обнаружена весной 1960 г., но специальные наблюдения за ней проводились в 1961 и 1965 гг. (в остальные годы этого периода, включая 1966 г., она не формировалась). Динамика горизонта верховодки за весенне-летний период 1961 г. приведена в табл. 16. Из этой таблицы видно, что с 12 по 22 мая зеркало воды, быстро понижалось, а к 6 июля снова поднялось. Это связано с выпадением дождей с 25 мая по 4 июня и задержанием сточной воды в лесополосе.

Таблица 16

**Динамика уровня верховодки в 1961 г.
(опытное хозяйство ВНИАЛМИ в г. Волгограде)**

Местоположение скважин	Уровень воды в скважинах, см от поверхности						
	май			июнь			
	12	22	30	6	13	20	27
В лесополосе	19	115	109	57	143	232	Воды нет
5 м от опушки	40	96	89	57	120	191	То же

Примечание. 25 и 31 мая и 4 июня выпали дожди.

В середине 2-го поля на расстоянии 45 м от опушки 9-й лесной полосы верховодка не обнаружена, хотя влажность лёссовидного суглинка вблизи водоупора была высокая.

Результаты наблюдений над верховодкой в 1965 г. изложены в табл. 17.

Динамика уровня верховодки в 1965 г.

Расстояние от лесной полосы, м	Уровень воды в скважинах, см от поверхности						
	апрель				май		июнь
	17	22	26	29	6	14	2
В лесополосе	53	67	71	71	85	100	163
5	21	48	71	65	80	82	-
15	73	78	82	73	90	100	138
45	Нет	Нет	263	263	Не определяли	267	278(грязь)

Как видно, в лесной полосе и приопушечной зоне до 20 м уровень верховодки до середины мая находился на глубине 0,2-1,0 м, а к началу июня понизился до 1,38-1,63 м. Вода продвинулась внутри-грунтовым током на расстояние до 50 м от лесной опушки. Некоторое повышение в конце апреля уровня верховодки, как и в 1961 г., связано с выпадением осадков. Высокое и длительное стояние верховодки в 1965 г. объясняется тем, что люцерно-житняковая травосмесь весеннего посева этого года слабо расходовала воду. С другой стороны, мелеттовая глина является достаточно сильным водоупором.

Выше отмечалось, что за 7-летний период (1960-1966 гг.) верховодка в 9-й лесной полосе формировалась лишь 3 года – в 1960, 1961 и 1965 гг. Но около лесных полос, расположенных ниже стокообразующих полей, существует возможность ее формирования (в соответствующих геологических условиях) почти ежегодно, особенно при устройстве в лесополосах прерывистых канав.

Таким образом, даже в весьма засушливых условиях полупустыни существует некоторая возможность активного влияния на водный режим почв.

На основании всего изложенного по проблеме повышения водорегулирующей и противозэрозийной роли лесных полос и формирования верховодки и верхнего горизонта грунтовых вод мы приходим к ниже-следующим основным выводам. Широким сочетанием защитных лесных насаждений с простейшими гидротехническими устройствами, в особенности с прерывистыми канавами, можно резко сократить поверхностный сток и уменьшить процессы эрозии; направить сточные воды в почву и грунт, способствуя повышению уровня или созданию нового горизонта грунтовой воды или устойчивой верховодки; повысить влажность почвы в межполосных клетках и активно преобразовать водный

режим сельскохозяйственных угодий и территории в целом. Все это будет служить повышению урожаев сельскохозяйственных культур.

Несомненно, что эти новые вопросы подлежат дальнейшему изучению, что позволит вскрыть новые аспекты проблемы и уточнить способы более рационального использования сточных вод на полях. Следует иметь в виду, что в некоторых случаях может появиться опасность временного переувлажнения тех или иных участков сельскохозяйственной территории, что потребует совершенствования применяемых мероприятий.

Глава VI

ПРОТИВОЭРОЗИОННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ И РАЗМЕЩЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Работами Новосильской опытной станции и ВНИАЛМИ (А. С. Козменко, С. И. Сильвестров) впервые обосновано положение, что в системе мероприятий по защите почв от эрозии первым звеном должна являться специальная организация эродированной территории. Проведение такой организации требует приложения всей суммы знаний в области противозерозионной мелиорации.

При противозерозионной организации территории необходимо такое распределение для использования сельскохозяйственных угодий с учетом их природных особенностей, которое обеспечивает, с одной стороны, получение максимального количества продукции при наименьших затратах труда и средств, а с другой – защиту почв от эрозии, восстановление и повышение их плодородия. При этом создаются общие рамки, обеспечивающие органическое сочетание необходимых противозерозионных воздействий, без которых невозможна эффективная защита почв от эрозии.

При правильной организации территории предусматриваются:

а) выделение эрозионных фондов и правильное размещение севооборотов (полевых, почвозащитных, кормовых) с расположением полей, обеспечивающим проведение пахоты и других видов обработки почвы в основном поперек склона; б) отвод наиболее эродированных участков (в зависимости от условий) под постоянное или периодическое залужение в сочетании с мелиоративными насаждениями,

улучшение травостоя; в) правильное размещение сети лесонасаждений, а в случае необходимости и простейших гидротехнических устройств; при этом должны быть созданы предпосылки, обеспечивающие эффективное регулирование стока; г) регулирование выпаса скота и проведение других мероприятий (рис. 12).

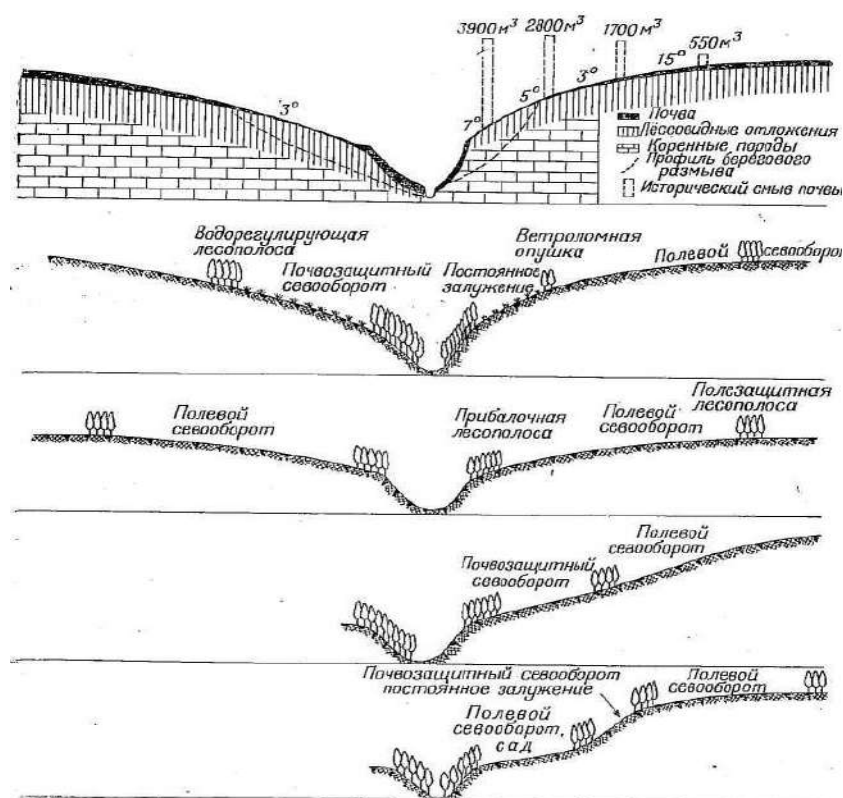


Рис. 12. Схема противоэрозионной организации территории и размещения лесонасаждений (схема автора)

В эродированных районах размещение защитных лесных насаждений и противоэрозионная организация территории, это – вопросы одного и того же порядка, и их надо решать в органической увязке. Работа проводится с использованием картографических материалов: топографической карты или материалов аэрофотосъемки в масштабе 1:10000 (в крайнем случае 1:25000), почвенной карты и картограммы эродированности, карты уклонов с градациями: 1) до 1°; 2) 1-3°; 3) 3-5°; 4) 5-8° и более, плана землепользования. При отсутствии нужных картографических материалов проводится более детальное обследование земель в натуре.

Выделение эрозионных земельных фондов

В основе противоэрозионной организации территории должны лежать классификация земель по их использованию и выделение на

карте эрозионных фондов – элементов водосборной площади, подверженных в различной степени смыву и размыву. Для сильнорасчлененных и сильноэродированных районов старой земледельческой культуры преимущественно с выпуклой и прямой формой профиля склонов такая классификация разработана А. С. Козменко (1937, 1949 и т. д.). Ниже она приводится с дополнениями автора.

1. Приводораздельный земельный фонд. Ровные участки и пологие склоны, имеющие крутизну до $2,5-3,5^\circ$ на серых лесных почвах и до $3,5-4,0^\circ$ на черноземах. При большой длине склона нижняя граница приводораздельного земельного фонда проводится в зоне с меньшей его крутизной, а при меньшей длине склона она опускается ниже по склону и проходит по более крутой его части или по бровке гидрографической сети. При этом принимаются во внимание также экспозиция склона и степень смытости почвы. На приводораздельных участках с уклоном до 1° смыв почвы практически отсутствует или протекает слабо, при больших уклонах эрозия слабая и умеренная; почвы здесь несмытые, слабосмытые и частично среднесмытые (верхняя часть среднеэродированного пояса). Земли приводораздельного фонда интенсивно используются в земледелии. Они включаются в полевой севооборот, где выращиваются зерновые, пропашные и технические культуры. Исходя из необходимости соблюдения прямолинейности границ полей, в полевой севооборот могут включаться отдельные участки с сильносмытой почвой и, наоборот, некоторые участки со среднесмытой и даже слабосмытой почвой могут отводиться в почвозащитный севооборот. На водосборах рассеивающего типа границы полей могут быть и криволинейными, что диктуется необходимостью проведения обработки почвы поперек склона. Защитные лесные полосы, расположенные поперек склонов в пределах полевого севооборота, выполняют и противозерозионные функции. Водораздельные бугры с каменистыми и песчаными почвами отводятся преимущественно под лес или под залужение с сетью лесополос.

2. Присетевой земельный фонд. Это земли, примыкающие к гидрографической сети: нижние отрезки склонов крутизной от $3-4^\circ$ до $8-10^\circ$, подверженные интенсивной эрозии; сюда же относятся средние крутые отрезки склонов выпукло-вогнутой формы. В ряде случаев указанные элементы склонов изрезаны промоинами и размывами. Почвы здесь средне-, сильно- и весьма сильносмытые; они нуждаются в коренной мелиорации.

Характер использования: в почвозащитном севообороте под защитой лесонасаждений (склоны до 6°); под постоянным и периодиче-

ским залужением; под лесными насаждениями (прибалочные, приовражные, куртинные), а лучшие по почвенным условиям участки – под семенники трав. По границе полевого и почвозащитного севооборотов проектируется более широкая водорегулирующая лесная полоса (21 м). Поля полевого и почвозащитного севооборотов нарезаются длинными сторонами поперек склона.

3. Гидрографический земельный фонд. А. *Суходольная гидрографическая сеть* – берега, крутосклоны и днища лощин и суходолов (балок). Почвенно-грунтовые условия в пределах гидрографической сети отличаются большим разнообразием. Здесь имеются нормальные несмытые, слабо-, средне-, сильно- и весьма сильносмытые, а также намытые почвы. На откосах размывов и осыпающихся берегах сети встречаются неразвитые и слаборазвитые почвы, а также обнажения коренной породы. Размывы – донные, береговые, отвершковы. Характер использования и противоэрозионные мероприятия: 1) улучшенные сенокосы и пастбища; 2) лесонасаждения: полосные, куртинные, массивные.

Использование лощинно-суходольной гидрографической сети в различных почвенно-климатических условиях зависит прежде всего от характера и степени эродированности различных ее участков, а также от местных хозяйственно-экономических условий. Здесь требуется разумное сочетание леса и луга, а в некоторых случаях – леса, сада (виноградника) и луга.

Б. *Долинная сеть*: 1) надпойменная терраса с нормальными зональными почвами; 2) та же терраса с песчаными почвами, подверженными дефляции (развеванию); 3) пойма с аллювиальными почвами. Характер использования: террасовые земли, не подверженные развеванию, в полевом или кормовом (прифермерском) севообороте преимущественно с пропашными и техническими культурами под защитой лесонасаждений; песчаные земли – в почвозащитном севообороте с сетью лесополос, под сады и лесокультуры (здесь проводится специальная организация территории); пойменные земли – под огороды, технические, а также пропашные культуры и сенокосные и пастбищные угодья. Берега сети и крутосклоны – под залужение (сенокосы и пастбища) и под лесонасаждения. Нужно проектировать специальные мероприятия против заносов овражными выносами, против речной эрозии, местами против заболачивания.

Гидрографическая сеть, как правило, резко отграничена бровкой (напашью) от прилегающего пахотного склона. Присетевые земли представляют собой нижнюю сильноэродированную часть пахотного склона

и не имеют естественной границы с вышележащими землями приводо-раздельного фонда. Объективным показателем для выдела присетевого фонда являются крутизна (с учетом длины) склона и степень эродированности почвенного покрова – смытость и изрезанность размоинами.

Земли присетевого фонда не однородны по степени эродированности: вблизи бровки гидрографической сети в ряде случаев имеется полоса весьма сильно смытых почв, изрезанных частыми размоинами. Поэтому при ширине присетевого фонда около 200-250 м верхняя его часть, с менее эродированными почвами, отводится в почвозащитный севооборот, а нижняя используется под сенокос и пастбища, причем предусматриваются засыпка и заравнивание промоин и улучшение травостоя. При ширине присетевого фонда около 100-150 м и не сильной изрезанности прибровочной части склона весь этот фонд (за исключением небольших изолированных участков земли) отводится в почвозащитный севооборот, а при его ширине менее 50-80 м он целиком поступает под постоянное залужение (улучшенный сенокос и пастбище) и под лесные насаждения. Залуженная полоса в присетевой части склона является мощным фактором против оврагообразования.

При изрезанности присетевой зоны промоинами глубиной до 2,5-3 м, а в некоторых случаях и больше, целесообразно последние засыпать (при помощи плуга и бульдозера), а по верхней границе размытого участка устроить водоотводящий вал с уклоном по линии сброса воды 0,0015-0,005. Это позволяет ввести испорченные земли в интенсивный хозяйственный оборот.

С. И. Сильвестров (1949, 1955), развивая идеи А. С. Козменко в области противозерозионной организации территории, проанализировал возможность дифференцированного хозяйственного использования склонов вогнутой и выпукло-вогнутой формы профиля. Он обосновал необходимость выделения в почвозащитный севооборот или под залужение с окаймлением лесополосами более крутых отрезков склонов указанной формы. В благоприятных условиях их целесообразно отводить под сад. Нижележащие отрезки, имеющие крутизну от 0,5 до 2-3°, следует занимать под полевой севооборот. По границе между полосой залужения и полем, расположенным в нижней шлейфовой части склона, проектируется водорегулирующая лесная полоса, а в некоторых случаях водоотводящая канава с валом, работающая и на водозадержание.

Следует подчеркнуть, что при выделении эрозионных земельных фондов соблюдается наиболее правильный генетический подход, так как оно осуществляется с учетом главнейших природных особен-

ностей территории. Поэтому такое выделение полностью отвечает и хозяйственным требованиям.

Обосновывая почвозащитный севооборот на присетевых землях, Новосильская станция пришла к выводу о необходимости содержания в нем трех-пяти полей с многолетними травами (от 43 до 71% площади, в зависимости от количества полей), отсутствии пропашных и наличии только раннего апрельского чистого пара, при обязательном внесении азотных удобрений (Я. В. Корнев, 1939; А. С. Козменко, 1949).

Приведем примерные схемы почвозащитных севооборотов для районов ЦЧО, с учетом рекомендаций Новосильской АГЛОС и С. И. Сильвестрова (1949) и для Поволжья.

Районы ЦЧО

I	II
1. Яровые с подсевом трав.	1. Пар занятый сидеральный (люпин).
2. Травы на сено.	2. Озимые.
3. Травы.	3. Яровые с подсевом трав.
4. Травы.	4. Травы на сено.
5. Травы (пастбище).	5. Травы.
6. Озимые.	6. Травы.
7. Зернобобовые.	7. Озимые.
	8. Яровые с подсевом люпина.

Районы Поволжья

На черноземах и темно-каштановых почвах:

1-3. Многолетние травы (травосмесь бобовых и злаковых)	1-4. Многолетние травы.
4. Яровые (пшеница)	5. Просо.
5. Овсяно-бобовая смесь.	6. Яровые (пшеница, ячмень).
6. Яровые с подсевом трав.	7. Овсяно-бобовая смесь с подсевом трав.

На каштановых и светло-каштановых почвах:

- 1-4. Многолетние травы.
5. Просо.
6. Ячмень.
7. Беспокровный посев трав по зяби или черному пару.

После того как вся система агролесомелиоративных и гидротехнических мероприятий войдет в действие, поверхностный сток будет уменьшен и зарегулирован, а присетевые смытые почвы будут окультурены, эти земли могут быть вовлечены в более интенсивное хозяйственное пользование.

Положение водопоглощающих лесополос в рельефе

Проектирование лесных полос и других насаждений на территории с выраженным рельефом является весьма ответственной частью работ по противозерозионной организации территории. Лесонасаждения являются долговременными биологическими, «сооружениями», и от их правильного размещения зависит их мелиоративная и противозерозионная эффективность, а следовательно, степень снижения ими напряженности эрозионных процессов на длительный период.

Наиболее полно водорегулирующее и противозерозионное влияние лесных полос проявляется, когда они расположены перпендикулярно линиям стока (по контуру) и сточная вода рассеянно входит в них; однако, при наличии ложбин она во всех случаях вступает в лесонасаждения концентрированно. Тем не менее указанное расположение лесополос везде предпочтительнее. Оно определяет и соответствующее, направление обработки почвы.

В связи с этим встает вопрос, каким принципом руководствоваться при проектировании лесонасаждений на эродированной территории: отдать ли предпочтение рельефу или направлению вредоносных ветров. Ряд исследователей (А. С. Козменко, С. И. Сильвестров, М. И. Львович, Д. Л. Арманд, К. Л. Холупяк и др.) справедливо считают, что основные лесные полосы надо располагать поперек склона. М. И. Львович (1950), обработав материалы метеорологической сети по вопросу о направлении вредных суховейных и метелевых ветров, пришел к выводу, что к северу от линии Жданов – Луганск – Волгоград резко выраженного преобладания ветров широтного направления не наблюдалось; при наличии сети лесных полос любого направления эффективность их ветроломного действия практически не снижается. Южнее указанной линии преобладают вредные ветры, широтного направления. Учитывая исключительную важность, функции задержания стока талых и ливневых вод и защиты почв от эрозии, целесообразно и в южных районах проектировать лесные полосы в основ-

ном поперек склона. Д. Л. Арманд (1961), обобщив литературу по данному вопросу, справедливо считает, что в южных районах, где наблюдается слабое преобладание вредных ветров широтного направления, лесные полосы на хорошо водопроницаемых почвах следует размещать поперек склона уже при крутизне больше $1,5^\circ$, а на слабопроницаемых – при крутизне больше $0,5^\circ$. Лишь на Северном Кавказе (Краснодарский и Ставропольский края) он считает целесообразным увеличить угол наклона, ниже которого основные лесополосы располагаются поперек склона, на слабопроницаемых почвах до 1° , и на хорошо проницаемых до 2° .

В «Инструкции по проектированию и выращиванию защитных лесных насаждений в равнинных районах СССР», изданной в 1966 г., в качестве наименьших углов наклона, при которых предусматривается размещение лесных полос поперек склона, указываются $1,5-2^\circ$. Однако и этими цифрами надо пользоваться осторожно. В районах с выраженным рельефом (особенно в лесостепи), где сельскохозяйственные угодья находятся на склонах в $2-4^\circ$ и больше, надо стремиться располагать лесополосы поперек склонов уже при крутизне их отрезков $0,5-1^\circ$.

Руководствуясь данными науки и передовой практики, в районах, подверженных эрозии, надо при создании сети мелиоративных насаждений предусматривать следующие виды посадок и их размещение:

вдоль проселочных и профилированных дорог – аллейных посадок; на пологих склонах (до 1°) по границам полей, а также внутри полей севооборотов – полезащитных полос;

на более крутых склонах – по границам и внутри полей полевого севооборота и по границам полевого и почвозащитного севооборотов, а также пастбищных угодий – водопоглощающих лесополос, располагая их поперек склона;

по границам полей севооборотов с размытыми присетевыми участками, отводимыми под залужение, а при распашке склонов до бровок гидрографической сети – и около бровок – прибалочных (присетевых) и в некоторых случаях приовражных лесополос; в условиях лесостепи некоторые сильно эродированные присетевые участки отводят также под сплошное облесение, а в условиях степи – под сады по террасам;

на склоновых пастбищах преимущественно в условиях Юго-Востока – 1-2-рядных кулисных посадок;

на эродированных берегах гидрографической сети, по откосам и днищам оврагов – полосных, колковых, куртинных насаждений.

В зависимости от выраженности рельефа и эродированности почвенного покрова степень участия различных насаждений различная. Например, в Центральном лесостепном районе (Тульская, Орловская, Курская области) наибольшее применение должны получить водопоглощающие лесные полосы за счет полос чисто ветроломного назначения, а также прибалочно-балочные насаждения (где мало байрачных лесов); водопоглощающие полосы выполняют здесь всесторонние мелиоративные функции. Размещение лесонасаждений в эродированных районах в общей схеме организации территории в обобщенном виде иллюстрируется рис. 12. Данная схема, конечно, не исчерпывает всех возможных вариантов расположения лесных насаждений, так как в натуре ситуация гораздо сложнее, чем можно изобразить схемой. В зависимости от конкретных условий в этом отношении могут быть и различные решения.

На указанном рисунке рельеф характеризуется лишь продольными профилями, поэтому представленное размещение лесных полос на склонах при их прямолинейном положении наиболее близко отвечает водосбору нейтрального типа. В этом случае водопоглощающие и прибалочные лесные полосы располагаются приблизительно параллельно оси гидрографической сети в основном поперек склона.

Сложнее обстоит дело на водосборах рассеивающего типа, имеющих широкое распространение. Задача размещения защитных лесонасаждений на таких водосборах решается по-разному. Основные решения ее даны Новосильской опытной станцией (А. С. Козменко, 1937; Г. А. Харитонов, 1938). Рассматриваются два случая расположения водопоглощающей лесной полосы на площади рассеивающего водосбора. Первый случай, когда она проходит вдоль горизонтали, делящей заключенный между двумя лощинами водосбор пополам. Второй случай – лесная полоса, имея П-образную форму с несколько расходящимися ветвями, опоясывает водосбор с трех сторон. Этот пояс состоит из трех самостоятельных прямолинейных полос, две из которых, проходят в основном параллельно противоположащим гидрографическим стволам, а третья располагается в передней части, водосбора. При выделении присетевого фонда и организации почвозащитного севооборота полосы размещаются по границе двух фондов – приводораздельного и присетевого. Преимуществом первого способа

расположения лесополос А. С. Козменко считает рассеянное вхождение в них стока, так как исключается его отклонение приопушечной напашью. Недостатком такого размещения, по его мнению, является то, что центральные и концевые участки лесополосы будут находиться на различных элементах склона на разном расстоянии от водораздельной линии, вследствие чего в них будет вступать неодинаковое количество воды (в центре – мало, на концах – очень много) и их водопоглощающая эффективность будет недостаточной. При прохождении лесополосы посередине линий стока исключаются вышеуказанные недостатки, полоса будет иметь равномерную водоприемную нагрузку, и, кроме того, ввиду прямолинейности границ с пашней устраняются неудобства при обработке почвы. Однако при этом необходим уход за верхней опушкой, чтобы обеспечить рассеянное вхождение сточных вод в лесополосу (разрушение напаша, устройство водонаправляющих валиков).

Новосильской станцией в 1932 г. были посажены вдоль горизонталей две водопоглощающие лесные полосы шириной 100 м каждая, а в 1937 г. создана лесосадовая водопоглощающая полоса такой же ширины (см. рис. 6). Отметим, что в настоящее время не имеется примеров практического осуществления второй схемы расположения водопоглощающих полос в чистом виде. Но эта схема (с некоторыми изменениями) может найти широкое применение при проектировании защитных лесных насаждений.

Указанные способы расположения водопоглощающих лесополос на водосборах рассеивающего типа не исчерпывают всех возможных случаев. Дело в том, что рассеивающие водосборы бывают разные. Одни характеризуются равномерным падением склонов по всем трем направлениям, на других же – склоны, падающие в сторону двух противоположных лощин (или суходолов), имеют гораздо большую крутизну, чем склон к господствующему элементу гидрографической сети, куда открываются упомянутые лощины. Во многих случаях мелиорируемый водосбор имеет асимметричное строение, а иногда, склоны расчленены оврагами на обособленные водосборные участки. Ситуация в ряде случаев еще больше осложняется мерами организационно-хозяйственного порядка, например изъятием части площади водосбора под другой вид угодий и т. д. Поэтому может быть несколько различных способов расположения водопоглощающих лесных полос на указанных водосборах.

Одно из решений по размещению сети защитных лесонасаждений на водосборе рассеивающего типа с асимметричными неравномерно падающими склонами было осуществлено в 1948 г. С. И. Сильвестровым при организации почвозащитного севооборота на территории бывшей Агролесомелиоративной и садововиноградной опытной станции в г. Волгограде (ныне опытное хозяйство ВНИАЛМИ, см. рис. 2). Организация территории данного участка проведена в опытных целях, и целиком эту схему, конечно, нельзя перенести в производственные условия колхозов и совхозов.

Еще один из возможных вариантов расположения лесных полос по границам полей на водосборе рассеивающего типа можно иллюстрировать рис. 13. При хозяйственном устройстве территории в 1960 г. мы здесь разместили поля контрольного почвозащитного севооборота с таким расчетом, чтобы иметь возможность обрабатывать почву в основном поперек склона и создать условия для отвода вдоль их границ под малыми углами непоглощенной воды с целью защитить нижележащие поля. Согласно заданному условию в этом севообороте не должно быть лесных полос, но в случае их введения они заняли бы при средней ширине 12 м около 8% пашни, а в расчете на всю мелиорированную площадь – 6,1%. При больших размерах полей этот процент был бы конечно меньше.

На другом водосборе рассеивающего типа, предназначенном под посевы многолетних трав, лесные полосы в 1959 г. запроектированы нами в следующем виде (рис. 14). Посадка полос произведена в

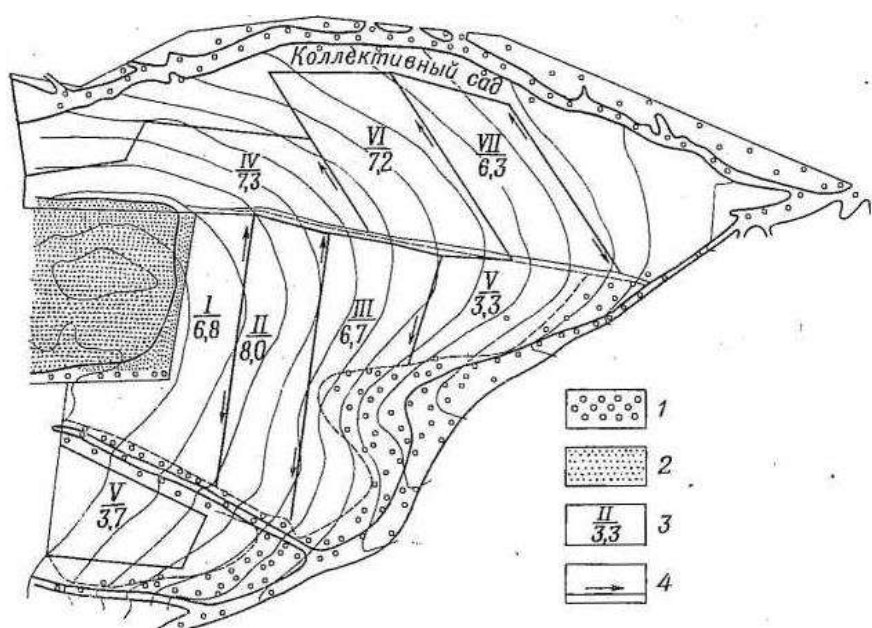


Рис. 13. Размещение полей в контрольном почвозащитном севообороте без лесных полос (опытное хозяйство ВНИАЛМИ в г. Волгограде):

1 – площадь, покрытая лесом и кустарником; 2 – заросшие пески; 3 – поля севооборота; 4 – направление стока вдоль границ полей

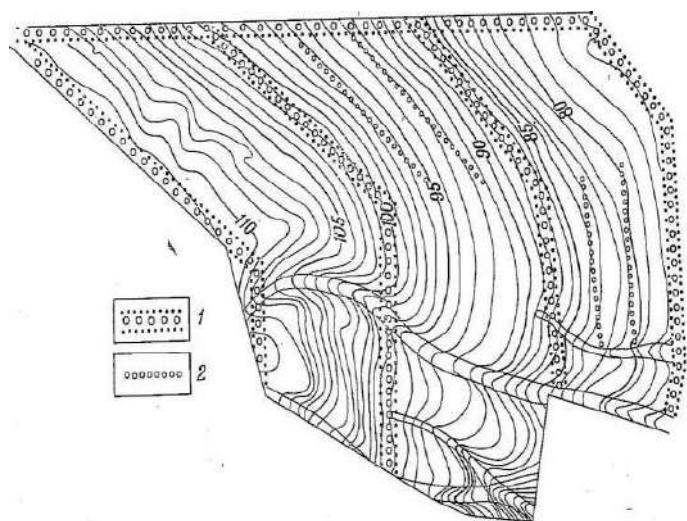


Рис. 14. Прямолинейное с изломом положение лесных полос и снегораспределительных лент на участке водосбора рассеивающего типа (рис. автора):

1 – лесная полоса; 2 – однорядная лента

если водораздельная площадь данного водосбора имеет значительную ширину, а склоны – равномерное падение по всем трем направлениям. При этом полоса будет иметь во всех частях приблизительно одинаковую стокоприемную нагрузку и хорошо защищать нижележащее поле.

2. На таком же водосборе лесная полоса может располагаться приблизительно вдоль горизонталей, но с некоторым постепенно нарастающим разгибанием конечных участков, с тем, чтобы они пересекали горизонталю под небольшими углами, до 20-25° (рис. 15). Это выгодно в двояком отношении; во-первых, при этом уменьшается кривизна границ примыкающих полей, что улучшает условия проведения обработки почвы; во-вторых, представляется благоприятная возможность отвода части поступающих с вышележащих полей и непоглощенных вод на задерживаемые элементы гидрографической сети. При расположении лесной полосы строго вдоль горизонталей талые и ливневые воды, пройдя через полосу, вызывают смыв почвы на нижележащем поле.

3. Лесная полоса П-образной формы, состоящая из трех отрезков, повсюду проходит приблизительно посередине склона, причем два боковых отрезка являются прямолинейными, а третий (передний) может быть как прямолинейным, так и изогнутым (приблизительно вдоль горизонталей).

1963 г. Каждая полоса состоит из двух прямолинейных отрезков, смыкающихся под некоторым тупым углом. Это позволяет проводить обработку почвы в основном поперек склона, соблюдая при этом прямолинейное направление.

Резюмируя вышеизложенное, можно представить следующие случаи расположения на водосборах рассеивающего типа водопоглощающих лесополос.

1. Полоса располагается вдоль горизонталей (на ложбинах спрямляется),

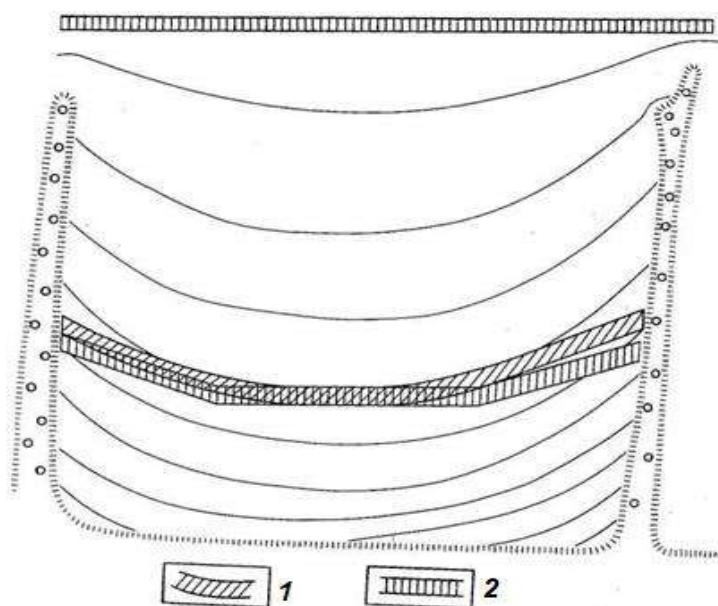


Рис. 15. Расположение водопоглощающей лесной полосы на рассеивающем водосборе с равномерным падением склонов:

1 – криволинейное положение лесополосы, пересекающей горизонтали под малыми углами; 2 – положение полосы в виде ломаной ленты, пересекающей горизонтали под малыми углами

4. На водосборе с двусторонним падением асимметричных склонов водопоглощающая лесная полоса может состоять из двух прямолинейных отрезков, расположенных под некоторым, как правило, тупым углом и проходящих приблизительно вдоль горизонтали; в случае необходимости ей можно придавать на том или ином участке полуизгиб.

5. Две водопоглощающие лесные полосы располагаются на асимметричном водосборе таким образом, что вместе составляют подобие буквы Т.

Из изложенного видно, что в сложных условиях рельефа лесные полосы могут размещаться по-разному. Во всех случаях надо стремиться расположить водопоглощающие полосы вдоль горизонталей или с отклонением от них не более чем на $20-25^\circ$. При указанном положении их в основном обеспечивается беспрепятственное вхождение сточных вод, хотя в некоторых случаях может возникнуть надобность в направляющих приопущенных валиках. Необходимо еще раз подчеркнуть, что более или менее рассеянное вхождение стока в водопоглощающую лесополосу является важнейшим условием ее хорошей работы.

Что касается водосборов собирающего типа, то они, как правило, не представляют самостоятельной проблемы в смысле особенностей размещения на них защитных лесонасаждений, так как обычно имеют небольшую площадь и попадают в сферу влияния лесных полос, расположенных в общем параллельно основному стволу гидрографической сети. В некоторых случаях на таком водосборе целесообразно располагать лесополосы вдоль горизонталей.

Таковы основные принципы размещения водопоглощающих полос на полевых склонах.

Размещение лесных насаждений в присетевой зоне (прибалочных и приовражных, колковых) производится в органической увязке с их размещением на суходольной гидрографической сети. Вопрос нужно решать, исходя из условий рельефа, степени смытости и размывости почв и почвогрунтов и хозяйственной целесообразности. Может быть несколько случаев расположения присетевых насаждений.

Если полоса сильносмытых и изрезанных промоинами присетевых земель отводится под залужение (см. схему на рис. 12), ее целесообразно окаймить сверху по границе с полем узкой снегораспределительной полосой (8-10 м), а снизу вдоль бровки – прибалочной (ширина 15-20 м). Промоины и глубокие размывы должны быть предварительно засыпаны. Вместе с приовражными полосами, проходящими вдоль склона, они образуют замкнутые клетки. В данном случае водопоглощающую и противозерозионную роль будет выполнять полоса залужения совместно с двумя лесными полосами.

Когда граница пашни проходит близко от бровки или примыкает к ней, а лощинно-суходольная сеть используется под сенокос и пастбище, вдоль бровки проектируется прибалочная (прибровочная) лесная полоса шириной 15-20 м. Прибалочная лесополоса не проектируется в следующих случаях: а) если на берегах гидрографической сети имеется естественный (байрачный) лес; б) если берега сети или крутосклоны отводятся под сплошное или полосное облесение и в ближайшее время на них может быть создан лес; в) если склон к тальвегу того или иного звена гидрографической сети падает постепенно и берега не выражены. На «стрелках», образуемых двумя сходящимися под острым углом лощинами или крупными оврагами, кроме прибровочной лесополосы, целесообразно проектировать несколько водорегулирующих полос (поперек склона), а при использовании участка под пастбище (что наиболее вероятно) – между лесополосами разместить через 50 м однорядные кулисные посадки из кустарников. В некоторых случаях на таких участках можно обойтись и без прибровочной лесополосы.

Противозерозионные насаждения на гидрографической сети проектируются с учетом степени выраженности берегового и донного размыва и состояния почвенного покрова берегов. При редкой изрезанности берегов оврагами и при отсутствии или слабой выраженности донного размыва и слабой смытости почв берегов облесению

подлежат преимущественно береговые размывы; вдоль них, включая и надбровочную часть полевого склона, проектируется с одной стороны лесополоса с расчетом, чтобы она оттеняла инсолируемый откос размыва. Ее назначение – мелиорировать вместе с прибалочной лесополосой прилегающие пастбищные и сенокосные угодья на гидрографической сети и в присетевой зоне и способствовать облесению или задернению оврага.

При умеренной изрезанности берегов и умеренном, донном размыве вдоль береговых оврагов проектируются лесополосы, а по размывам (включая донные) – куртинные посадки. Суходольная гидрографическая сеть используется в этом случае в основном под сенокос и пастбище. В некоторых случаях на длинных относительно пологих берегах гидрографической сети (до 90-100 м) целесообразно проектировать по середине по одной узкой (двухрядной) снегораспределительной полосе или кустарниковой кулисе.

При сильной изрезанности берегов и присетевой зоны оврагами с расстояниями между ними менее 50-70 м и при умеренном донном размыве сильноэродированные участки отводятся под сплошное облесение.

При сильной выраженности берегового и особенно донного размыва и подмыва, вызывающего осыпание и оползание на значительной площади почв берегов и появление неразвитых почв, лоцины и суходолы отводятся под сплошное облесение. Оно в зависимости от условий может осуществляться с подготовкой почвы по методу террасирования с применением специальных механизмов или на конной тяге, или другими способами, а в особо трудных случаях – вручную.

В связи с различной эродированностью разных элементов одной и той же суходольной системы куртины леса могут чередоваться с участками суходольного луга. Гидрографическая сеть может быть облесена на площади от 5-10 до 30% и больше.

При создании насаждений на присетевых землях и в гидрографической сети должны быть приняты меры по защите молодых посадок от потрав скотом.

Расстояние между лесополосами

Определение оптимальных расстояний между водопоглощающими и прибалочными лесополосами в различных почвенно-климатических условиях является очень важной стороной их правильного

размещения на территории. Этот вопрос взаимосвязан с вопросом о ширине лесополос, рассмотренным в III главе. Можно было бы, исходя из заданной ширины полос, рассчитать по вышеприведенным формулам расстояния между ними, при которых обеспечивается наиболее полное поглощение талых и ливневых вод, но рассчитанная таким образом ширина межполосной клетки будет слишком мала и неприемлема для условий производства. Такой расчет нужно вести с учетом водопоглощения в обвалованных лесополосах.

Общее водопоглощение в лесной полосе с канавой и валом W складывается из объема (слоя) впитывания талой воды за время снеготаяния W_{cp} и объема водозадержания канавой и валом Q .

$$W = W_{cp} + Q. \quad (9)$$

В такой лесополосе можно выделить три зоны с различной интенсивностью впитывания: 1) зона канавы K , где почва практически не промерзает, и впитывание талой воды P_k происходит с наибольшей интенсивностью; 2) зона затопления вследствие подпора воды валом, шириной $\frac{h}{i} - K$, где K – ширина канавы, которая после обрушивания стенок составит около 2 м (остальные обозначения те же, что в формулах 2-8); интенсивность впитывания P_3 здесь меньше, чем в зоне канавы, но больше, чем в вышележащей части лесополосы; 3) незатопляемая зона полосы шириной $b - \frac{h}{i}$ с интенсивностью впитывания P_{H3} .

Средняя для лесополосы интенсивность впитывания P может быть выражена как средневзвешенная величина в следующем виде:

$$P = \frac{1}{b} \left(KP_k + \frac{h-2i}{i} P_3 + \frac{bi-h}{i} P_{H3} \right), \quad (10)$$

а среднее водопоглощение за время T

$$W_{cp} = \frac{T}{b} \left(KP_k + \frac{h-2i}{i} P_3 + \frac{bi-h}{i} P_{H3} \right). \quad (11)$$

Поскольку в незатопляемой зоне лесополосы впитывание талой воды может проходить не круглосуточно, а преимущественно в дневное время t , когда интенсивно тает снег, расчет в таком случае можно вести по несколько измененной формуле:

$$W_{cp} = \frac{T}{b} \left(KP_k + \frac{h-2i}{i} P_3 \right) + \frac{t}{b} \cdot \frac{bi-h}{i} P_{H3}. \quad (12)$$

Объем водозадержания Q канавой Q_k и валом $Q_{подп}$ в обвалованной лесополосе определяется из выражения:

$$Q = Q_k + Q_{подп}, \text{ или } Q = Q_k + \frac{h^2}{2} \left(\frac{1}{i} - 1 \right), \quad (13)$$

а водозадержание и водопоглощение ($W_{\text{подп}}$), выраженное в мм

$$W_{\text{подп}} = \frac{1000e}{b} \left[Q_k + \frac{h^2}{2} \left(\frac{1}{i} - 1 \right) \right], \quad (14)$$

где e – коэффициент эффективности, зависящий от продольного уклона лесополосы и расстояния между перемычками (см. стр. 57). При расположении лесополосы вдоль горизонтали он равняется 1, а для полосы, имеющей продольный уклон и поперечные перемычки на расстояниях, определяемых протяженностью прудка, образованного валом и перемычкой – 0,5.

Предлагаемые формулы (9-14) и (2, 4) можно использовать для расчета водопоглощения в обвалованных лесополосах и обоснования расстояний между ними.

Пример расчета. Требуется определить расстояние между водопоглощающими лесополосами с валами и канавами, которые должны задерживать и поглощать сток талых вод с полей в количестве 60 мм, на склоне с серыми лесными средне- и тяжелосуглинистыми почвами. Условия: крутизна склона 3° ($i = 0,052$); ширина лесных полос 20 м; рабочая высота вала $h = 0,6$ м; ширина канавы $K = 2$ м и ее объем (на 1 м протяжения) $Q_k = 1,1 \text{ м}^3$; запас снеговой воды в лесополосах 360 мм (около 110 см). На основании экспериментальных данных (см. главу III) можно принять интенсивность впитывания воды в зоне канавы $P_k = 0,3$ мм/мин, в затопляемой зоне $P_3 = 0,08$ мм/мин и в незатопляемой зоне $P_{\text{нз}} = 0,04$ мм/мин. Снеготаяние проходит преимущественно днем, продолжительность стока 10 дней Лесополосы располагаются вдоль горизонталей.

Определим по формуле (10) среднюю интенсивность впитывания воды в лесополосе:

$$P = \frac{1}{20} \left(2 \cdot 0,3 + \frac{0,6 - 2 \cdot 0,052}{0,052} 0,08 + \frac{20 \cdot 0,052 - 0,6}{0,052} 0,04 \right) = \frac{1}{20} (0,60 + 0,763 + 0,338) = 0,085 \text{ мм/мин.}$$

Среднесуточное водопоглощение составит:

$$W_{\text{ср}} = \frac{T}{b} \left(KP_k + \frac{h - 2i}{i} P_3 \right) + \frac{t}{b} \cdot \frac{bi - h}{i} P_{\text{нз}} = \frac{1440}{20} \left(2 \cdot 0,3 + \frac{0,6 - 2 \cdot 0,052}{0,052} 0,08 \right) + \frac{720}{20} \cdot \frac{20 \cdot 0,052 - 0,6}{0,052} 0,04 = 72(0,6 + 0,763) + 36 \cdot 0,338 = 98,1 + 12,2 = 110,3 \text{ мм.}$$

Водозадержание канавой и валом определяется из выражения (14):

$$W_{\text{подп}} = \frac{1000 \cdot 1}{20} \left[1,1 + \frac{0,6^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{0,052} - 1 \right) \right] = 50(1,1 + 0,18 \cdot 19,2) = 219 \text{ мм}$$

Общее водопоглощение в лесополосе за 10 суток

$$W = 10W_{\text{ср}} + W_{\text{подп}} = 10 \cdot 110,3 + 219 = 1322 \text{ мм}$$

Из формулы (4) определяем расстояние между лесными полосами

$$L = \frac{20 \cdot (1322 - 360)}{60} = 320 \text{ м.}$$

Таким образом, лесными полосами с валами и канавами, имеющими ширину 20 м и расположенными вдоль горизонталей на расстоянии 320 м можно задержать в среднем около 60 мм талой воды. На серых лесных почвах сток с зяби в 60 мм и больше повторяется в среднем 4 раза в 10-летие а с уплотненной пашни 6 раз в 10-летие.

Расчет также можно вести по формуле (2), преобразовав ее с учетом водозадержания канавой и валом.

После преобразования она будет иметь следующий вид:

$$b = \frac{X_1 t + X t a L - 1000 Q}{t(p - X_1)}, \quad (15)$$

откуда

$$L = \frac{bt(p - X_1) + 1000Q - X_1 t}{aXt}, \quad (16)$$

где X – интенсивность ливня, на которую ведется расчет, или интенсивность водоотдачи из снега в поле, мм/мин; X_1 – интенсивность водоотдачи в лесной полосе, мм/мин, причем $X > X_1$ так как снег в поле вследствие большего загрязнения и меньшей мощности тает с большей интенсивностью, чем в это же время в лесной полосе; t – продолжительность дождя, или стока талых вод, мин. Остальные обозначения прежние.

Решая задачу, определяем Q из выражения (13).

$$Q = 1,1 + \frac{0,6^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{0,052} - 1 \right) = 4,38 \text{ м}^3.$$

Интенсивность водоотдачи из снега в поле берем по карте Д. Л. Соколовского (Арманд, 1961): $X = 0,035$; для лесополосы принимаем $X_1 = 0,02$. Расчет ведем на 10-дневный период стока, учитывая при этом 10 ч дневного времени, когда снег тает с наибольшей интенсивностью (600 мин в сутки). Коэффициент стока в средневодные годы колеблется в широких пределах, но поскольку расчет ведется на задержание 60 мм талой воды (за 10 дней), то коэффициент, соответствующий этой величине, будет около 0,2. Подставив в формулу (16) соответствующие числовые величины, получим:

$$L = \frac{20 \cdot 6000(0,085 - 0,02) + 1000 \cdot 4,38 - 0,02 \cdot 6000}{0,2 \cdot 0,035 \cdot 6000} = \frac{7800 + 4380 - 120}{42} = 287 \text{ м.}$$

Рассчитаем расстояние между лесополосами на склоне 3° при условии: ширина лесополос 20 м на задержание ливневого стока при очень высокой средней интенсивности ливня $X = 1,3$ мм/мин, продолжительность 1 ч (сумма осадков 78 мм). Примем водопроницаемость

почвы в лесополосе в условиях затопления 2 мм/мин, средний коэффициент стока 0,25. Получим

$$L = \frac{20 \cdot 60(2 - 1,3) + 1000 \cdot 4,38 \cdot 1,3 \cdot 60}{0,25 \cdot 1,3 \cdot 60} = \frac{840 + 4380 - 78}{19,5} = 264 \text{ м.}$$

Задержание на водосборной площади 50-60 мм талой воды и большей части ливневых осадков очень важно как в гидрологическом, так и в противозерозионном отношении. Для увеличения общемелиоративного и водопоглощающего влияния лесных полос и уменьшения эрозии на полях намного выгоднее иметь более узкие полосы при частом их расположении, чем, наоборот, широкие на больших расстояниях (автор, 1955).

При обосновании расстояний между противозерозионными лесополосами надо исходить не только из их водопоглощающего действия и уменьшения ими стока, а из интенсивности смыва почв в межполосных клетках при различной их ширине и крутизне склона. По мере увеличения длины и крутизны склона смыв почвы намного возрастает. Система водопоглощающих лесополос с простейшими гидротехническими устройствами должна направить главную массу сточных вод в почвогрунт и в некоторых случаях отвести их под малыми углами на неразмываемые участки и таким образом исключить возможность нарастания слоя стока в нижней крутой части склона. В таком случае при расположении лесополос на сближенных расстояниях в пределах межполосной клетки не будет условий для формирования сильного стока, способного вызвать сильную эрозию.

Основываясь на зональных и внутризональных закономерностях стока, на соответствующих расчетах и на связи интенсивности смыва с рельефом, мы считаем, что в районах с выраженным рельефом на длинных склонах крутизною 2-4° расстояния между лесными полосами, располагаемыми в основном поперек склона, целесообразно уменьшать: на серых лесных почвах и оподзоленных черноземах до 50%, на выщелоченных и обыкновенных черноземах до 40-42%, на южных черноземах до 25-30% и на каштановых почвах до 20-25% по сравнению с полосами чисто ветроломного назначения, выращиваемыми на территории со слабо выраженным рельефом. Эти расстояния приведены в табл. 18.

Наибольшее уменьшение ширины межполосных клеток на склонах с серыми лесными почвами мотивируется тем, что на них формируется наибольший сток. При большой их ширине даже в случаях весьма эффективной работы лесных полос на склонах указанной крутизны возможно интенсивное проявление эрозионных процессов.

Расстояние между лесными полосами

Почвы	Расстояния между лесными полосами, м	
	неэродированная территория	эродированная территория (склоны 2-4°)
Серые лесные и оподзоленные черноземы	500-600	250-300
Выщелоченный и обыкновенный черноземы	500-600	300-350
Чернозем южный	400-500	300-350
Темно-каштановые	300-400	225-300
Каштановые	250-300	200-225

При использовании более крутых отрезков склонов (4-7°) в почвозащитном севообороте расстояния между лесными полосами целесообразно уменьшать до 150-100 м, что значительно уменьшит смыв почв. При ограниченной земельной площади, отводимой под лесонасаждения, лучше пойти на сокращение ширины лесных полос, но сделать между ними уменьшенные расстояния.

**Размещение лесонасаждений в колхозе «Прогресс»
Фатежского района Курской области**

В качестве примера, иллюстрирующего размещение сети противоэрозионных лесных насаждений и простейших гидротехнических устройств на территории с выраженным рельефом, может служить первая бригада колхоза «Прогресс» Фатежского района Курской области (рис. 16), площадь землепользования которой составляет 2417 га. Схема размещения противоэрозионных мероприятий разработана в 1968 г. автором при участии ст. научных сотрудников ВНИАЛМИ и Новосильской АГЛОС им. А. С. Козменко, В. Е. Величкина, В. И. Степанова, Т. Г. Глыбина. Водопоглощающие лесные полосы в этой бригаде занимают 2,1% пашни, или 1,6% от общей площади землепользования, полезавитные и сазозавитные 0,6%, прибалочные полосы (с учетом имеющихся) 1,8%, насаждения на сильноэродированных участках гидрографической сети (берега сети, размывы) 0,2%. Предусматривается устройство прерывистых канав с валами внутри водопоглощающих лесополос и в ряде случаев в прибалочных полосах. Кроме того, для пре-

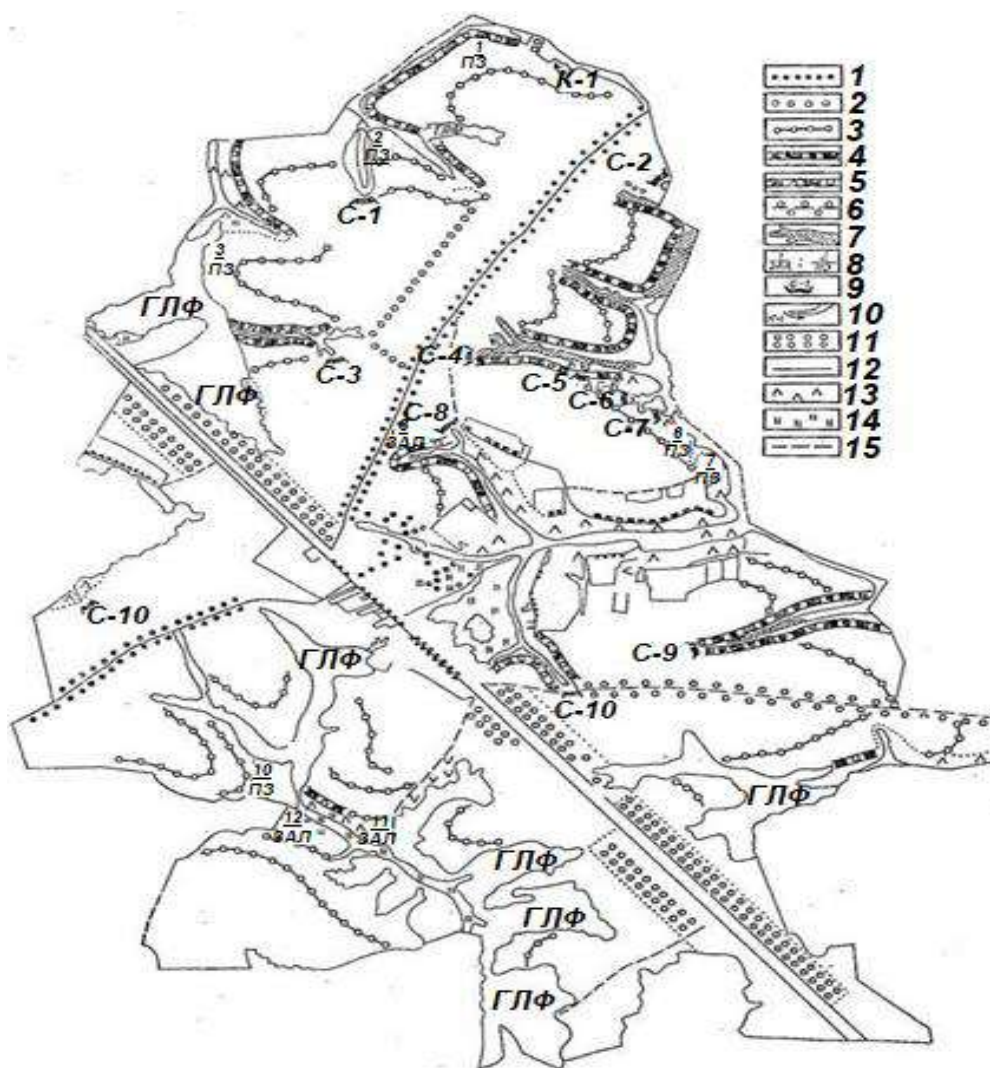


Рис. 16. Размещение лесонасаждений и гидротехнических устройств в 1-й бригаде колхоза «Прогресс» Фатежского района Курской области:

1 – существующие полевые защитные лесополосы; 2 – проектируемые полевые защитные лесополосы; 3 – проектируемые водорегулирующие лесополосы; 4 – существующие прибалочные лесополосы; 5 – проектируемые прибалочные лесополосы; 6 – проектируемые аллеи; 7 – посадки на откосах оврагов; 8 – участки, отводимые под залужение и в почвозащитный севооборот; 9 – водозадерживающие валы; 10 – водоотводящие каналы; 11 – существующие плодовые сады; 12 – профилированные автодороги; 13 – выгон; 14 – луг; 15 – проселочные дороги

кращения оврагообразования в необходимых случаях запроектировано устройство водозадерживающих валов и закрепление активно растущих вершин. В почвозащитный севооборот отведено 98,8 га, или 5,6%, и под постоянное залужение 10,2 га, или 0,64% средне- и сильноосмытых пахотных земель на нижних, более крутых частях склонов. Предусматри-

ваются мероприятия по улучшению травостоя на пастбищах, а в дальнейшем и загонная система выпаса.

Названные мероприятия вместе с агрономическими мерами в условиях высокой культуры земледелия обеспечат резкое уменьшение стока и процессов эрозии, улучшение режима влажности и повышение плодородия почв и продуктивности всех сельскохозяйственных угодий. Мелиоративная лесистость по первой бригаде после создания лесонасаждений составит 4,0%, а по колхозу в целом (7638 га) – 4,1%. С учетом естественных (байрачных) лесов она соответственно будет равняться 9,4 и 8,2%. Указанный процент необходимой мелиоративной лесистости можно рассматривать как средний для районов Средне-Русской возвышенности с выраженным рельефом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Противоэрозионные насаждения во всех районах степи и в лесостепи являются необходимым элементом противоэрозионного комплекса. Создание на землях колхозов и совхозов систем защитных лесонасаждений и гидротехнических сооружений и устройств существенно изменит культурный ландшафт земледельческих районов нашей страны и повысит продуктивность сельскохозяйственных угодий. Разработка и внедрение комплекса противоэрозионной защиты требует всестороннего изучения почвенно-грунтовых условий территории, определяющих ее гидрологический режим при создании лесонасаждений. В связи с этим в книге по проблеме рельефообразования обосновано делювиально-пролювиальное происхождение лёссов, лёссовидных суглинков и глин, залегающих на водоразделах и склонах. Получила дальнейшее развитие теория генезиса рельефа А. С. Козменко. Дается новая схема развития склонов. Теория рельефообразования в трактовке автора дает возможность глубже понять особенности гидрологического режима территории.

В связи с уменьшением с севера на юг и юго-восток предзимнего промачивания почв глубина их промерзания уменьшается: серые лесные почвы, как правило, промерзают глубже черноземов, а черноземы глубже каштановых почв. Почва в лесных полосах и в приопушечной зоне промерзает меньше, чем на полях, а иногда совсем не промерзает; ледяная корка здесь образуется редко.

Противозерозионные лесонасаждения оказывают многообразное мелиоративное воздействие на сельскохозяйственную территорию. Их водопоглощающая эффективность со временем увеличивается. Рыхлая лесная подстилка является постоянно действующим фактором впитывания дождевых осадков, в зимний сезон она предохраняет почву от глубокого промерзания и создает условия для лучшего просачивания в почву талых вод. Суммарное поглощение талой воды в лесных полосах за период 1959-1966 гг. в среднем составило: на серых лесных почвах 326 мм (на полях 107 мм), на светло-каштановых почвах 234 мм (на полях 129 мм). На черноземах Каменной степи средняя за 11 лет величина водопоглощения в лесополосах равняется 503 мм, а в расчете на количество паводков 346 мм (И. П. Сухарев). Таким образом, величины инфильтрации талых вод в искусственно созданных насаждениях возрастают от серых лесных почв к черноземам и снижаются на каштановых почвах, т. е. они определяются прежде всего исходной водопроницаемостью почв. Удельное водопоглощение (на единицу площади) в лесонасаждениях прямо зависит от объема поступающей с поля воды, поэтому водопоглощающее действие лесополос, расположенных поперек склона, значительно выше, чем проходящих вдоль склона и чем массивного леса, особенно водораздельного.

Снегораспределительная функция лесополос должна контролироваться и регулироваться. Скопление больших снежных сугробов в них – явление отрицательное, так как оно сопровождается, с одной стороны, изъятием снега с полей и обеднением их влагой, а с другой – потерей снеговой воды на сток и усилением эрозии. Оптимальная мощность снежного покрова в водорегулирующих полосах более северных районов 70-85 см, южных и юго-восточных (с каштановыми почвами) 55-65 см; в прибалочных и приовражных полосах она должна быть не более соответственно 100-110 см и 70-80 см. К этому надо стремиться, совершенствуя конструкцию лесополос.

При современной культуре земледелия система лесополос и других насаждений еще не обеспечивает в нужной степени задержания и регулирования стока на полях, особенно в многоводные годы. Решение проблемы повышения водопоглощающей, и противозерозионной эффективности лесополос заключается в их совмещении с простейшими гидротехническими устройствами: обваловании лесополос по нижней опушке, устройстве в них прерывистых канав, возведении водозадерживающих валов на ложбинах по нижней, а в некоторых случаях и по

верхней опушкам. При этом противоэрозионная роль лесополос повышается в 3-4 раза и больше. Правильно построенная система лесополос в сочетании с простейшими гидротехническими устройствами, занимая около 3% территории, в состоянии задержать на полях около 50-60 мм талой воды и ливневый сток 20-30%-ной обеспеченности. Это очень существенно повлияет на общее увлажнение территории, повышение плодородия почв и продуктивности эродированных земель.

В лесополосах с валами и канавами резко возрастает потускулярное вхождение воды в почву и грунт, поэтому при близком залегании относительного водоупора формируется устойчивая верховодка или новый горизонт грунтовой воды и создаются более благоприятные условия увлажнения почвы в межполосном пространстве. Сочетание лесополос с простейшими гидротехническими устройствами открывает новые возможности активного влияния на водный режим почв и на общий гидрологический режим территории.

Сочетание леса и луга на сильноосмытых и размытых присетевых землях представляет мощное средство против смыва почв, и оврагообразования.

Противоэрозионное действие лесных насаждений и простейших гидротехнических сооружений и устройств в полной мере проявляется лишь при их правильном размещении. Построение эффективного комплекса противоэрозионной защиты на землях колхозов и совхозов требует разработки для каждого хозяйства грамотных проектов противоэрозионных лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий совместно с правильной организацией территории. На элементах водосборов рассеивающего типа целесообразно отказаться от прямолинейного расположения водорегулирующих лесных полос. В зависимости от условий рельефа лесополосы могут располагаться: а) прямолинейными отрезками, причленяющимися друг к другу под тем или иным углом, или в сочетании прямолинейных и криволинейных отрезков; б) вдоль горизонтали при спрямлении на ложбинах; в) приблизительно вдоль горизонталей с постепенным разгибанием концевых отрезков полос и отклонением их от горизонталей под углами до 20-25°.

Для увеличения мелиоративного действия лесных полос при одинаковом заданном проценте лесистости выгоднее иметь более узкие полосы (15-20) на сближенных расстояниях (они приводятся в зональном разрезе для различных условий на стр. 113).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алифанова Т. И. Водный режим почвогрунтов на лесозащитных полях Среднего Заволжья. Журн. «Сельское хозяйство Поволжья», 1959, № 6.
2. Альбенский А. В. Лесные полосы в борьбе с эрозией почв. В сб.: «Наука сельскому хозяйству». Сельхозиздат, 1963.
3. Арманд Д. Л. Физико-географические основы проектирования сети полезащитных лесных полос. Изд-во АН СССР, 1961.
4. Басов Г. Ф., Грищенко М. Н. Гидрологическая роль лесных полос. Гослесбумиздат, 1963.
5. Бондарчук В. Г. Геология Украины. Изд-во Академии Наук Украинской ССР, Киев, 1959.
6. Высоцкий Г. Н. Водоразделы и увлажнение степей. М., Изд. ВАСХНИЛ, 1937.
7. Герасимов И. П. О генезисе и возрасте сыртовых отложений Н. Заволжья. «Тр. Комиссии по изуч. четв. периода», т. IV, вып. 2. Изд-во АН СССР, 1935.
8. Глыбин Т. Г. Роль многолетних трав в защите прудов от заиления. «Тр. лаборатория озероководения», т. 7. Изд-во АН СССР, 1958.
9. Горшенин Н. М. Влияние лесных полос на баланс весенних вод. Журн. «Лес и степь», 1950, № 12.
10. Грин А. М. Динамика водного баланса Центрально-черноземного района. Изд-во «Наука», 1965.
11. Грин А. М., Назаров Г. В. Сравнительная характеристика впитывающей способности почв лесостепной зоны европейской части СССР. Журн. «Почвоведение», 1965, № 3.
12. Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. СПб., 1892, 2-е изд., 1953.
13. Долгов С. И. Исследование подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений. Изд-во АН СССР, 1948.
14. Дубянский А. А. Геология и подземные воды Каменной степи. «Записки Воронежского с.-х. ин-та», т. II (XVII). Воронежск. кн. изд., 1939.
15. Ивченко И. И. Полезащитное лесоразведение в Поволжье. В сб.: «Пути получения высоких урожаев в Поволжье», Сельхозгиз, 1957.
16. Кабанов П. Г. Полезащитные лесные полосы. «Основы земледелия», под редакцией Ф. И. Филатова и П. Г. Кабанова. Саратов, кн. изд., 1953.
17. Каулин В. Н. Влияние агролесомелиоративных мероприятий на сток талых вод с малых водосборов. «Мат. совещ. по вопр. эксперим. изуч. стока и воды, баланса речных водосборов», г. Валдай, 1965.

18. Качинский Н. А. Замерзание, размерзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и на полевых участках, 1927.

19. Коблев Ю. Н. Противоэрозионная роль агролесомелиоративных мероприятий на каштановых почвах правобережья Н. Волги. Автореф. диссерт. на соиск. ученой степени канд. с.-х. наук. Волгоград, 1963.

20. Козменко А. С. Работы Новосильской опытно-овражной станции по изучению приемов борьбы с эрозией: В сб.: «Эрозия почв». Изд-во АН СССР, 1937.

21. Козменко А. С. Борьба с эрозией в земледельческих районах СССР. В сб.: «Борьба с эрозией почв в СССР». Изд-во АН СССР, 1938.

22. Козменко А. С. Борьба с эрозией почв. Сельхозгиз, 1949.

23. Козменко А. С. Основы противоэрозионной мелиорации. Сельхозгиз, 1954.

24. Коль С. А. Исследования инфильтрационной способности почв сельскохозяйственных полей и лесных полос Каменной степи. «Тр. ГГИ», вып. 34(88), 1952.

25. Комаров В. Д. Исследование водопроницаемости мерзлой почвы. Журн. «Метеорология и гидрология», 1957, № 2.

26. Корнев Я. В. Эрозия почвы как фактор урожайности. В сб.: «Эрозия почв». Изд-во АН СССР, 1937.

27. Корнев Я. В. О борьбе с эрозией. Журн. «Соц. сельское хозяйство», 1939, № 10.

28. Корягин А. Н., Аксенов П. И. Регулирование стока на приводо-раздельных площадях. Журн. «Вестник с.-х. науки». 1964, № 9.

29. Кузник И. А. Агролесомелиоративные мероприятия, весенний сток и эрозия почв. Гидрометиздат, 1962.

30. Львович М. И. Гидрометеорологическое действие лесных полос и принципы их размещения на полях колхозов и совхозов. «Тр. ГГИ», вып. 23 (77), 1950.

31. Мазарович А. И. Стратиграфия четвертичных отложений Среднего Поволжья. «Тр. Комиссии по изуч. четв. периода», т. IV, вып. 2. Изд-во АН СССР, 1935.

32. Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса. Изд-во АН СССР, 1960.

33. Неуструев С., Бессонов А. Новоузенский уезд. Геологический и почвенный очерк. «Материалы для оценки земель Самарской губернии», Т. III. Изд. Самарск. губ. земства. Самара, 1909.

34. Неуструев С. С., Прасолов Л. И. Самарский уезд. Почвенно-географический очерк. «Материалы к оценке земель», Самара, 1911.

35. Разумова Л. А. Изменение запасов почвенной влаги в зимний период. Журн. «Метеорология и гидрология», 1950, № 1.

36. Саваренский Ф. П. Сыртовые глины Заволжья в бассейне рр. Б. и М. Узней. «Бюлл. МОИП. Отд. геол.», т. XXXV, 1927.
37. Сильвестров С. И. Эрозия и севообороты. Сельхозгиз, 1949.
38. Сильвестров С. И. Рельеф и земледелие. Сельхозгиз, 1955.
39. Сурин В. К. Геологическое строение и полезные ископаемые Орловской области. Орел, 1960.
40. Сурмач Г. П. Изучение водопроницаемости, стока и смыва на каштановых щепенистых почвах правобережья Нижней Волги в целях их мелиорации. АН СССР, «Тр. Почвенного института им. Докучаева», т. 48, 1955.
41. Сурмач Г. П. Почвенно-эрозионные исследования на Средне-Русской возвышенности. В сб.: «Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней». Изд-во АН СССР, 1956.
42. Сурмач Г. П. К вопросу о генезисе рельефа и сыртовых отложений Заволжья, Журн. «Почвоведение», 1960, № 9.
43. Сурмач Г. П. Ложбинная эрозия и меры борьбы с нею в сети лесных полос. «Сб. н.-иссл. работ ВНИАЛМИ», вып. 28, Волгоград, кн. изд., 1960.
44. Сурмач Г. П. К методике определения водопроницаемости почвы и ливневого стока. Журн. «Почвоведение», 1962, № 11.
45. Сурмач Г. П. Принципы размещения лесонасаждений на территориях с выраженным рельефом. В сб. «Лесхоз, и лесомелиор. наука в СССР (1917-1867 гг.)», Изд-во «Лесная промышленность», 1967.
46. Сухарев И. П. Гидрологическая и противоэрозионная роль лесных полос. Центр.-черноз. книгоизд., Воронеж, 1966.
47. Харитонов Г. А. Лес как фактор защиты почвы от эрозии и приемы противоэрозионной мелиорации. В сб.: «Борьба с эрозией почв в СССР». Изд-во АН СССР, 1938.
48. Харитонов Г. А. Водорегулирующая и противоэрозионная роль леса в условиях лесостепи. Гослесбумиздат, 1963.
49. Холупяк К. Л., Чернышев А. А. Новые данные для расчета ширины противоэрозионных лесных насаждений. «Научн. труды Укр. научно-исслед. ин-та лесного хозяйства и агролесомелиорации», вып. 18, Киев, 1956.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	9
<i>Глава I.</i> Геология, рельеф и процессы эрозии почв.....	12
Рельефообразование и строение четвертичных отложений.....	12
Рельеф и распределение эродированных почв на склонах.....	16
<i>Глава II.</i> Сток и водопоглощающая роль лесонасаждений.....	19
Факторы реальной водопроницаемости почв.....	19
Влияние лесных насаждений на поглощение талых вод и уменьшение стока.....	22
Замерзание и оттаивание почвы в сети лесополос.....	22
Просачивание воды в насаждениях во время снеготаяния.....	26
Влияние насаждений на просачивание и сток талых вод на серых лесных почвах.....	28
Влияние лесных полос на просачивание и сток талых вод на черноземах.....	35
Влияние лесных полос на просачивание и сток талых вод на светло-каштановых почвах.....	40
<i>Глава III.</i> Повышение водопоглощающей эффективности лесных полос	45
К вопросу о ширине водопоглощающих лесных полос.....	45
К обоснованию обвалования лесополос.....	50
Способы совмещения лесополос с простейшими гидротехническими устройствами и технология обвалования.....	51
Водопоглощающее действие лесных полос с обвалованием и с канавами.....	55
Водопоглощение в обвалованных лесополосах и уменьшение стока на черноземах Заволжья.....	55
Водопоглощающее действие лесной ленты с канавой на серой лесной почве.....	58
Водопоглощение в обвалованных лесополосах на светло-каштановых почвах.....	62
<i>Глава IV.</i> Противоэрозионная роль лесных полос.....	67
Характер противоэрозионного влияния лесных полос.....	67
Противоэрозионное действие сети лесополос.....	72
<i>Глава V.</i> Влияние лесных полос на грунтовые воды.....	80
Особенности режима грунтовых вод в оазисах с лесными полосами.....	80

Формирование верхнего горизонта грунтовых вод на склоне с дозадерживающими валами Новосильской станции им. А. С. Козменко	82
Влияние обвалованных лесных полос на повышение зеркала грунтовых вод и создание верховодки.....	91
<i>Глава VI. Противозерозионная организация территории и размещение защитных лесных насаждений.....</i>	<i>94</i>
Выделение эрозионных земельных фондов.....	95
Положение водопоглощающих лесополос в рельефе.....	100
Расстояние между лесополосами.....	108
Размещение лесонасаждений в колхозе «Прогресс», Фатежского района Курской области.....	113
Заключение.....	115
Литература.....	118

Г. П. СУРМАЧ, к. с.-х. н.
ПУТИ БОРЬБЫ С ЭРОЗИЕЙ ПОЧВ В СССР

Статья в сборнике ВНИАЛМИ «Итоги работ института, опытных станций и пунктов». – Волгоград, 1961. – Т. 1, вып. 35. – С. 45-67.

Земледелие в районах с резко выраженным рельефом сопровождалось в дореволюционный период большим развитием эрозии – смывом и размывом почв. Практики сельского хозяйства видели эрозионные разрушения почвенного покрова, главным образом овраги, и делали разрозненные попытки бороться с ними. В XIX столетии, особенно после реформы 1861 г., интенсивность эрозии в земледельческих районах сильно возросла в связи с повсеместной распашкой крутых склонов и в ряде районов берегов гидрографической сети. Внимание специалистов сельского и лесного хозяйства было привлечено к защите почвы от эрозии, однако систематических мер борьбы с этими процессами не применялось. Лишь на рубеже XIX и XX столетий в разных районах страны были начаты более или менее систематические работы по закреплению оврагов (размывов) и проводились до 1915 г., когда были прерваны в связи с империалистической войной (Н. И. Сус). Однако, как указывает Н. И. Сус, эти работы осуществлялись слишком медленными темпами и на низком техническом уровне и не сыграли существенной роли в защите почв от эрозии.

Помимо социально-экономических условий, важной причиной неуспеха противоэрозионных работ было отсутствие теории, которая освещала бы путь практике. Н. И. Сус пишет, что «пионерам лесомелиорации приходилось самим прокладывать пути развития новой отрасли знания и идти тяжелой дорогой эмпирической ошупи».

Отметим, что выводы Тульской гидрологической экспедиции, работавшей под руководством А. С. Козменко с 1908 по 1916 гг., послужили основой для разработки общей теории эрозии и мероприятий по борьбе с нею.

После Октябрьской социалистической революции научная разработка проблемы борьбы с эрозией связана, главным образом, с деятельностью Новосильской опытно-овражной станции Орловской области,

основанной А. С. Козменко в 1923 г., а также с работой некоторых других научно-исследовательских учреждений. ВНИАЛМИ, куда вошла Новосильская станция, унаследовал и развил ее достижения в области теории и практики борьбы с эрозией. Поэтому при определении места института в разработке этой проблемы будем иметь в виду также и предшествующую деятельность Новосильской опытной станции.

Вопросы теории

Объяснением генезиса эрозионно-аккумулятивного рельефа занимается геоморфология. В этой науке господствовал односторонний, чисто геологический подход, который фазы активизации эрозии, в том числе и современной, ставил в зависимость исключительно от эпейрогенических колебаний земной коры или эвстатических колебаний уровня морей и никакого значения не придавал биоклиматическим факторам. Это породило много неправильных суждений в отношении современной эрозии – смыва и в особенности размыва. Например, процессы современного размыва (оврагообразования) на Средне-Русской возвышенности (Тульская, Орловская, Курская, Воронежская и др. области), согласно этим представлениям, связаны с поднятием этой возвышенности и врезанием рек, причем сторонники этих взглядов в качестве доказательства самого поднятия ссылаются на овраги, которые якобы «могут быть надежными показателями современных, наиболее молодых, вековых поднятий». Оврагообразование на Приволжской возвышенности (Ульяновская, Куйбышевская, Саратовская, Волгоградская и др. области) связывают с современным врезанием р. Волги. Однако имеется немало фактов, свидетельствующих о том, что в исторический период активизация эрозии, вызванная распашкой склонов, сопровождалась заносом русел рек и их обмелением. Очевидно, повышение базиса эрозии в связи с подъемом уровня воды в водохранилищах не влияет на процессы эрозии в вышележащих звеньях гидрографической сети и на склонах. Историческая эрозия развивалась на основе базисов, сложившихся в результате древних эрозионных процессов, без изменения этих базисов.

Сложный вопрос о генезисе рельефа и покровных отложений также не получил в геоморфологии удовлетворительного разрешения. Одни исследователи формирование покровных отложений представляли в отрыве от генезиса склонов и гидрографической сети (эоловая, флювиогляциальная, озерно-лагунная и др. гипотезы). Другие генезис эрозион-

ного рельефа не увязывали с процессами образования покровных отложений. Все это, а также недооценка роли биоклиматических факторов в развитии как древних, так и современных эрозионных процессов, породило неправильную гипотезу так называемой «нормальной геологической денудации» и «ускоренной эрозии». Под нормальной геологической денудацией понимается медленный, непрерывно протекающий процесс смыва и размыва почвенного покрова, покрытого девственной степной или лесной растительностью, постепенно формирующий эрозионный рельеф; этот процесс ускоряется и замедляется под влиянием эпейрогенических колебаний земной коры. Однако эта концепция не увязана с установленными наукой фактами больших климатических изменений и оледенений обширных областей Союза и прохождением больших масс ледниковых вод, а также с другими фактами (наличие погребенных почв и т. д.).

Против утверждения о возможности смыва почв в условиях девственной степи в свое время решительно возражал П. А. Костычев, который писал: «Может быть все лица, придающие большое значение смыванию и вымыванию перегноя, вводились в заблуждение наблюдениями в местах, по преимуществу распаханых». «Мне пришлось проехать тысячи верст по пространствам непаханого чернозема, и нигде, несмотря на мое особенное старание, я не мог найти не только явного смывания или вымывания, но и малейших признаков его».

Отсутствие ясности в вопросе о генезисе рельефа повлекло смешивание древних процессов и форм эрозии, протекавших в особых физико-географических условиях, с современными, вызванными сельскохозяйственной деятельностью человека. На практике такое смешивание способно повредить делу мелиорации эродированных земель, так как те и другие эрозионные формы требуют различного подхода при их освоении, в частности при облесении.

Основой практических действий в области противоэрозионной мелиорации является общая теория эрозии проф. А. С. Козменко.

Теория представляет собой оригинальную систему взглядов на развитие эрозионных процессов в естественноисторическом аспекте, на генезис рельефа. Она построена на основе изучения геологического строения склонов и геоморфологического анализа с учетом геологических, климатических и биологических факторов, а также сельскохозяйственной деятельности человека, и имеет значение не только познавательное, но и большое практическое, так как ряд ее положений получил преломление в практике противоэрозионной мелиорации.

Упомянутая система взглядов и разработанные на этой основе принципы борьбы с эрозией и получили название школы Козменко.

Основные положения концепции А. С. Козменко в общих чертах сводятся к следующему:

1. Научно установлено, что в послетретичный период истории земли, в связи с общими климатическими изменениями, обширные районы нашей страны несколько раз (3-4) подвергались оледенениям или покрывались большими снежными массами; холодные ледниковые эпохи чередовались с межледниковыми, которые отличались, по крайней мере, в своих начальных стадиях, сухостью. Таяние ледников и снежных скоплений обусловило прохождение в конце каждой ледниковой эпохи громадной массы талой воды. В районах оледенений и образования устойчивых снежных скоплений растительный покров полностью исчезал с лица земли, а после схода снегов медленно завоевывал открытые территории.

2. Изменение общеклиматических и общебиологических условий и режима стока определило своеобразное цикличное развитие эрозионно-аккумулятивных процессов в четвертичный период. Каждый последующий цикл, соответствующий новой эпохе оледенения и таяния снежно-ледниковых масс и межледниковой эпохе, напоминал предыдущий по характеру развития процессов эрозии, однако при этом создавались новые формы рельефа на базе форм предыдущего цикла. Эрозионный цикл проходил в основном три стадии:

стадию размыва – углубления и расширения (за счет подмыва преимущественно инсолируемых берегов) гидрографической сети под влиянием больших масс стока и отложения грубого материала на путях стока (пески, галечники);

стадию бокового смыва (удаления) коренной или покровной породы, приведшую к образованию коренного или вторичного склона определенной формы; вторая стадия протекала одновременно с первой и после ее завершения;

стадию формирования покровной породы (лесссы, лёссовидные суглинки и глины) путем делювиального смыва с вышележащих участков склонов рыхлых продуктов выветривания и отложения их в понижениях рельефа и на пологих склонах.

Указанные стадии эрозионных циклов протекали в условиях отсутствия растительного покрова или крайней скудости его (в третьей стадии). Интенсивность делювиального процесса ослабевает по мере распространения растительности и усиления почвообразования, и

этот процесс полностью прекращался в случаях образования сомкнутой дернины или лесной подстилки.

А. С. Козменко считает, что в истории послетретичного периода имели место три цикла эрозии. Первый из них был самым грандиозным эрозионным процессом, в результате которого, в первой и второй его стадиях, сформировался коренной рельеф и возникли песчано-галечниковые образования, а в третьей стадии образовалась нижняя красно-бурая толща лёссовидных суглинков и глин. В первой и второй стадиях второго цикла выработалась на новых уровнях и выросла в длину гидрографическая сеть, а в третьей стадии на размытой поверхности красно-бурых пород или их дериватах сформировался делювиальным путем верхний ярус желтых или желто-бурых лёссов и лёссовидных пород. Третий цикл эрозии выразился, главным образом, в размыве гидрографической сети и отчасти в смыве почв и покровной породы на склонах.

В первой стадии каждого цикла имели место подмыв, преимущественно, инсолируемых берегов, что обусловило возникновение асимметрии склонов и берегов гидрографической сети.

Образование склонов различной формы связано как со стратиграфическими соотношениями твердых и рыхлых коренных пород, слагающих местность, так и со строением и мощностью покровных лёссовидных отложений, а мощность их в свою очередь, зависит от плотности пород и крутизны склона. Например, при залегании в верхней части толщи рыхлых пород, а в нижней твердых сформировались склоны выпуклой формы, при обратном сочетании пород – склоны вогнутой формы. На однородных по плотности породах профиль склона приближается к прямой. Чередование рыхлых и твердых прослоек дает ступенчатые склоны.

Важнейшим разделом теории А. С. Козменко является учение о гидрографической сети, расчленяющей территорию. Гидрографическая сеть сформировалась в периоды древних эрозионных циклов, поэтому в ее строении получили яркое отражение следы этих процессов в виде «желобов» различной формы, выработанных в коренных породах и выполненных рыхлыми наносами различного возраста. А. С. Козменко дает генетическую классификацию гидрографической сети, выделяя в качестве ее звеньев ложбины, лощины, суходолы и долины. Каждое звено имеет присущие ему особенности внутреннего и внешнего строения и замыкает определенную водосборную пло-

щадь. В составе сети ложбины, лощины и суходолы составляют по протяженности около 92%, на долины же приходится не более 8%.

По завершении третьего цикла эрозии, когда расчлененная территория покрылась растительностью и сформировался нормальный почвенный покров, эрозионный процесс полностью затух (за исключением речных русел), и рельефообразование прекратилось. Биологическим фактором подавлен естественный геологический процесс, который до этого, в условиях стабильности базисов, эрозии, был направлен на уничтожение разницы высот и низин, на выравнивание форм поверхности.

Дальнейшая активизация эрозии – в исторический период – связана исключительно с хозяйственной деятельностью человека.

Насколько неясен был вопрос о генезисе гидрографической сети и соотношении древних эрозионных форм с современным размывом, свидетельствуют следующие слова В. В. Докучаева, наблюдавшего донный размыв в б. Новосильском и Чернском уездах: «На дне таких балок или же независимо от них на том или другом склоне можно видеть совершенно иной сорт промоин, тип молодых, еще развивающихся оврагов». «Почему прекратился когда-то рост старого оврага (так что на его дне и стенах успел образоваться чернозем), что вызвало появление новой промоины и способствовало ей перерасти своего предшественника, – все это хотя и весьма интересные вопросы, но без детальных исследований не могут быть решены». Таким образом, В. В. Докучаев считал необходимым проведение детальных исследований с целью выявления причин активизации эрозии, в частности современного размыва.

В условиях интенсивного бессистемного использования земель эрозионные процессы развиваются весьма динамично на основе базисов эрозии, сложившихся к концу третьего цикла эрозии; эпейрогенические колебания земной коры не могут оказать заметного влияния на эти процессы. Смыв почв и размыв почво-грунтов приурочены к гидрографической сети и падающим к ней склонам.

Из изложенного следует, что неправильно и вредно смешивать гидрографическую сеть с современными формами размыва, называя то и другое «оврагами». Однако такое смешивание допускается в литературе и в настоящее время. Именно поэтому А. С. Козменко предложил исключить слово «овраг» из употребления, заменив его термином «размыв», а вместо термина «балка» ввел «суходол». При хозяйственном использовании земель надо бороться не с гидрографической

сетью, а с процессами современного размыва и подмыва берегов, с разрушением почв на берегах и днищах сети.

Однако не все стороны теории достаточно полно разработаны. Например, при объяснении генезиса рельефа и покровных отложений остался слабо освещенным генезис речных аккумулятивных террас, являющихся важным элементом рельефа. Неясен также вопрос о формировании рельефа в районах сплошного распространения покровных лёссовидных пород, где они занимают площади в сотни и тысячи кв. километров, причем на водоразделах отсутствуют выходы коренных пород (Куйбышевское и Саратовское сыртовое Заволжье, юг Украины), а также некоторые другие стороны этого вопроса.

Указанные вопросы получили дальнейшую разработку в работе автора «К вопросу о генезисе рельефа и сыртовых отложений Заволжья». В отношении генезиса террас в ней развиты, с учетом литературных данных, следующие положения:

1. Песчано-галечниковые образования отлагались в руслах стока во время прохождения снежно-ледниковых вод; воды миндельского оледенения (1 эрозия, А. С. Козменко) сформировали галечниково-песчаные отложения III террасы, воды рисского оледенения-основания II террасы, воды вюрмского оледенения – основания I террасы.

2. Песчано-глинистые или суглинистые лёссовидные отложения, являющиеся верхними членами II и I террас, образовались одновременно с отложением на склонах лёссовидных пород (после таяния снежно-ледниковых скоплений) путем осаждения взмученного материала, поступавшего со склонов и перегружавшего реки во время разливов: верхний член II террасы генетически связан с красно-бурыми лёссовидными породами, а верхний член I террасы с желто-бурыми лёссовидными суглинками (или глинами) и лёссами. Чем моложе терраса, тем ярче выражен лёссовидный облик пород, слагающих ее верхний член.

3. Уступ каждой террасы сформирован водами последующей климатической эпохи, расширившими и углубившими русло и отложившими галечниково-песчаные породы: III террасы – водами рисского оледенения, II террасы – вюрмского оледенения, I террасы – тальными водами в эпоху так называемого неовюрма и во время разливов в последующее время.

Врезание речных русел в верхнем и среднем течении и образование террас могло проходить при неизменном базисе эрозии лишь под влиянием больших масс талых вод, слабо насыщенных мелкоземом; во всяком случае, нет доказательств понижения базиса эрозии р. Волги в вюрмскую эпоху по сравнению с рисской; скорее наоборот, в вюрмскую эпоху врезание реки проходило при более высоком базисе, о чем свидетельствуют факт пересечения I и II террас в низовье Волги (южнее устья р. Еруслана).

Формирование покровных отложений в областях сплошного их распространения (например, в сыртовом Заволжье) проходило в условиях отсутствия растительности или крайней ее скудности (после схода снежных скоплений), в результате делювиально-пролювиальных процессов – за счет приноса продуктов выветривания с отдаленных возвышенных районов, а также и с местных высот. Образовавшиеся делювиальные равнины расчленились в последующие эпохи размыва, в результате возникли водораздельные седловины различного возраста: седловины в коренных породах – в эпоху миндельского размыва или раньше (I эрозия), в красно-бурых лёссовидных породах – в эпоху рисского размыва (II эрозия), в желто-бурых породах – в вюрмскую эпоху (III эрозия). В некоторых случаях более древние седловины изолировали отдельные участки водоразделов от последующего наноса покровных пород, что обусловило выход к дневной поверхности в одних случаях коренных пород (редко), в других – древнечетвертичных красно-бурых лёссовидных пород; в подавляющем же большинстве случаев водоразделы покрыты желто-бурыми лёссами и лёссовидными суглинками, и седловины в них выработались в вюрмский эрозионный цикл (III эрозия). В этот же период ложино-суходольная сеть в основном приобрела современные очертания; на склонах, до того, как сформировался почвенный покров, шел процесс переотложения делювиальных суглинков.

Таковы, в общих чертах, положения, дополняющие общую теорию генезиса рельефа А. С. Козменко. Само собой разумеется, что эта теория и в дальнейшем должна развиваться.

Из теории А. С. Козменко вытекают важные общие выводы, давшие возможность Новосильской опытной станции приступить к систематической разработке противоэрозионных мероприятий. Это, прежде всего, строгое разграничение древних форм эрозии и форм эрозии современной, что позволило фиксировать внимание на борьбе

со смывом и различными формами размыва в гидрографической сети, а не с самой гидрографической сетью. Подчеркнуто, что древний рельеф – разность высот и низин – является главнейшим фактором эрозии, определяющим ее пространственное распространение. Обосновано, что современные эрозионные процессы развязаны вследствие нерациональной хозяйственной деятельности человека, обнажившей поверхность крутых склонов от девственного растительного покрова и резко нарушившей условия поверхностного стока. Отсюда следует, что главные усилия надо направлять на борьбу с причиной эрозии и осуществлять комплексное воздействие на водосбор.

Новосильская станция и ВНИАЛМИ разработали, под руководством А. С. Козменко, систему организационно-хозяйственных, лесомелиоративных и агротехнических мероприятий и технических приемов, направленных на защиту почвы от эрозии. Усилиями эрозионников различных научно-исследовательских учреждений эта система развивается и конкретизируется применительно к местным условиям.

Распространение процессов эрозии и наносимый ими вред

Общая характеристика стока. Согласно карте Д. Л. Соколовского, средняя величина весеннего стока уменьшается с севера на юг и юго-восток. Так, например, в Тамбовской области она в среднем составляет 80-90 мм, а в Волгоградской – 30-48 мм. Однако средние величины еще не характеризуют сток по угодьям. С точки зрения борьбы с эрозией очень важно знать величины весеннего стока с различных видов пашни в зональном разрезе и их соотношения.

На основе обобщения имеющихся литературных и наших собственных данных по стоку можно заключить, что на обычной осенней пахоте как величина, так и коэффициент стока, если передвигаться на юг и юго-восток, довольно резко падают. Так, на подзолистых почвах коэффициент стока с зяби в разные годы колебался в пределах от 0,50 до 0,93, причем часто повторяются годы с очень высокими коэффициентами стока, в отдельные же годы они снижаются до нуля; величины стока обычно составляют 80-100 мм и больше, в зависимости от снегозапасов (Небольсин и Надеев, Жигалов). На серых лесных почвах Центральной лесостепи – по данным, полученным в последние годы на Новосильской опытной станции¹, – коэффициент стока с зяби колебался в

¹В 1959 г. данные по стоку получены нами совместно с научным сотрудником Новосильской оп. станции В. Н. Дьяковым, в 1960 г. – Дьяковым под руководством автора.

пределах от 0,5 до 0,7; величины стока, в зависимости от снеготолщин, достигают 100 мм и больше. На серых лесных почвах Черниговской лесостепи, согласно данным Придеснянского опытного пункта, коэффициент стока составлял 0,28-0,45 (Кобезский, Гончар). На черноземах коэффициенты стока на зяби еще ниже, причем по мере продвижения на юг все больше уменьшаются. В условиях Каменной степи коэффициент стока в среднем равнялся на старопашке около 0,4 при величине стока около 30 мм, а по пласту трав около 0,04 (Сухарев). На черноземах Заповольжья коэффициент стока на зяби обычно не превышает 0,1 и редко достигает 0,5 (Поляков, Кузник, Назаров, Сурмач); около половины годов характеризуется почти полным отсутствием стока. На каштановых почвах в условиях Волгоградской области за последние 16 лет – с 1946 по 1961 гг. согласно обработанным нами данным ВНИАЛМИ, стока на зяби не было в течение 9 лет, т. е. 56%.

Таблица 1

Соотношение коэффициентов стока с зяби и уплотненных видов пашни (озимые, многолетние травы, стерня) (K_p/K_n)

Наименование почв	(K_p/K_n)
Подзолистые	0,9-1,2
Серые лесные	0,7-0,9
Черноземы лесостепи	0,2-0,6
Черноземы степи	0,0-0,3
Каштановые почвы	0,0-0,2

Величина и коэффициент стока с других видов пашни, как-то: озимые, многолетние травы, стерня и с выгонов уменьшаются с севера на юг и юго-восток более постепенно и на черноземах и каштановых почвах почти ежегодно наблюдается значительный сток с указанных угодий (см. табл. 1).

Приведенные соотношения показывают, что на подзолистых почвах коэффициент стока с зяби приблизительно равен или превышает коэффициент

с озимых и особенно с многолетних трав.

На серых лесных почвах он несколько ниже, чем на уплотненных участках пашни. На черноземах и каштановых почвах сток с зяби намного ниже, чем с озимых многолетних трав и стерни. С другой стороны, хорошо известно, что зяблевая пахота наиболее податлива смыву в период весеннего стока.

Из изложенного вытекают два важных вывода:

Если на подзолистых и отчасти на серых лесных почвах в целях уменьшения смыва надо разрабатывать приемы спокойного отвода непоглощенного стока с осенней пахоты, то на черноземах и каштановых почвах необходимо стремиться к полному задержанию талых вод.

В более засушливых условиях (черноземы, каштановые почвы) такое сочетание пашни, когда выше по склону размещаются поля,

дающие большой сток, а ниже – осенняя пахота, намного усиливает смыв почвы; в таких случаях, в целях защиты рыхлой пашни, необходимо позаботиться о задержании стока на вышеуказанных стокообразующих полях или о спокойном отводе его – с расчетом, чтобы он не поступал на зябь.

Вопрос о ливневом стоке будет вкратце рассмотрен ниже при изложении мероприятий против ливневой эрозии.

Процессы смыва и размыва. Сильное проявление эрозии наблюдается в районах с выраженным рельефом, где местность глубоко и часто расчленена гидрографической сетью.

Эродированность почвенного покрова в некоторых районах степи и лесостепи характеризуется следующими данными. В наиболее эродированных приречных пунктах Орловской области (колхозные земли, примыкающие к Новосильской опытной станции) несмытые и слабосмытые почвы (серые лесные и черноземы), по нашим подсчетам, составляют около 39,6%, среднесмытые 38,6%, сильносмытые 19% и весьма сильносмытые 2,8%. В колхозе Острогжского района Воронежской области несмытые и слабосмытые почвы (разных типов) занимают 40,5%, среднесмытые 27,3%, сильносмытые 18,8% и весьма сильносмытые 13,4% от площади землепользования.

На основании приведенных данных был подсчитан общий вынос почвы в среднем с каждого гектара за весь период, в течение которого земли систематически распахивались (для расчетов принято 350-400 лет).

По Новосильскому ключевому участку он составил всего 1764 м³ или 4,4 м³ ежегодно; по Острогжскому участку – 1871 м³ или 4,7 м³ ежегодно. Величину ежегодного осредненного смыва в целом для Орловской и Воронежской областей следует уменьшить приблизительно в три раза, имея в виду, что ключевые участки расположены в наиболее расчлененных и сильно эродированных приречных районах. Тогда осредненный на всю площадь ежегодный смыв в указанных областях выразится величиной в 1,4 м³/га. Если учесть, что с введением глубокой тракторной пахоты и повышением культуры земледелия сток значительно сократился (на 25-30%), то величину смыва в настоящее время можно снизить до 1 м³/га.

Эродированность серых лесных почв в восточной части Хомутовского района Курской области согласно нашим подсчетам, произведенным вместе с почвоведом Курского управления землеустройства

М. В. Устиновым и М. Н. Никериним, характеризуется данными, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

**Распределение почв по степени смытости в восточной части
Хомутовского района**

Наименование колхозов	Общая площадь землепользования, га	Площадь пашни, га	В том числе, %			
			несмытой	слабосмытой	среднесмытой	сильносмытой
Им. Крупской	3563	2540	36	46	13	5
«Страна Советов»	3371	2430	26	44	23	7

Приведенные данные относятся лишь к пашне, и поэтому не полностью отражают эродированность почвенного покрова.

В Куйбышевском Заволжье, где интенсивное освоение территории под земледелие проходило значительно позднее (180-200 лет тому назад) распределение почвенного покрова по степени смытости, согласно нашим исследованиям на ключевых участках, представляется в следующем виде: несмытые почвы составляют в разных пунктах от 20 до 35% от всей площади, слабосмытые от 48 до 65%, среднесмытые от 8 до 20%, сильно- и весьма сильносмытые почвы занимают около 2-3,5% территории. Таким образом, смывом в той или иной степени затронуто от 65 до 80% площади, причем средне-, сильно- и весьма сильносмытые почвы составляют от 10 до 22%.

Эродированные почвы распространены и в других районах нашей страны.

На первом этапе снеготаяния со склонов стекает довольно прозрачная вода, с появлением же проталин смыв почвы резко возрастает. Слой стока, производящий смыв, выражается в среднем величинами 14-18 мм. Поэтому интенсивность смыва на пашне во время снеготаяния в одинаковых условиях рельефа бывает приблизительно одинаковой как в северных, так и в южных районах; некоторая разница может вызываться лишь тем, что в южных районах весенний сток чаще полностью отсутствует, особенно сток с зяби. Смыв на залежах и пастбищах в южных и юго-восточных районах, в связи с худшими условиями произрастания травянистой растительности протекает сильнее, чем в северных.

В направлении с севера на юг возрастает сила размыва (при одинаковых условиях рельефа и на сходных материнских породах), что также связано с различной энергией произрастания растительности. Ливневая эрозия в южных районах проявляется сильнее, чем в северных. Таким образом, защитная роль растительности, особенно травянистой, падает по мере продвижения на юг и юго-восток; это в ряде случаев снижает эффективность некоторых противоэрозионных мероприятий в более южных районах.

Интенсивность эрозии по элементам водосбора различна. На распахиваемых склонах выпуклой формы, не расчлененных или слабоборасчлененных древними ложбинами, смытость почв обычно возрастает по мере движения вниз по склону: на ровных водораздельных участках и примыкающих отрезках склонов крутизной до $1,5^\circ$ залегают несмытые или очень слабосмытые почвы; далее следует последовательно сменяющиеся пояса слабосмытых, среднесмытых, сильносмытых и местами весьма сильносмытых почв. Однако история распашки в ряде случаев вносит существенные поправки в эту схему. Например, вблизи населенных пунктов нижние участки склонов отводились под выпас скота и до настоящего времени не распахивались, ввиду чего смыв на них протекал слабо. При таком сочетании угодий нарастание смытости почвы наблюдается лишь до нижнего края пашни, граничащего с пастбищем; здесь она может достигать средней, а иногда и сильной степени. На выпасах в узкой полосе, примыкающей к пашне, наблюдается намыв.

На длинных выпуклых или прямых склонах, которые зачастую расчленены древними ложбинами, наблюдается иная закономерность: уменьшение на них мощности почвы, вследствие смытости, наблюдается приблизительно до половины или двух третей склона (считая от водораздела), где ложбины еще не выражены, здесь обычно располагается пояс слабой и средней смытости. Ниже по склону в зоне ложбинности наблюдается резко выраженная комплексность по смытости: на участках межложбинных водоразделов залегают несмытые или слабосмытые почвы (редко среднесмытые), на микросклонах и в днищах ложбин – средне-, сильно- и весьма сильносмытые. Указанное распределение эродированных почв по склону объясняется более или менее рассеянным прохождением стока в предложбинной зоне и его концентрацией в ложбинах, исключаяющей воздействие на межложбинные участки.

На склонах вогнутой формы наибольшая интенсивность смыва и наличие эродированных почв наблюдается в верхних более крутых участках склонов; вниз по склону смыв ослабевает и постепенно сменяется аккумуляцией, в связи с чем на пологих шлейфах получили распространение намытые почвы. Однако в ложбинах, ввиду нарастания массы стока, имеет место и смыв и размыв почвы.

На берегах гидрографической сети, которые подвергались в прошлом распашке или сильному разбиванию, обычно залегают сильносмывные и размывные почвы, на хорошо задернованных берегах – намытые или вторично намытые почвы.

На основании обобщения имеющихся материалов можно принять, что урожаи на эродированных почвах снижаются в следующих соотношениях: на слабосмывных до 10-15% (средний коэффициент 0,07), на среднесмывных от 10-15 до 40% (средний коэффициент 0,25), на сильносмывных от 40 до 60% (средний коэффициент 0,5) и на весьма сильносмывных от 60 до 80% (средний коэффициент 0,7). Если исходить из среднего урожая зерновых на несмывных почвах в 12 ц/га, то, принимая во внимание фактическую эродированность почв, ежегодный недобор зерна с каждых 100 га посевов выразится величинами: по колхозу им. Крупской, Хомутовского района, 108 ц, по колхозу «Страна Советов»-148 ц, а при пересчете на всю пашню, соответственно, 2743 и 3596 ц (включая и занятые пары, где парозанимающие культуры будут также давать пониженный урожай).

Продуктивность выпасов и сенокосов на эродированных землях также значительно ниже, в связи с чем ежегодные убытки от недобора продукции еще повысятся, Урожай сена на таких сенокосах в центральной лесостепи, по подсчетам Новосильской опытной станции, не превышает 6-9 ц/га.

Большой вред сельскому хозяйству наносит размыв (оврагообразование), который, с одной стороны, разрушает пахотные угодья и обуславливает иссушение почво-грунтов, а с другой, приводит к заносу, ценных земель в поймах и на террасах рек, образуя обширные конусы выноса из слабогумусированных пород. Площади, занимаемые оврагами, образовавшимися преимущественно в дореволюционный и доколхозный периоды, довольно значительны. Так, например, в упомянутых колхозах «Страна Советов» и им. Крупской, Хомутовского района, под оврагами находится, соответственно, 1,1 и 2,2% от всей территории. В сильно расчлененных приречных пунктах под ни-

ми находится до 3-4% площади. Размыв продолжает развиваться и в настоящее время.

Мероприятия по борьбе с эрозией

Приводораздельные площади и пологие склоны являются ареной, где формируется сток талых и ливневых вод, вызывающий сильное разрушение почвенного покрова в нижних участках склонов и в гидрографической сети. Поэтому весь водосбор, начиная сверху, должен быть охвачен противоэрозионными мероприятиями. В основном трудами Новосильской опытной станции и ВНИАЛМИ разработана система мероприятий по защите почвы от эрозии, включающая организационно-хозяйственные, лесомелиоративные, лугомелиоративные и агротехнические мероприятия и технические приемы. (А. С. Козменко, Г. А. Харитонов, Я. В. Корнев, С. И. Сильвестров, Г. Я. Бронзова, А. Д. Ивановский и др.). В настоящее время осуществляется дальнейшая разработка и конкретизация этой системы с учетом местных условий.

Организационно-хозяйственные мероприятия. Противоэрозионной организацией территории предусматривается: а) выделение эрозионных фондов; б) система севооборотов (полевых и почвозащитных кормовых) с правильным размещением полей, обеспечивающим проведение пахоты в основном поперек склонов; в) отвод наиболее эродированных участков под постоянное залужение или мелиоративные насаждения; г) размещение системы лесонасаждений; д) регулирование выпаса скота и другие мероприятия.

В районах старой земледельческой культуры при наиболее распространенной выпуклой форме склонов важно осуществить мероприятия по защите от эрозии гидрографической сети и прилегающих крутых участков склонов, где наиболее интенсивно протекают смыл почв и размыв почво-грунтов. При таком типе рельефа полевые севообороты размещаются на плато и приводораздельных участках склонов крутизной до 2,5° на южной экспозиции и до 3° на других экспозициях; они занимают несмытые, слабосмытые и часть пояса среднесмытых почв. Нижележащие отрезки склонов при ширине пояса сильносмытых и размывных почв вместе с нижней частью пояса (от 1/3 до 1/2 его ширины) среднесмытых почв не менее 100-150 м отводятся под почвозащитные севообороты, в которых многолетними травами занимают от 40 до 70% площади (3-5 полей). В случаях, когда полоса сильно эроди-

рованных почв имеет небольшую ширину, а также при частой изрезанности склона размывами, присетевые участки отводятся под постоянное или периодическое залужение и мелиоративные лесонасаждения. Согласно нашим расчетам, произведенным на примере восточной части Хомутовского района, в сильно эродированных районах Центральной лесостепи под почвозащитные севообороты и залужение должно отводиться около 10-12% от площади пашни, которая в настоящее время используется в полевых севооборотах. Из этой площади под постоянное залужение и лесонасаждения должно отойти около 30-35%. По расчетам С. И. Сильвестрова, под указанные севообороты должно отойти не менее 20% пашни.

В районах сильной эрозии берега балок обычно занимают под защитные лесополосы в сочетании с лугом, а в районах интенсивного садоводства и виноградарства (например, в Молдавии) – под сады и виноградники, широко применяя при этом террасирование берегов и прилегающих крутых участков склонов.

На элементах водосборов, представленных прямыми длинными склонами крутизной в $2,5-3^\circ$ и выше, нижние части указанных склонов целесообразно использовать в почвозащитных, а верхние в полевых севооборотах.

На склонах с вогнутой формой профиля нижние шлейфовые части при их крутизне от $0,5^\circ$ до $2,5^\circ$ занимаются под полевые и кормовые севообороты, верхние более крутые отрезки под почвозащитный севооборот или под залужение, в сочетании с мелиоративными насаждениями, а в более благоприятных условиях – под сады. В районах старого земледелия склоны круче $5-6^\circ$ нецелесообразно включать в почвозащитные севообороты; их следует использовать под культуру многолетних трав и мелиоративные насаждения (узкие лесополосы, кустарниковые кулисы).

В правобережье Нижней Волги водораздельные бугры в ряде случаев сложены третичными песками, которые вследствие разбивания, развеваются и погребают более ценные почвы на склонах; при этом возникают котловины выдувания. Такие песчаные водораздельные участки целесообразно отводить под сплошное или куртинное облесение, занимая их сосной. Наглядным примером использования дефлированных массивов под сосновые культуры является лес в окрестностях Камышина, созданный в большей своей части в период с 1904 по 1915 гг.

При проведении противоэрозионной организации территории принимается во внимание не только тип рельефа, но также конкрет-

ные физико-географические и хозяйственно-экономические условия и эродированность почвенного покрова. Например, в условиях Юго-востока Европейской части СССР под культуру трав и узкополосное облесение могут быть отведены гораздо большие площади склоновых земель, чем в более северных районах, а тем более в районах нового освоения целинных земель. В районах интенсивного садоводства и виноградарства крутые склоны занимают под садовиноградные культуры, применяя террасирование.

Лесомелиоративные мероприятия. При создании мелиоративных насаждений на эродированной территории применяют: 1) сплошное облесение; 2) прибалочные (прибровочные) лесополосы; 3) приовражные (отеняющие) лесополосы; 4) насаждения на крутых эродированных берегах балок и в днищах оврагов (размывов); 5) водорегулирующие полосы; 6) узкие снегораспределительные (ветроломные) полосы и кустарниковые кулисы на участках залужения; 7) на пахотных склонах размещаются полезащитные полосы, которые выполняют и противоэрозионные функции. У профилированных дорог размещаются посадки аллейного типа.

Под сплошное облесение отводятся крутые размытые берега гидрографической сети (круче $18-20^\circ$), малопригодные под выпас скота или сенокосы, а также крутые сильносмытые участки прилегающих склонов. При отсутствии на берегах лесонасаждений создается прибалочная лесополоса шириною от 20 до 50 м (в зависимости от условий рельефа и эродированных почв).

Приовражные (отеняющие) полосы выращиваются около береговых (на необлесенных берегах) и склоновых размывов и располагаются на расстояниях, обеспечивающих сохранность насаждений после принятия стенками размыва угла естественного откоса (практически 3-5 м). Близкое расположение полосы от бровки создает условия для естественного самооблесения размыва. Приовражная полоса должна выступать на 15-20 м выше вершины размыва и окаймлять водоподводящую ложбину, дно которой должно находиться в хорошо задернованном состоянии. Эти полосы, вследствие особенностей их размещения (преимущественно вдоль склонов), в большинстве своем не выполняют функций поглощения стока с полей, поэтому их ширина меньше, чем прибалочных (10-15 м).

Водорегулирующая лесополоса размещается на границе между полевым и почвозащитным севооборотами, когда последний распола-

гается в нижней присетевой части склона. Водорегулирующую роль выполняют лесополосы разной ширины и назначения, если они расположены поперек склонов. Специальные широкие водорегулирующие полосы (40-60 м), пока не получили распространения, однако их создание в ряде случаев целесообразно, особенно если к ним добавить малые гидротехнические сооружения (валы, каналы).

Узкие мелиоративные (снегораспределительные) полосы (2-3 ряда древесной породы), впервые созданные на Новосильской опытной станции, размещаются на границе между пашней и участками залужения, а также вдоль небольших размывов и, вместе с прибалочными и отеняющими (приовражными) лесополосами, образуют замкнутые кольматирующие клетки, используемые в качестве высокопродуктивных сенокосов и пастбищ; эрозионные процессы в этих клетках полностью прекращаются. В засушливых условиях Юго-востока на эродированных склонах, где к тому же распространены щебенистые, а также в разной степени солонцеватые почвы, которые используются преимущественно под пастбища или сенокосы, рекомендуются в мелиоративных целях кустарниковые кулисы в сочетании с узкими лесополосами. Кулисы размещаются поперек склонов на расстояниях 25-50 м (в зависимости от крутизны и экспозиции склонов). Мелиоративное влияние кустарниковых кулис изучалось на Камышинском опытном пункте на примере посадок, заложенных в 1934 и 1943 гг. (Шапошников); с 1956 г. он изучается на Клетском оп. пункте (Духнов) и с 1957 г. – опытном хозяйстве ВНИАЛМИ в г. Волгограде (Расторгуев).

Водорегулирующая роль лесонасаждений обуславливается: 1) хорошей водопоглощающей способностью почвы и 2) наличием в насаждении снежного сугроба, который предохраняет почву от глубокого промерзания, от образования на ее поверхности ледяной корки и прослоения верхнего слоя кристалликами льда, а также обеспечивает рассеивание подтекающей талой воды и препятствует ее быстрому стеканию.

Для оценки водорегулирующей роли лесонасаждений необходимо определить толщину слоя талой воды, которая может быть поглощена лесными полосами в разных почвенно-климатических условиях при наличии в ней более мощного снежного сугроба, чем в поле. Приводим имеющиеся осредненные данные по этому вопросу (табл. 3).

Из табл. 3 видно, что величина поглощения талых вод под искусственно созданными насаждениями возрастает от серых лесных почв к

черноземам и снижается на каштановых почвах, т. е. она определяется прежде всего водопроницаемостью почв различных типов и подтипов. В пределах одного и того же типа, например, на серых лесных почвах, под естественным балочным лесом она значительно выше, чем под лесокультурами, особенно когда они заложены на эродированных почвах. По мере продвижения на юг и юго-восток в зону каштановых почв, мелиорирующая роль лесной подстилки снижается в связи с уменьшением ее мощности; это неблагоприятно сказывается на впитывающей способности каштановой почвы под лесокультурами.

Таблица 3

Водопоглощающая роль лесонасаждений (по талым водам)

Наименование почв	Вид насаждений	Годы наблюдений	Средние величины водопоглощения, мм	Автор
Серые лесные (Моховское оп. лесничество, Орловской области)	Естественный лес на берегах балок	1939, 1940	254 675] 465	Г. А. Харитонов
Серая лесная сильноносмытая (Новосильская оп. станция)	Лесополосы посадки 1935 г.	1959, 1960	244	Г. П. Сурмач В. Н. Дьяков
Чернозем обыкновенный несмытый (Каменная степь)	Лесополосы посадки 1907 г.	1947-1957 (10 лет)	346	И. П. Сухарев
Чернозем обыкновенный смытый (Тимашево, Куйбышевской обл.)	Лесополосы посадки 1894 г.	1954, 1955, 1958	430	Г. П. Сурмач
Светло-каштановая почва (ВНИАЛМИ, Волгоградская обл.)	Лесополосы посадки 1948 г.	1951, 1953, 1958, 1959	194	Ю. Н. Коблев А. И. Артеменко Г. С. Бобров

Приведенные в табл. 3 данные по водопоглощению относятся к насаждениям различного возраста и состояния. Лесополосы опытного хозяйства ВНИАЛМИ (в г. Волгограде) самые молодые, что и сказывается на величине водопоглощения под ними. На эту величину оказывает влияние также мощность снежного сугроба в лесополосе: чем она выше, тем больше величина поглощения талой воды.

Водорегулирующая роль лесонасаждений, заложенных на эродированных почвах, значительно ниже, чем произрастающих на нор-

мальных или намытых почвах, Так, при искусственном дождевании, проведенном Е. М. Цыкиным на Новосильской АГЛОС, установлено, что 27-летние насаждения сравнительно мало изменили водно-физические свойства сильноосмытой серой лесной почвы. Слой осадков до начала стока колебался под насаждениями в пределах от 4 до 26 мм (наибольший – под веймутовой сосной, где подстилка имела наибольшую мощность), а коэффициент стока при установившемся режиме – от 0,35 до 0,68, в то время как на несмытой пашне (пар после культивации поперек склона) эти показатели соответственно равнялись 57 мм и 0,32. Таким образом, под 27-летними насаждениями на сильноосмытой почве показатели дождевого стока оказались значительно выше, чем на несмытой пашне

На берегах балок с нормальными и намытыми почвами впитывание до начала стока под искусственными и естественными насаждениями было гораздо выше: на серых лесных почвах оно составляло 100-110 мм, на черноземах 465-810 мм (данные получены методами дождевания и напуска). Для преобразования лесонасаждениями водно-физических свойств эродированных почв требуется, по-видимому, длительное время. Однако талые воды и на эродированных почвах под лесонасаждениями поглощаются лучше, чем на пашне.

В связи с величинами водопоглощения под лесонасаждениями представляет интерес вопрос о ширине мелиоративных полос, расположенных поперек склонов (водорегулирующих, прибалочных). Их ширина приблизительно может быть рассчитана по нижеследующим формулам:

1. Для случая регулирования талых вод:

$$P = 0,0062 \frac{CZ}{KW},$$

где P – расчетная ширина лесополосы; C – максимальный секундный расход стока с 1 га (в л/сек); Z – отрезок линии тока до границ водорегулирующей лесополосы; K – коэффициент водопоглощения под лесополосой (в мм/мин); W – интенсивность водообразования при таянии сугроба в лесной полосе.

2) Для случая регулирования ливневого стока (в районах выпадения ливневых осадков):

$$P = \frac{h(1-az)}{K-h},$$

где h – максимальная интенсивность ливня (в мм/мин); a – наибольшая величина коэффициента стока (концу ливня); K – реальная водопроницаемость почвы в лесной полосе (в мм/мин). Остальные обозначения прежние.

Расчет ширины лесонасаждений по приведенным формулам можно произвести, имея данные, характеризующие водопроницаемость почвы и сток в насаждениях и в поле.

Как видно из вышеизложенного, средняя толщина слоя поглощаемой под лесополосой воды обычно колеблется на различных почвах от 150-200 мм до 500-600 мм. Соответствующая этому слою мощность снежного сугроба при плотности снега 0,33 равняется 50-180 см. Но кроме собственных запасов воды в снеге, в лесополосу поступает сток с полей, величину которого можно рассчитать по следующей формуле:

$$Q = \frac{amz}{M},$$

где Q – слой талой воды, поступающей в лесополосу по всей ее ширине (в мм); a – коэффициент стока в поле; m – запас воды в снежном покрове в поле (мм); z – длина линий тока выше лесополосы (м); M – ширина лесополосы (м).

Результаты расчета для определенных заданных условий представлены в табл. 4.

Таблица 4

Толщина слоя талой воды, вступающей в лесополосу шириною в 20 м за период снеготаяния при заданных условиях

Слой стока в поле, мм	Длина линий тока (расстояния между полосами), м	Слой воды, вступающий в лесополосу, мм	
		20 м	30 м
50	500	1250	833
	400	1000	667
	300	750	500
	200	500	333
30	500	750	500
	400	600	400
	300	450	300
	200	300	200
10	500	250	167
	400	200	133
	300	150	100
	200	100	67

Сравнивая величины водопоглощения под лесонасаждениями в различных почвенно-климатических условиях с суммарными величинами возможного подтока талых вод с полей и собственных запасов воды в снежных сугробах, можно видеть, что лесонасаждения во мно-

гих случаях не в состоянии поглотить сток, поступающий с полей, особенно в годы с большим стоком; в ряде случаев наблюдается сток из самих лесополос.

Когда же лесополоса проходит поперек ложбинного склона, ее водорегулирующая роль сильно снижается, так как талая или ливневая вода концентрируется в ложбинах и проходит через полосу в виде крупных ручьев. В таких случаях площадь лесополосы, непосредственно работающей на поглощение подтекающей воды, невелика (от 30 до 7% и меньше); остальная часть ее поглощает лишь талую воду, образующуюся в местах таяния снежных сугробов. В указанных условиях создание широкой лесополосы нецелесообразно. Ливневой сток, поступающий концентрированными струями с полевых участков, также в ряде случаев не полностью поглощается лесонасаждениями.

В связи с изложенным стоит важная задача – распределить сток равномерно по всей площади лесополос и тем самым повысить их водорегулирующую способность. Этого можно достигнуть путем широкого применения малых гидротехнических сооружений – устройство в насаждениях каналов и валов (после прекращения уходов), возведения валов в ложбинах по верхнему и нижнему краям лесополос, а при небольшом падении склона (до 3° и отсутствии ложбин – обвалование нижнего края лесополос (подробно об этом будет сказано ниже).

Крайне важно также следить за верхней опушкой лесополос, разрушать напашу или делать прокопы в них и перемычки в бороздах, чтобы обеспечить рассеянное вхождение стока в лесополосы.

Важнейшая сторона мелиоративного влияния лесонасаждений на прилегающие поля состоит в задержании снега и снегораспределении. Однако скопление в лесополосах больших сугробов снега приводит к обеднению полей влагой, сокращает поглощение подтекающей талой воды самими насаждениями и в ряде случаев увеличивает сток и эрозию. Поэтому надо стремиться, чтобы мощность снежных сугробов в лесополосах на склонах составляла 60-100 см; меньшая мощность не обеспечит защиту почвы от промерзания. В прибалочных и приовражных лесополосах мощность снега не должна превышать 100-130 см. Это особенно важно для засушливых условий Юго-Востока, где необходимо как можно больше сохранять снега на полях.

Помимо прочистки лесополос, более равномерного снегораспределения можно достигнуть путем задержания снега в межполосных клетках различными способами.

Отрицательные последствия больших скоплений снега в лесополосах можно устранить или сгладить, применяя рассеивающую вспашку. Указанный прием рекомендуется для районов Нижнего и Среднего Поволжья и Заволжья с черноземными почвами и для восточных черноземных районов.

Какова должна быть оптимальная лесистость территории? Теоретически процент площади под мелиоративными лесонасаждениями зависит от расчлененности территории и характера рельефа, от естественной облесенности и размещения лесов, от степени эродированности почв и от зонального фактора. Согласно нашим расчетам, произведенным на основе принятых в агролесомелиорации принципов размещения лесонасаждений и ширины лесополос, в сильно эродированных районах Центральной лесостепи, дополнительно к имеющимся естественным лесам, необходимо занять под защитные насаждения всех видов около 7-8% площади, в среднеэродированных – около 5-6%, в слабоэродированных – около 3-4%. В сильно засушливых условиях Юго-востока (Волгоградская область) под защитные мелиоративные насаждения должно отойти в среднем около 6-7% территории дополнительно к естественным балочным и пойменным лесам.

Лугомелиоративные мероприятия

Травосеяние на эродированных почвах в сочетании с лесонасаждениями является весьма эффективной мерой борьбы с эрозией: создание и сохранение хорошей дернины в пределах гидрографической сети и на прилегающих крутых участках склонов обеспечивает надежную защиту почвы от смыва и размыва, а водоемы от заиления. Травы культивируются как в почвозащитных севооборотах, так и на участках постоянного залужения. Они восстанавливают плодородие почвы, с одной стороны, за счет накопления органических остатков в почве, с другой, – за счет кольматажа продуктов смыва с вышележащей пашни. Согласно нашим наблюдениям, в южной лесостепи (колхоз Острогжского района, Воронежской области) луговая полоса в 40-50 м задерживает главную массу мутного стока. По данным Новосильской опытной станции (Т. Г. Глыбин) задерненная полоса шириной в 100 м (50 м в забровочной части и 50 м на берегу балки) сокращает мутность стока до 90%.

Травосеяние на эродированных землях практикуется под защитой мелиоративных насаждений, в частности в условиях Юго-востока под защитой лесополос и снегораспределительных кустарниковых кулис.

Урожай сена на смытых мелиорированных землях в Центральной лесостепи (Новосильская опытная станция) систематически равняется 30-35 ц/га, а на отдельных участках достигает 60–70 ц/га (Т. Г. Глыбин). В сильно засушливых условиях Волгоградской области урожай сеяных многолетних трав (житняк, люцерна и др.) на мелиорированных склонах в период с 1954 по 1960 гг. составил в среднем 21 ц сена с гектара (В. К. Духнов), а на экспериментальной базе ВНИАЛМИ в г. Волгограде в 1957-1959 гг. он равнялся в среднем 15 ц с гектара (Л. И. Расторгуев).

В целях повышения урожаев трав и борьбы с эрозией на Юго-востоке надо проводить задержание стока талых и ливневых вод, так как потеря талых вод на них обычно колеблется от 40 до 80-90%, а ливневых достигает 30-50% и больше. В этих целях рекомендуется щелевание поперек склонов в поздне-осеннее время.

В условиях лесостепи залужение нижних эродированных участков склонов в сочетании с лесонасаждениями является мощным средством борьбы с оврагообразованием. В последний период только в связи с прекращением распашки названных элементов склонов и применением более глубокой пахоты значительно ослабла интенсивность размыва. Однако в ряде случаев указанных мер недостаточно в борьбе с размывом; приходится применять и другие мероприятия по закреплению вершин размывов, в том числе и водозадерживающие валы.

Агротехнические мероприятия в борьбе с эрозией

Противоэрозионные агротехнические мероприятия на пахотных склонах направлены: а) на задержание стока на пашне и создание условий обеспечивающих более полное поглощение талых и ливневых вод; б) на спокойный отвод непоглощенного стока на крутых участках склонов; в) на защиту почвы от смыва и размыва стекающей водой; г) на восстановление плодородия эродированных почв и повышение их продуктивности.

Анализ данных литературы и собственных данных по стоку, полученных на стоковых площадках, показывает, что при зяблевой пахоте поперек склона поглощается талой воды на 3-6 мм больше по сравнению с пахотой вдоль склона, причем на черноземах эта разница несколько выше, а на серых лесных почвах меньше. Это объясняется тем, что интенсивность впитывания талой воды в период снеготаяния не за-

висит от нанорельефа пашни, т. е. нанорельеф не является фактором впитывания, как в летний период в отношении жидких осадков. В качестве такого фактора служит снежный покров, способствующий сплошному соприкосновению талой воды с почвой. Кроме того, отрицательные элементы нанорельефа (например, борозды), куда собирается талая вода, как правило, отличаются пониженной впитывающей способностью (вследствие большего увлажнения и промерзания). После схода снега значение нанорельефа пахоты сводится к водозадержанию, объем которого (Q) пропорционален разнице емкостей нанорельефа поперечной (p) и продольной (L) пахоты: $Q = k(p - L)$, где k – зависит от размерности величин. Указанная разница невелика, и как показывают экспериментальные данные, обычно не превышает 5-6 мм.

Гребнистая пахота поперек склона (проведенная с применением удлиненного отвала) играет гораздо большую водозадерживающую роль. Согласно 3-летним данным Института земледелия Черноземной полосы (Сухарев), а также нашим и В. Н. Дьякова исследованиям стока в 1959 и 1960 гг. на Новосильской опытной станции, эта пахота задерживает талой воды на 11-15 мм больше, чем обычная пахота, и способствует значительному повышению урожая. Гребнистая пахота является важным средством борьбы с эрозией на пахотных склонах.

В земледельческой практике колхозов и совхозов расчлененных районов, где поля включают участки склонов с разносторонним падением, трудно повсеместно осуществить пахоту строго поперек склонов (вдоль горизонталей). В указанных условиях преобладает косая пахота, проводимая под тем или иным углом к наибольшему падению склона. Она занимает приблизительно 60-70% площади пашни; поперечная пахота проводится на площади, составляющей около 20-30%, и вдоль склона на площади около 7-10%. Наблюдения над стоком показывают, что гребнистая пахота в ряде случаев значительно сокращает смыв почвы. Например, на склоне в 2-4° гребни поперечной пахоты легко прорываются и непоглощенная вода уходит по наибольшему уклону, производя сильный смыв почвы. Косая гребнистая пахота, проведенная на том же склоне под углом 1-1,5°, сильно сокращает кинетическую энергию стекающей воды, вследствие чего смыв намного уменьшается.

Этому же способствует и рассеянное прохождение стока при такой пахоте (около каждого гребня). Не исключено, что в этих условиях несколько снижается и величина стока.

В целях задержания талых вод на зяби применяют и другие способы создания микрорельефа: микролиманы, лунки, прерывистые бо-

розды с валиками и т. д. В основе приемов поверхностного задержания талой воды должны лежать закономерности ее впитывания в мерзлую почву. Уплотнение пахотного горизонта сокращает некапиллярную скважность. Недостатком существующих методов создания микрорельефа на зяби является уплотнение пахотного горизонта, Таким образом, искусственный микрорельеф способствует, с одной стороны, задержанию талой воды на поверхности пашни, а с другой, – сокращению впитывающей способности почвы; в результате положительный баланс водозадержания бывает небольшой, а в некоторых случаях он отрицателен. Отсюда следует, что орудия – микролиманоделатели – должны удовлетворять основному требованию: не уплотнять почвы в процессе создания микролиманов. С этой точки зрения имеют преимущество те орудия, при помощи которых микрорельеф создается одновременно с проведением зяблевой пахоты, причем в наименьшей степени нарушается рыхлое сложение пахотного горизонта. Больше других орудий этому требованию удовлетворяет микролиманоделатель Мажарова, однако и он уплотняет поверхность почвы скребущей лопатой. Крайне желательно, чтобы конструкторская мысль работала над усовершенствованием орудий водозадержания и устранением указанных недостатков.

Более эффективный путь сокращения стока с зяби и уменьшения смыва состоит в углублении пахотного горизонта и улучшении его структуры. На основании анализа полученных нами в Куйбышевском Заволжье материалов по стоку при различной глубине пахоты, наших В. Н. Дьякова данных по Новосильской опытной станции, а также литературных данных можно заключить, что на каждый сантиметр углубления зяблевой пахоты запасы влаги в почве увеличиваются на 1,5-3 мм (при достаточных снегозапасах). Это объясняется следующим: 1) при более глубокой пахоте повышается впитывающая способность мерзлой пашни в связи с некоторым снижением осенней удельной влажности почвы; 2) возрастает водовместимость пахотного горизонта и 3) уменьшается промерзание и прослоенность кристалликами льда подпахотного горизонта. Увеличение глубины зяблевой пахоты с 20-22 см до 30-32 см позволит сократить сток талых вод на 20-30 мм. Углубление пахотного горизонта, сопровождающееся внесением органических и минеральных удобрений, является важной мерой по окультуриванию почв, улучшению их водно-физических свойств и плодородия. Создание глубокого, богатого гумусовыми веществами структурного пахотного горизонта,

согласно предварительным расчетам, обеспечит сокращение весеннего стока с зяби на серых лесных почвах на 60-70%, на черноземах – на 95-100%. Резко сократится сток и с других видов пашни.

На серых лесных и подзолистых почвах надо практиковать частичный отвод непоглощенного стока при помощи косой гребнистой пахоты.

Спокойный отвод непоглощенного стока может быть осуществлен также путем пропашки поздней осенью косых водоотводных борозд с валиками, которые располагаются на 80-100 м одна от другой; при этом крутизна склона в направлении проведения борозд не должна превышать 1-1,5°. Сток отводится в хорошо задернованные ложбины и лоцины или на задернованные берега гидрографической сети.

Обратимся к мероприятиям против ливневой эрозии. Ливневый характер выпадения осадков наблюдается почти повсеместно, хотя сила ливней в Центральных и, особенно, Юго-Западных районах европейской части Союза гораздо выше, чем в Северных и Восточных. Максимальная водопроницаемость почвы, при сплошном покрытии ее поверхности водой, как правило, выше, чем интенсивность выпадения ливней, однако ее реальная водопроницаемость (при ливнях) ниже, вследствие чего и наблюдается сток. Нано- и микрорельеф пашни, а также густой травостой и стеблестой культурных растений, лесная подстилка и другие виды мульчи являются постоянно действующим фактором водопроницаемости. Поэтому различные виды поперечной обработки почвы, создающей более или менее емкий микрорельеф, играют гораздо большую роль в задержании ливневого стока, чем во время снеготаяния.

В рыхлом состоянии почва способна быстро впитывать осадки; поэтому на чистых не сильно увлажненных парах сток наблюдается лишь при довольно сильных ливнях, особенно в середине и в конце лета, когда пары, в результате культиваций, уплотняются.

Смыв на чистых парах, в случае образования на них стока или поступления с других видов пашни, в десятки и сотни раз превышает величину смыва на защищенной пашне. На полях с пропашными культурами условия для формирования стока приблизительно такие же, как и на черных парах, однако смыв почвы на них меньше. На зерновых культурах ливневый сток обычно выше, чем на черных парах (за исключением случаев сильной иссушенности почвы под этими культурами), смыв же гораздо ниже. Многолетние травы при плотном

травостое, несмотря на уплотненность почвы, обеспечивают хорошее впитывание ею ливневых осадков; смыв на них, даже при наличии стока, сокращается в сотни раз.

Разрушительная ливневая эрозия наблюдается лишь на незащищенных или недостаточно защищенных склонах, преимущественно на чистых парах и пропашных культурах. Поэтому в условиях достаточной влагообеспеченности надо применять занятые пары, что представляет выгоду также и в хозяйственном отношении. Создание в будущем глубокого хорошо оструктуренного пахотного слоя и высокие урожаи сельскохозяйственных культур обеспечат хорошее поглощение ливневых осадков и надежную защиту почвы от смыва.

В настоящее время на чистых парах и пропашных культурах необходимо стремиться к возможно полному задержанию осадков в месте их выпадения и предотвратить поступление стока с вышележащих участков пашни (как и в случае с зябью). Поперечная обработка почвы не обеспечивает полного поглощения ливневых осадков. Поэтому в ливнеопасный период желательно создание после каждой культивации или одновременно с ней более емкого микрорельефа на пашне, применяя, например, культиваторы с окучниками или другие орудия. Согласно расчетам емкость микрорельефа в $1/4$ - $1/3$ от объема выпавших осадков обеспечит их полное поглощение умеренно увлажненной почвой.

В борьбе с эрозией надо шире практиковать залужение ложбин, которое, в сочетании с малыми гидротехническими сооружениями в ряде районов, может стать ведущим звеном в системе противоэрозионных агротехнических мероприятий. Такие общие меры высокой агротехники, как узкорядный поперек склона и перекрестный сев, также играют существенную защитную роль.

Гидротехнические сооружения

Технические приемы по задержанию и регулированию стока имеют большое противоэрозионное значение, поэтому они должны стать неотъемлемой составной частью противоэрозионного комплекса. Система малых гидротехнических сооружений строится на основе учета закономерностей стока и развития эрозии; они размещаются в результате изучения участка по топографической карте и обследования в натуре.

Выше указывалось, что лесонасаждения в большинстве случаев не в состоянии полностью поглотить сток, поступающий с полей,

особенно в тех случаях, когда они расположены на ложбинных склонах, и говорилось о целесообразности повышения их водорегулирующих функций путем устройства системы водозадерживающих и водоотводных валов. При помощи этих сооружений можно во много раз увеличить площадь сплошного затопления почвы в лесополосах, задержать и обеспечить поглощение почвой большого объема воды. Тем самым будет уменьшен или прекращен смыв почвы на нижележащих участках склонов и размыв в пределах гидрографической сети. Все это будет способствовать подъему грунтовых вод и улучшит водный режим мелиорированной территории.

В указанных целях в ложбинах по верхнему и нижнему краям лесополос строятся при помощи бульдозера парные водозадерживающие валы, которые, работая на задержание и поглощение, в зависимости от ширины и глубины ложбины, могут в итоге задержать до 200 м³ воды каждый; избыток воды спокойно сбрасывается, обходя концы валов, и задерживается другими валами. Ровные участки лесополос, расположенные поперек склонов, обваловываются по нижнему краю двукратным проходом плантажного плуга с последующим устройством в них перемычек с целью предотвратить сток вдоль полос.

На основании анализа результатов опытов, заложенных нами на Тимашевском опорном пункте (1956 г.), Поволжской АГЛЮС (1958 г.) Куйбышевской области и в опытном хозяйстве ВНИАЛМИ в г. Волгограде (1959 г.), можно полагать, что в сочетании с лесонасаждениями указанные малые гидротехнические сооружения способны частично, а в ряде случаев полностью зарегулировать поверхностный сток, особенно в черноземной и каштановой зонах.

Взаимное расположение на водосборе различных видов пашни в большой степени определяет интенсивность эрозии. Когда выше по склону находится поле, где обычно формируется большой сток (озимые, травы, стерня), а нижележащие участки склона вспаханы под зябь, то смыв почвы на них может достигать громадных величин. Именно при таком неблагоприятном сочетании на склонах различных видов пашни, в большинстве случаев, и происходит сильная эрозия. Рыхлую пашню надо изолировать от подтока воды сверху путем устройства по границам полей глубоких борозд с валиками с расчетом направить сток под малым углом на неразмываемые участки склонов и гидрографической сети. При наличии на границе полей лесополосы, расположенной под некоторым углом к горизонталям, вал

по ее нижнему краю, с одной стороны, может способствовать задержанию и поглощению стока, а с другой, частичному отводу его.


Новосильской станцией предложена система распылителей водных струй, концентрирующихся по межам и разъемным бороздам, по грунтовым дорогам, рубежам и напашам и по ложбинам. Распыление стока может проводиться на различных элементах склонов, но главным образом в их нижних частях, где оно сочетается с отводом стока от размываемых объектов. Из русел стока выводятся концентрированные струи и направляются на хорошо задернованные участки, где они рассеиваются и поглощаются и в дальнейшем с меньшей энергией поступают на берега гидрографической сети.

Приемы по отводу и рассеиванию стока осуществляются на основе широкого применения механизмов (навесной тракторный плуг с удлиненным отвалом, 3-корпусный плуг в сцепе с железным угольником и др.) Вопрос о возможности отвода стока от размываемых вершин решается на месте.

В целях быстрого прекращения эрозии на водосборе применяются водозадерживающие валы Борткевича в различных модификациях. Система валов с 1928 г. разрабатывалась и изучалась на Новосильской опытной станции, причем выявилось их мощное противоэрозионное влияние. А. С. Козменко рекомендует, в случае необходимости, строить водозадерживающие валы на приводораздельном фонде. Валы рассчитываются на частичное или полное задержание стока.

Г. П. Сурмач

**ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ
И БОРЬБА С НЕЙ**

Гидрометеиздат  Ленинград · 1976

УДК 631.459.2 : 631.6.02 + 626.80

Ответственный редактор д-р физ.-мат. наук **Н. Ф. Бондаренко**

Излагаются вопросы методики исследования водной эрозии почв, формирования стока талых вод на различных почвах, инверсии стока, влияния снежного покрова и других факторов на его образование. Оценивается влияние глубины зяблевой вспашки на уменьшение стока и повышение урожая. Рассматриваются и оцениваются водозадерживающие приемы обработки почв, приводятся сведения о противоэрозионной роли лугомелиоративных мероприятий и об эффективности удобрений на эродированных почвах. Обосновывается необходимость сочетания системы лесных полос с простейшими гидротехническими устройствами в целях борьбы с эрозией.

Рассчитана на специалистов сельского и лесного хозяйства – агрономов, гидрологов, гидротехников, лесомелиораторов и др.

The book deals with the questions of the soil water erosion investigation techniques, the forming of the snow melt water flowing drainage on the different soils, the flowing drainage inversion, the influence of the snow cover and other factors on its forming. The influence of the autumn ploughing depth on the flowing drainage diminution and the crop production increase is estimated. The water-detentional techniques for treating soils are considered and estimated, the information of the meadow-meliorative measures antierosion role and the fertilizers effectiveness on the eroded soils is given. The necessity to combine the wood zones system with the common used hydrotechnical equipment to eliminate erosion is substantiated.

The book is intended for the agriculture and forestry specialists, agronomists, hydrologists, technicists, wood-meliorators etc.

С $\frac{20807-089}{069(02)-76}$ 37-76

Гидрометиониздат, 1976 г.

ВВЕДЕНИЕ

В районах с выраженным рельефом эрозия наносит большой вред сельскому, водному, дорожному и другим отраслям народного хозяйства. В процессе смыва и размыва происходит дальнейшее расчленение территории, разрушается почвенный покров и истощается почвенное плодородие, уменьшается площадь пахотных земель и ухудшается их качество. Овражные выносы заносят ценные пойменные угодья и заиливают реки, пруды и водоемы; увеличивается снос снега с полей и их дренирование, что вместе с потерей атмосферных осадков на сток обуславливает ухудшение общего гидрологического режима территории и усиливает вредное проявление засухи. Все это является серьезным тормозом на пути повышения урожаев сельскохозяйственных культур и снижает эффективность сельскохозяйственного производства.

Эрозия почв вызывается совокупным влиянием многих природных факторов и хозяйственной деятельностью людей, и для ее резкого ослабления или прекращения требуется применение комплекса противоэрозионных мероприятий с охватом целых водосборов. Важнейшей задачей противоэрозионной мелиорации является эффективное регулирование стока, улучшение водного режима сельскохозяйственной территории и поддержание благоприятного увлажнения полей для повышения урожаев сельскохозяйственных культур.

Для успешного решения указанной задачи нужно изучить факторы, обуславливающие развитие эрозионных процессов, в особенности формирование стока талых вод, количественно охарактеризовать сток по зонам страны. Нужно научиться прогнозировать объем стока на основании сведений о гидрометеорологических условиях осенне-зимнего периода при современном уровне агротехники. Очень важно изучить влияние различных приемов агротехники на сток, для того чтобы определить наиболее эффективные агрономические способы его задержания и регулирования. Требуется улучшить и повысить снегораспределительную, водопоглощающую и противоэрозионную функции лесных полос.

Сток является предметом изучения не только как фактор эрозии; проблема задержания талых вод с целью увлажнения полей и повы-

шения урожаев также актуальна и для районов со слабовыраженным рельефом. Поверхностный и грунтовый сток определяет режим источников, малых и больших рек.

В нашей стране сток талых вод для целей сельского хозяйства начали изучать сравнительно недавно. В довоенный период в исследованиях обычно рассматривались смешанные водосборы, включавшие разные угодья, что не позволило давать дифференцированную характеристику стока с различных сельскохозяйственных угодий в отдельности для выявления их гидрологической роли; лишь в некоторых случаях закладывались стоковые площадки на двух-трех видах угодий (например, лес и пашня, зябь и залежь). Больше внимания уделялось исследованию гидрологической и противозерозионной роли лесных насаждений.

После Великой Отечественной войны, особенно начиная с 50-х годов, стали накапливаться материалы и появляться научные работы, освещающие гидрологическую роль разных видов пашни, в частности различной зяблевой пахоты [10. 57, 69, 71, 72, 74, 85, 86, 91, 92, 101, 147, 152, 159, 160, 169 и др.]. В них в той или иной степени охарактеризованы природные и хозяйственные факторы, обуславливающие формирование поверхностного стока и процессы эрозии; описана гидрологическая роль леса и лесных полос. Однако сток талых вод в зональном разрезе охарактеризован недостаточно, не сделаны обобщающие выводы о его задержании и регулировании; отсутствуют дифференцированные нормы снегового стока с различных сельскохозяйственных угодий в зональном разрезе; недостаточно разработаны вопросы влияния агротехники на формирование стока талых вод и смыва почвы. В литературе нередко встречаются упрощенные суждения о задержании и регулировании стока, что порождает неправильные подходы к решению проблемы борьбы с эрозией почв, недооценку комплекса противозерозионных мероприятий, стремление решить проблему преимущественно путем применения одного класса мероприятий (например, агротехнических или гидротехнических).

Разработка научных основ задержания и регулирования стока на сельскохозяйственных угодьях и защиты почв от эрозии имеет большое значение для земледелия. Чтобы правильно ориентировать производство по этим вопросам, нужно ясно определить, в каких районах и на каких видах пашни, сколько и какими методами необходимо и возможно задержать талые воды. Имеющиеся литературные данные и

материалы Всесоюзного научно-исследовательского агролесомелиоративного института (ВНИАЛМИ) и его опытной сети в настоящее время позволяют охарактеризовать с различной степенью точности в зональном разрезе сток с зяби и уплотненной пашни (озимые, многолетние травы и залежь, стерня и др.), а также с пастбищных угодий. Такие сведения нужны для учета водных ресурсов земледелия и для организации борьбы с эрозией.

В настоящей работе освещаются закономерности смыва и размыва почв и формирования стока талых вод с различных сельскохозяйственных угодий в зональном разрезе в связи с агротехникой, дается оценка агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических методов его задержания и регулирования и рекомендуются лучшие из них и их сочетания, излагаются принципы противоэрозионной организации территории и размещения лесных насаждений. Знание всех этих закономерностей способствует решению задачи совершенствования научных основ защиты почв от эрозии. В этой проблеме много спорного, поэтому, учитывая большое значение для сельского хозяйства правильного решения поставленных вопросов, мы обобщили и проанализировали литературные данные по стоку и экспериментальные материалы, полученные автором и опытной сетью ВНИАЛМИ (с применением метода стоковых площадок).

Для эффективной борьбы с эрозией требуется применение комплекса противоэрозионных организационно-хозяйственных, агротехнических и лугомелиоративных, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий; обоснованию этого положения уделено много внимания. Автор выражает надежду, что настоящий труд будет способствовать более правильному учету водных ресурсов земледелия в лесостепных и степных районах европейской части РСФСР, совершенствованию системы противоэрозионной защиты и ее правильному внедрению в сельскохозяйственное производство.

Глава I. ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ ПОЧВ

Под водной эрозией мы понимаем единый процесс формирования поверхностного стока, отделения частиц почвы или породы и их переноса водными струями или потоками (зачастую с образованием водоросин, размывов или оврагов); он сопровождается частичной или полной аккумуляцией продуктов смыва и размыва на путях стока, чаще у подножия склонов. В ходе этого процесса преобладает то вынос мелкозема, то аккумуляция.

Эрозия почв является результатом сложного взаимодействия многих природных факторов и хозяйственной деятельности человека. Среди природных факторов важнейшими являются почвенно-геоморфологические (рельеф местности, отчасти геологическое строение, особенности почвенного покрова) и биоклиматические (растительность, климатические и гидрометеорологические условия), определяющие, с одной стороны, характер и развитие растительности, с другой – характер осадков, промерзание почв и размеры поверхностного стока талых и ливневых вод. Природные факторы влияют на процессы эрозии в одном или в разных направлениях. Так, если степень выраженности рельефа и увеличение интенсивности осадков всегда способствуют их усилению, то растительный покров резко тормозит их развитие. Однако защитное действие растительности по мере продвижения с севера на юг и юго-восток в связи с изменением климата ослабевает.

В современных физико-географических условиях процессы эрозии в средних широтах на девственных территориях практически отсутствуют. Растительность и сформировавшийся в последние тысячелетия голоцена почвенный покров как бы законсервировали древние формы рельефа и приостановили развитие эрозионно-аккумулятивных процессов, за исключением речных русел. Однако эрозия резко активизировалась под влиянием хозяйственной деятельности человека, приведшей к уничтожению на больших пространствах лесов, распашке степей и разбиванию дернины. Но человек, рационализировав свою хозяйственную деятельность, в состоянии контролировать ход эрозионных процессов и подавлять их, сводя до минимума.

Система противоэрозионных мероприятий должна непременно строиться с учетом особенностей рельефа, поэтому остановимся на его

характеристике. Рельеф местности является носителем эрозионной энергии территории, определяет интенсивность смыва и размыва почв и почвогрунтов. Он выступает на фоне сельскохозяйственной деятельности людей в качестве основного фактора эрозии. Неотъемлемыми элементами рельефа являются гидрографическая сеть, склоны, водоразделы. Выраженность рельефа определяется разностью высот и низин, частотой расчленения территории, длиной и крутизной склонов.

Гидрографическая сеть представляет собой разветвленную систему естественных русел стока, имеющих различное строение и протяженность (рис. 1). Верхние звенья ее, как правило, не имеют постоянного водотока; это суходольная сеть – суходолы [71, 73], или балки. Ниже лежащее звено – речная долина – вмещает в себя речное русло. Суходольная часть гидрографической сети, согласно классификации А. С. Козменко, состоит из следующих звеньев: ложбинного, лощинного и суходольного; выделяется еще промежуточное звено – лоцинно-суходольное (см. рис. 1 А).

Суходолы переходят или открываются в речные долины. Ложбины расположены на пахотных склонах, имеют неглубокий врез и, как

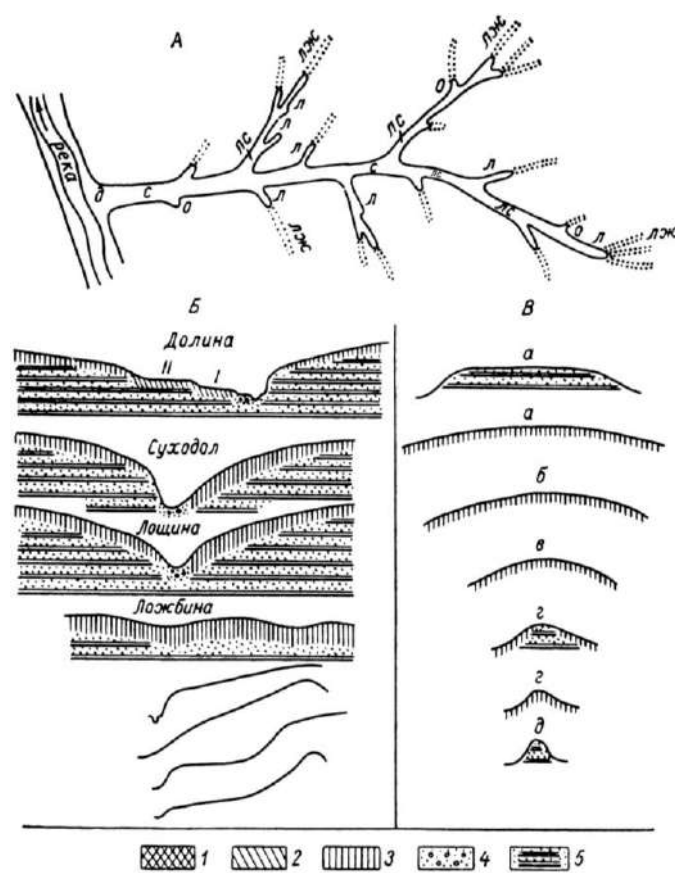


Рис. 1. Элементы рельефа:

А – гидрографическая сеть в плане: лж – ложбина, о – отвершек (короткая лощина), л – лощина, лс – лоцинно-суходол, с – суходол, д – долина; Б – поперечный профиль и геологическое строение звеньев гидрографической сети и формы поперечного профиля склонов; В – типы и формы водоразделов и приводораздельных территорий: а – плоские, б – овальные, в – куполовидные (бугры), г – гребневидные, д – мелкосопочник.

Условные обозначения: 1 – слоистые отложения поймы; 2 – песчано-глинистые отложения I и II террас (аллювий), 3 – лёссы и лёссовидные суглинки и глины (делювий), 4 – песчано-галечниковые отложения, 5 – коренные породы

правило, симметричное строение. Внутреннее (геологическое) строение ложбины характеризуется глубоким врезом в коренную или древнюю покровную породу (древний овраг), который заполнен покровными более молодыми (лессовидными) отложениями, вследствие чего ложбина имеет плавные очертания. Для лощинного звена характерны довольно глубокий врез (до 8-10 м) и крутые берега (10-20° и больше) с асимметричным строением (иногда асимметрия не выражена). По протяженности лощины достигают 1 км и более; короткие лощины называются отвершками. На берегах лощин обычно залегают нормальные почвы. В лощинно-суходольном и суходольном звеньях глубина вреза относительно бровок достигает 20-25 м, а ширина колеблется от 70 до 300 м. В них отчетливо выражена асимметрия берегов по экспозициям, причем в более крутых берегах (до 25-30°), обращенных на юг, юго-восток, юго-запад и запад, зачастую обнажаются или близко выходят к поверхности коренные породы, на которых залегают щебенистые почвы (такие породы иногда выходят и на забровочную присетевую часть склона). Противоположные берега крутизной около 10-16° обычно сложены рыхлой лессовидной породой и имеют нормально развитую почву.

Согласно подсчетам А. С. Козменко [72], для водосборов двух рек центральной лесостепи – Зуши и Красивой Мечи – общей площадью 10450 км² соотношение звеньев сети по их протяженности следующее: ложбины и короткие отвершки составляют 21%, лощины 41%, лоцино-суходолы 18%, суходолы 12% и долины 8%. Таким образом, суходольная гидрографическая сеть по протяженности и по своему участию в образовании форм рельефа намного превосходит речную.

Склоны падают к тому или иному звену гидрографической сети. В сильно расчлененных районах склоновые земли составляют большую часть территории, пашни здесь расположены преимущественно на склонах. Различают три основные формы склонов: выпуклую, прямую и вогнутую (см. рис. 1 Б). В природе встречаются также выпукло-вогнутые и реже вогнуто-выпуклые и ступенчатые склоны. Наиболее выраженной выпуклостью профиля и крутизной отличаются склоны южной и юго-западной экспозиций, а также склоны, примыкающие к крутым берегам долин.

Склоны прямого профиля имеют приблизительно равномерное падение на всем протяжении. Склоны вогнутой и выпукло - вогнутой формы, имея наибольшую крутизну в верхних или средних отрезках (5-10°), характеризуются постепенным уменьшением ее и в нижних

частях переходят в делювиальные шлейфы с падением 0-1°. Вогнутая или выпукло-вогнутая форма продольного профиля склонов чаще всего наблюдается, когда склоны падают к террасам рек.

Форма поперечного профиля склонов также бывает различная: выпуклая, прямая, вогнутая. При выпуклой форме линии стока (линии, по которым движутся струи воды от водораздела до ближайшего звена гидрографической сети) расходятся и сток к низу склона рассеивается. Поэтому водосбор с такой формой поперечного профиля называется рассеивающим. При вогнутой форме профиля линии стока сближаются к низу склона, водосбор становится веерообразным и называется собирающим. При прямой поперечной форме водосбор является нейтральным. Собирающие водосборы различной степени выраженности обычно распространены в верховьях лощин; они, как правило, бывают расчленены древними мелкими ложбинами, сходящимися в виде веера к вершине лоцины. Рассеивающие водосборы обычно бывают заключены между двумя сходящимися стволами лощинно-суходольной гидрографической сети или вливаются в более крупное звено сети (суходол, долина).

Длина склонов связана со степенью расчленения территории: при частой расчлененности они короче, при более редкой – длиннее. В сильно расчлененных районах Центральной лесостепи, согласно работам А. С. Козменко [70, 73], чаще наблюдаются склоны длиной 300-600 м и реже до 800 м; в Куйбышевском и Саратовском Сыртовом Заволжье преобладают длинные склоны слабовыпуклой и выпуклой формы – около 800-1000 м и больше [141]. На склонах, длина которых превышает 350-400 м, имеются хорошо выраженные древние склоновые ложбины, которые обычно располагаются в нижней и средней частях склона на различных расстояниях друг от друга. Эти ложбины, как правило, не являются продолжением лощинного звена гидрографической сети, они открываются непосредственно на берега лощинного и нижележащих звеньев сети. Ложбины, концентрируя сток, определяют характер его прохождения, что приводит к неравномерному смыву и размыву почв.

Водоразделом называется разграничительная линия, а чаще полоса той или иной ширины, занимающая наивысшее положение на местности, от которой в разных направлениях спускаются склоны, определяющие направление стока. Водораздел разграничивает водосборные площади разных звеньев гидрографической сети. Он разветвляется в

разных направлениях и делится на несколько порядков. Водораздел первого порядка ограничивает водосборы соседних рек и речек (междуречный водораздел), водораздел второго порядка – водосборы суходольных систем, последующих порядков – водосборы лощин, отвершков, ложбин. Водораздел первого порядка проходит через возвышенные пункты местности – водораздельные бугры, их склоны и понижения, которые называются седловинами. В таких случаях его очертания имеют плавную многократно повторяющуюся выпукло-вогнутую форму.

Различают несколько основных типов водоразделов и приводораздельных территорий (см. рис. 1 В, а-г): 1) плоские приводораздельные территории различной ширины, которые могут иметь небольшой наклон в ту или иную сторону, 2) очень слабо выпуклой овальной формы, 3) куполовидной формы (водораздельные бугры), 4) узкие гребневидные и 5) мелкосопочник. Широкие плоские водораздельные поверхности характерны для слабо и умеренно расчлененных территорий. В эродированных районах (Поволжье, Среднерусская возвышенность и др.) наиболее распространены водоразделы овальной и куполовидной форм. Гребневидные водоразделы присущи участкам территории, сложенным рыхлыми породами и отличающимся глубоким и частым расчленением. Это преимущественно предгорные районы. Территории с мелкосопочником являются результатом древнего эрозионного разрушения низких гор, сложенных твердыми породами.

Приводораздельные участки обычно покрыты плащом делювиальных лёссовидных отложений, мощность которых изменяется в широких пределах. В одних случаях мощность этих отложений наибольшая в седловинах, на склонах и на подчиненных водоразделах, а на возвышенных участках она незначительная. В наиболее возвышенных местах покровные отложения зачастую отсутствуют, и к дневной поверхности выходят рыхлые песчано-глинистые или плотные коренные породы (опоки, песчаники, мел и др.), обуславливая формирование соответственно песчаных и супесчаных или щебенистых почв; плотные коренные породы нередко выходят и на склонах. Такая картина характерна главным образом для районов древнего эрозионного разрушения, например, для обширной территории правобережья Нижней Волги. В других случаях наибольшая мощность рыхлых покровных отложений наблюдается на плоских приводораздельных участках; это преимущественно в районах аккумуляции, где местность сложена рыхлыми четвертичными отложениями (Сыртовое Заволжье, Тамбовская низменная равнина и др.).

Суходольная гидрографическая сеть в процессе своего развития врезалась в виде ветвящегося дерева в междуречные территории, расчленяя их на отдельные участки. Степень расчлененности A того или иного района зависит от абсолютной высоты местности и превышения водоразделов над низинами, а также от податливости пород размыву. Она выражается коэффициентом расчлененности – протяженностью гидрографической сети L (в километрах) на 1 км^2 площади S :

$$A = L/S. \quad (1)$$

Коэффициент расчлененности территории в различных районах колеблется в широких пределах. Например, на Среднерусской возвышенности в районе Новосильской станции он составляет около 1,3 [69, 71]; в узкой правобережной приволжской полосе в пределах Волгоградской области – около 2 (А. В. Цыганков); в Куйбышевском Заволжье, по данным С. С. Соболева [131], 0,4-0,6; а в Саратовском Заволжье 0,2-0,3 км на 1 км^2 . Приречная зона расчленена намного больше, чем приводораздельная. Современный размыв обуславливает дальнейшее расчленение территории. Размытость территории современными оврагами в совхозе «Пионер» Клетского района Волгоградской области, по подсчетам В. К. Духнова, составляет 0,17 км на 1 км^2 .

Чем сильнее расчленена территория, тем больше площади приходится на гидрографическую сеть. Обычно в сильно расчлененных районах эта сеть, по данным А. С. Козменко [72], занимает от 10 до 15% площади, а в некоторых приречных районах до 25-30%. Расчлененность территории является в значительной степени показателем характера и интенсивности современных процессов эрозии. Так, в равнинных районах с более частой расчлененностью, обусловившей и значительную среднюю крутизну склонов, земли подвержены интенсивному смыву, размыв же присетевой зоны выражен слабее, чем в менее расчлененных районах, где распространены длинные склоны с незначительной средней крутизной; здесь, напротив, большие водосборные площади способствуют более интенсивному оврагообразованию при относительно меньшем смыве почв.

1. Размыв гидрографической сети и крутых склонов

Эрозия проявляется в двух основных формах: в виде смыва почв рассеянными струями воды и в виде размыва почвогрунтов (оврагообразование).

Размыв (оврагообразование), как правило, приурочен к древней гидрографической сети и падающим к ней крутым отрезкам склонов. Различают три основных вида размыва: донный, концевой, или вершинный, и береговой. Разновидностью донного размыва является отвершковый (размыв дна коротких лощин – отвершков) и подмыв берегов, а разновидностью берегового – склоновый размыв.

Донный размыв. Это размыв днищ различных звеньев суходольной гидрографической сети, в результате чего образуются донные овраги (рис. 2). Интенсивность размыва зависит от сложного взаимодействия природных и хозяйственных факторов, действующих в разных направлениях: величины водосбора данного звена гидрографической сети, уклона дна сети, степени устойчивости против размыва геологических пород и растительного покрова. Уклон дна обычно уменьшается от верхних звеньев сети к нижним: более крутое падение имеют короткие отвершки и лощины, в лощинно-суходольном и суходольном звеньях днище в направлении устья все больше выполаживается. Поэтому, несмотря на увеличение объема сточной воды, нижняя, более пологая часть суходолов и отдельных лощин обычно не размывается, и нередко в их устьевой части образуется конус выноса.

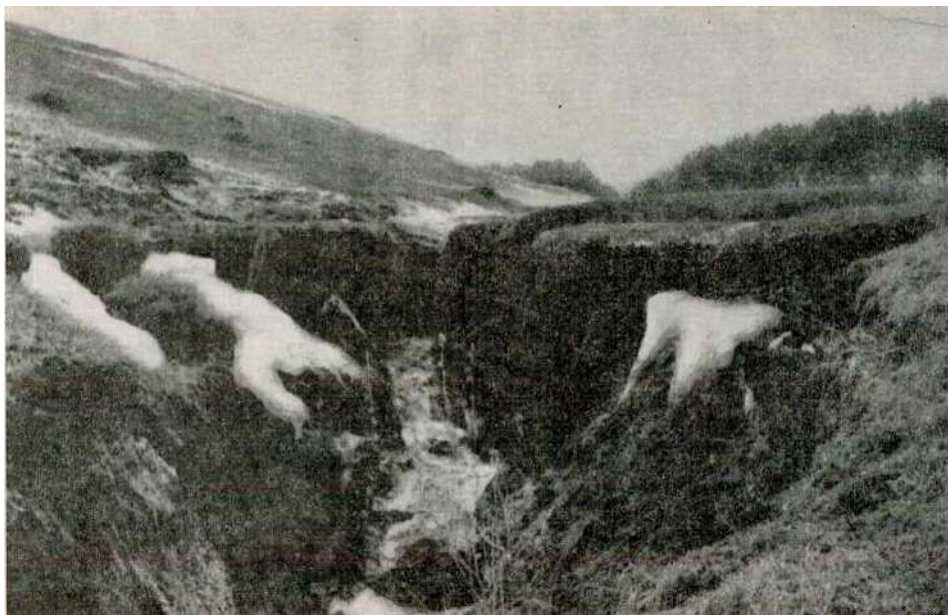


Рис. 2. Донный овраг

Размыв чаще всего начинается в лощинном звене. Вначале образуется на слабо задерненных участках дна водобоина или водороина с небольшим вершинным перепадом, затем размыв, углубляясь и расширяясь, продвигается своей вершиной вверх. В связи с тем, что

уклонного размыва меньше, чем уклон размываемого днища сети, по мере роста размыва увеличивается вершинный перепад.

Донный размыв, достигнув вершины лощины, может развиваться дальше как вершинный, или концевой размыв. Но размыв вершин нередко начинается и самостоятельно под влиянием различных причин, вызывающих усиленную концентрацию стока около вершины.

Донный отвершковый размыв нередко связан с донным размывом в суходольных и лощинных звеньях, формирующим перепады в устьях отвершков. Размывом, часто целиком, охватываются днища отвершков, что обуславливает сползание почв и обнажение берегов. В каждый отвершек открывается небольшая водоподводящая ложбина, концентрирующая сток с собственного водосбора; поэтому отвершковый размыв переходит в размыв дна ложбины и выходит на склон, обуславливая развитие склоновых оврагов.

Концевой, или вершинный, размыв. Приурочен к крутым концевым участкам лощин, имеющим значительный водосбор. К вершинам обычно подходят одна или несколько ложбин (в виде веера). Активизация размыва в вершине лощины, как правило, связана с разбиванием здесь дернины, а также с усилением стока на водосборе вследствие низкой агротехники или других причин. Раз начавшись, размыв разрушает ложбины, выходя на склоны. Вершинный размыв обычно развивается в районах сильной эрозии.

Береговой размыв. Размыв берегов гидрографической сети обуславливается двумя причинами: с одной стороны, он связан с поступлением концентрированного стока с прилегающих склонов, с другой – с нарушением дернины на берегах вследствие неумеренного выпаса скота, а в ряде случаев и с имевшей место в прошлом распашкой берегов. В районах, где распространены длинные склоны с ложбинами разной степени выраженности, сточные воды поступают на берега гидрографической сети по ложбинам концентрированными потоками, размывая их. Чем длиннее склон, тем при прочих равных условиях больше опасность размыва берегов и выхода оврагов на склон.

На интенсивность размыва оказывают влияние также экспозиция берегов и уровень агротехники, определяющие величины стока. Берега южной экспозиции обычно размываются сильнее, так как на них более слабая дернина; кроме того, они, как правило, имеют большую крутизну.

При большой длине склонов процесс размыва распространяется по наиболее выраженным ложбинам вверх, образуя склоновые овраги

(рис. 3), расчленяющие поля. На наиболее крутых отрезках склонов выпукло-вогнутой формы склоновые овраги образуются вне связи с береговым размывом, чаще всего вследствие усиления стока на выгонах и пастбищах. Но и здесь они, как правило, приурочены к ложбинам. Оврагообразование на склонах нередко происходит также вследствие концентрации стока дорогами и придорожными кюветами.

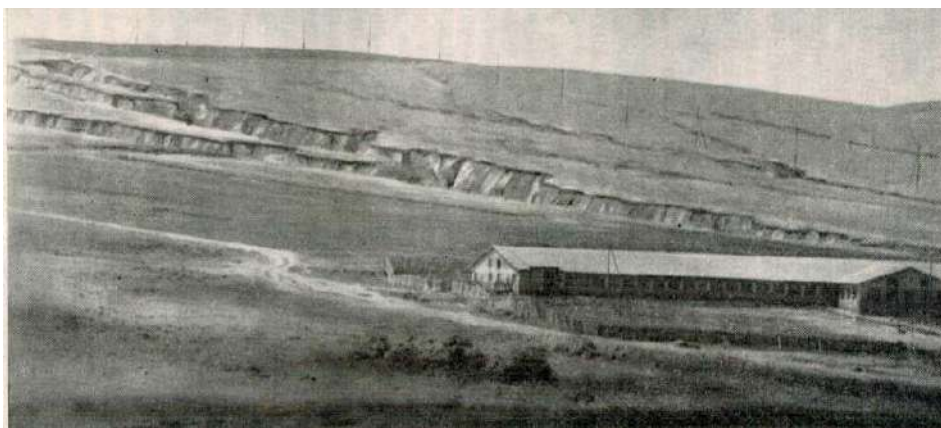


Рис. 3. Склоновые овраги

Отложение продуктов размыва. В пологой устьевой части суходолов обычно наблюдается аккумуляция – отложение продуктов смыва и размыва, выносимых из размываемых верхних звеньев сети и со склонов. Они заносят в устье суходолов и на пойме ценные угодья, образуя здесь конусы выноса. Обширные конусы выноса нередко со щебнем и камнями можно почти повсеместно наблюдать в правобережье Среднего Дона в устьевых частях суходолов, открывающихся к пойме, и на самой пойме. Являясь малопродуктивными, эти выносы сильно снижают ценность угодий.

В случаях, когда суходолы открываются непосредственно в русло реки, приближающееся вплотную к берегу, продукты эрозии выносятся в реку, образуя мелководья в виде подводных конусов. Согласно подсчетам Г. А. Харитоновой [169], в Дон ежегодно поступает во взмученном состоянии около 7 млн т мелкозема, а по нашим подсчетам [145] в Волгу только на участке Камышин-Волгоград в среднем выбрасывается около 6 млн т мелкозема.

С появлением водохранилищ в зоне их подпора в низовьях суходолов образовались лиманы, которые постепенно заиливаются продуктами смыва и размыва.

Условия размыва и его распространение. Как отмечалось выше, донный размыв чаще начинается и протекает в средних и верхних звеньях

ях суходолов, а устьевые участки их в большинстве случаев заносятся. Это свидетельствует о том, что современный размыв не связан с вековыми эпейрогеническими колебаниями земной коры и врезом речной сети. Он развивается на основе базисов, которые образовались в эпоху древних эрозионно-аккумулятивных процессов [150]. Рельеф является основным природным фактором развития современного размыва, однако ближайшие его причины – это резкое усиление поверхностного стока вследствие низкой агротехники, вырубка байрачных лесов, разбивание дернины на берегах и крутых склонах или их распашка без применения противоэрозионных мероприятий.

Таким образом, оврагообразование происходит под влиянием хозяйственной, преимущественно земледельческой деятельности человека, а не вследствие геологических причин. Отсюда следует, что защита почв от размыва находится в руках землепользователей.

Из других условий, способствующих усилению или ослаблению размыва, важное значение имеет состав грунтов, слагающих местность. В рыхлых песчано-глинистых породах размыв протекает намного интенсивнее, чем в твердых. При наличии твердых песчаниковых плит, а также в мелах, опоках и других породах интенсивность этого процесса намного ниже.

При оврагообразовании, как и вообще при русловых процессах, формируется тот или иной профиль равновесия оврага, соответствующий конкретным условиям своего образования. Под профилем равновесия понимается та или иная форма русла, в котором прекращаются или выражаются слабо процессы размыва и аккумуляции, и продукты эрозии равномерно проносятся по руслу вниз [22]. Указанные условия определяются крутизной и формой размываемого участка, объемом стока, поступающего в вершину, и составом пород. Профиль равновесия формируется под влиянием максимальных паводковых расходов стока. При размыве берегов, когда большая часть рыхлых продуктов обрушивания вершины остается на месте, профиль днища приобретает большую крутизну и обычно несколько вогнутую форму. При донном размыве, когда проходят большие массы воды, выносящей вниз продукты размывания вершины, профиль русла размыва становится более пологим, чем днище сети (до размыва).

Процессы оврагообразования и в настоящее время протекают довольно интенсивно, особенно, по правобережьям крупных рек и их притоков. В эродированных районах непосредственно под оврагами

находится от 0,8 до 1,5-2% площади, а местами до 3-4%. При этом поврежденная территория в два-три раза превышает площадь собственно размывов. Ежегодный линейный прирост оврагов нередко составляет 1-2 м и больше.

2. СМЫВ ПОЧВЫ

Смыв почвы происходит под влиянием удара дождевых капель и механического воздействия мелких рассеянных струй и ручейков дождевой или снеговой воды, стекающей по склонам. Он определяется совокупным действием многих факторов, важнейшими из которых являются: уклон поверхности и длина склона, податливость самих почв смыву, агротехника и способ хозяйственного использования земель, определяющие наличие и защитную роль растительного покрова, интенсивность осадков, характер снегоотложения и последовательность схода снега на склонах, положение полей с различным агрофоном на склонах и другие. Особенно большое значение имеет сток, формирующийся под влиянием гидрометеорологических, почвенных, агротехнических и других факторов.

Динамика мутности сточной воды

Интенсивность выноса почвы определяется мутностью сточной воды, сильно варьирующей в зависимости от конкретных условий. В. В. Звонков [53] установил четыре критических скорости течения русловых потоков, обуславливающих вынос и отложение мелкозема. При первой критической скорости воды начинается движение частиц по дну русла, при второй заканчивается разбег частиц и начинается их полет, третья критическая скорость характеризует конец взвешенного состояния (скачка) частицы и начало ее тормозного пути на дне потока, четвертая – конец тормозного пути. Согласно [49], наиболее опасный диаметр шарообразных частиц грунта лежит в пределах 0,015-0,033 см; ему соответствует наименьшая критическая скорость воды в русловых потоках 18-22 см/с. При уменьшении и увеличении диаметра частиц наименьшая критическая скорость воды возрастает. Однако, как отмечает Н. И. Маккавеев [95], когда раздробленный материал поступает в турбулентный поток со стороны, то он переносится тем в большем количестве, чем мельче раздроблен. «Введение крупного материала в поток может резко уменьшить его способность к эрозии, а добавление не-

которого количества мелкого материала стимулирует движение более крупных частиц, которые до этого поток не передвигал» [95, с. 53]. Маккавеев обращает внимание на особенности денудационной работы нерусловых потоков (струй) малых глубин, смывающих почвы на склонах, и на их недостаточную изученность. Эти склоновые потоки чаще всего ламинарные и высококинетичные с бурным гидравлическим режимом течения. Их скорость не зависит от шероховатости русла, но больше реагирует на изменение уклона, чем при турбулентном потоке.

Мутность воды при одной и той же крутизне склона может колебаться в широких пределах; она зависит, с одной стороны, от живой силы ручья $mv^2/2$, а с другой – от податливости почвы смыву при данном ее состоянии. Нередко она изменяется от ручья к ручью в огромном диапазоне – от 0,5 до 30-40 г/л и больше [137]. Экспериментальными исследованиями [137] установлено, что в процессе и по мере выработки ручьями мелких русел мутность сточной воды и интенсивность выноса мелкозема при одинаковых расходах ее со временем падают. При прохождении воды по таким руслам, ранее выработанным более сильными ручьями, ее мутность и интенсивность выноса почвы намного ниже, чем в процессе самостоятельной их выработки. Для повышения мутности требуется, чтобы значительно увеличился объем стока, что влечет за собой расширение и углубление русел. Однако в дальнейшем после установления постоянного расхода интенсивность выноса почвы снова уменьшается. Поэтому, например, два кратковременных ливня, разграниченных некоторым промежутком времени (три-четыре дня), могут произвести больший смыв, чем один ливень, равноценный им по сумме и интенсивности выпадения осадков.

Сопоставим интенсивность смыва при ливнях и в период весеннего снеготаяния. Вопрос о механическом действии ливня на слабо защищенную поверхность получил отражение в работах многих отечественных и зарубежных авторов [14, 40, 42, 58, 77, 94, 130, 137 и др.]. Установлено, что при ливнях механическое действие капель способствует отделению почвенных частиц, их разбрызгиванию, а при затоплении поверхности тонким слоем воды – возникновению добавочной турбулентности и взмучиванию частиц, что облегчает их передвижение струями воды. При снеготаянии по мере обнажения почвы из-под снега почвенные комочки верхнего только что оттаявшего насыщенного влагой слоя легко распадаются на микроагрегаты, которые захватываются водой и уносятся. При этом мутность воды может быть очень высокой.

Согласно экспериментальным данным [137], при искусственном подтоке на обработанной с осени площадке (зять) с оттаивающей почвой мутность сточной воды была приблизительно в 1,5-3 раза выше, чем при тех же расходах во время ливня летом (20,6-43,7 г/л против 14,8 г/л). Напротив, на полевой залежи мутность воды и интенсивность смыва при ливнях приблизительно в 1,5-2 раза превышала соответствующие величины, полученные весной при подтоке (мутность 15,1 г/л против 7,5 г/л).

Таким образом, на уплотненной и частично защищенной растительностью почве вследствие сильного механического действия дождевых капель интенсивность смыва при ливнях намного большая, чем во время снеготаяния. На рыхлой пашне в обоих случаях может быть высокая интенсивность смыва, причем во время ливня она в течение всего времени стока сохраняется на высоком уровне, лишь немного уменьшаясь по мере выработки русел. При снеготаянии же наибольшая интенсивность смыва наблюдается на завершающем этапе, главная же масса талой воды обычно проходит по мерзлой покрытой снегом почве и не производит значительного смыва.

В итоге можно заключить, что при легкой податливости почвы смыву (оттаивающая зять, пар, неразвившиеся посева) рассеянное прохождение сточных вод при одном и том же объеме стока может обусловить больший смыв, чем концентрированное. На участках, защищенных густопокровными культурами, наоборот, при рассеянном стоке происходит меньший смыв почвы, так как скорость и кинетическая энергия небольших струй может быть ниже критического уровня, при котором почвенные частицы способны отделяться от поверхности, взмучиваться и переноситься. При концентрированном прохождении стока по плужным бороздам (аналоги выработанных русел) вынос почвы значительно меньше, чем по более или менее ровной поверхности склона, когда объем воды в силу тех или иных причин один и тот же. Борозды слабее размываются талыми водами еще и потому, что в них к началу весеннего снеготаяния образуется ледяная или снежно-ледяная корка.

Влияние снежного покрова и экспозиции склона на смыв

При весеннем снеготаянии на первом этапе (до образования проталин) почва защищена снегом, поэтому сточная вода бывает прозрачной, смыв почвы практически отсутствует. С появлением прота-

лин мутность снеговой воды резко возрастает, что указывает на интенсивный смыв почвы. На склонах без ложбин проталины обычно образуются, когда оставшийся запас воды в снеге при равномерном его отложении снижается приблизительно до 18-28 мм. В связи с этим важно учитывать перераспределение снега на склонах разной экспозиции и по элементам склонов. По данным Новосильской станции [74], количество снега на склонах (снежность склонов) характеризуется в среднем следующими коэффициентами: ровная приводораздельная площадь (контроль) – 1,0; склоны восточной, юго-восточной и южной экспозиций – 0,5; северо-восточной – 1,0; юго-западной – 1,2; северной и западной – 1,5; северо-западной – 2,0. Иногда снег сдувается и с юго-западных склонов [169].

Таким образом, в условиях Центральной лесостепи снегосдуваемыми являются склоны преимущественно восточной, юго-восточной, южной и отчасти юго-западной экспозиций, а снегозаносимыми – склоны противоположных экспозиций. На снегосдуваемых склонах мощность снежного покрова в направлении гидрографической сети уменьшается, а на снегозаносимых увеличивается. Это обуславливает неодновременное стаивание снега и обнажение почвы. Кроме того, на инсолируемых склонах в связи с большим притоком солнечной радиации интенсивность снеготаяния выше, чем на теневых, причем она увеличивается по мере возрастания крутизны инсолируемого склона.

В соответствии с высотным градиентом температура воздуха в нижних частях склонов несколько выше, чем на вышележащих участках и на водоразделах, что также сказывается на интенсивности снеготаяния. Все это обуславливает более раннее обнажение от снега южных склонов и более высокую интенсивность смыва почв. Поэтому важно так отрегулировать снегоотложение, чтобы на нижних выпуклых отрезках склонов было больше снега, чем на вышележащих (особенно на южных склонах).

Противоэрозионная устойчивость почв

Способность почв противостоять смыву и размыву в большой степени зависит от их физико-химических, водно-физических свойств и от механического состава. Из физико-химических свойств важнейшими являются содержание гумуса и состав поглощающего комплекса. Как известно, органические вещества и тонкие коллоидные фракции почвы в присутствии катионов Ca и Mg способствуют образова-

нию водопрочных агрегатов, что обуславливает более рыхлое сложение почвы, уменьшение ее объемного веса и увеличение водопроницаемости и создает более благоприятный водный режим. Поверхностный слой почвы с водопрочной структурой лучше противостоит механическому действию дождевых капель и струй воды и менее склонен к заплыванию по сравнению с бесструктурной почвой. Характер материнской породы также влияет на противоэрозионную устойчивость почв. В. Б. Гуссак [41], экспериментируя на монолитах с красноземными почвами Грузии, установил, что почвенная разность на делювиальной лёссовидной глине более податлива смыву, чем глинистая почва на элювии коренных пород.

Наиболее устойчивыми в противоэрозионном отношении в сравнимых условиях являются черноземы среднего пояса (обыкновенные и выщелоченные); на север и на юг от них противоэрозионная устойчивость почв падает [131]. Она уменьшается также в связи с повышением степени смытости почв. Однако смываемость в конкретных природных условиях зависит от различного сочетания многих факторов и не всегда соответствует их противоэрозионной устойчивости, установленной в лабораторных условиях. Почвы находятся в различных биоклиматических условиях, с чем связана и разница в защитном влиянии естественной растительности. В северных районах и в средней полосе противоэрозионная роль растительности намного выше, чем в южных. В северных районах смыв и размыв почв вызывается преимущественно талыми водами, а в южных и юго-западных наиболее выражена ливневая эрозия. В летний сезон одна и та же почва во влажном состоянии менее податлива смыву, чем иссушенная [40, 137]. При одинаковой водопрочности агрегатов и одинаковом стоке смываемость почв в северных районах ниже, чем в южных.

Механический состав почв в значительной степени определяет их податливость эрозии: более тяжелые почвы лучше противостоят смыву и размыву, чем легкие. Наиболее податливы смыву при значительных уклонах и наличии стока песчаные и супесчаные почвы, при этом основная масса твердых продуктов передвигается по дну и в придонной зоне [137]. Однако в связи с более высокой их водопроницаемостью в летний сезон при ливнях они меньше подвержены смыву, если на них не поступает сток с вышележащих участков; лишь при очень сильных ливнях смыв на таких почвах может достигать больших величин.

Влияние крутизны и длины склона на смыв

Крутизна склонов является основным условием развития смыва. На Новосильской опытной станции А. Д. Ивановским и Я. В. Корневым [80] получена следующая теоретическая зависимость, характеризующая влияние крутизны и длины склонов на смыв почвы:

$$M = AI^{0,75}L^{1,5}x^{1,5}, \quad (2)$$

$$W = AI^{0,75}L^{0,5}x^{1,5}, \quad (2a)$$

где M – расход смытого материала (кг/с), W – смыв почвы на единицу площади (кг), I – уклон поверхности склона (тангенс угла наклона), L – расстояние от водораздела (длина склона, м), x – интенсивность осадков или водоотдачи из снега (мм/мин), A – коэффициент, учитывающий другие факторы эрозии.

Из уравнений следует, что твердый расход и смыв почвы пропорциональны уклону в степени 0,75. Другие исследователи дают иные зависимости смыва от уклона¹. По данным В. Б. Гуссака [41], полученным при экспериментировании на монолитах, смыв на красноземах возрастает пропорционально уклону в степени 0,4. Согласно исследованиям Б. В. Полякова, интенсивность смыва (мутность сточной воды) пропорциональна уклону в степени 0,5. К такому же выводу пришел В. В. Сластухин [130]. Г. В. Лопатин [87], обработав экспериментальные данные Гуссака, Шапошникова, Манилова, Земляницкого, а также некоторых американских авторов, пришел к выводу, что при крутизне склона менее 10° смыв приблизительно пропорционален уклону в первой степени, а при большей его крутизне – уклону в степени 0,86 (в среднем).

Формула А. В. Цинга [192] имеет следующий вид:

$$M = AI^{1,4}L^{1,6}. \quad (3)$$

Согласно американским данным [77, 192], удвоение крутизны склона увеличивает смыв в 2,5 раза.

Из этого краткого обзора видно, что существуют большие расхождения в оценке влияния уклона на смыв почвы. Мы объясняем это главным образом тем, что влияние уклона в реальных условиях изменяется в широких пределах в зависимости от податливости незащищенной почвы смыву и степени ее защищенности. Чем лучше противостоит почва смыву (например, в силу хорошей оструктуренности и связности частиц, а также вследствие замерзания и т. д.) или чем

¹Ц. Е. Мирцхулава. Инженерные методы расчета прогноза водной эрозии. М., «Колос», 1970, 240 с. – Прим. ред.

лучше она защищена растительным и мертвым покровом, а также уплотнена, тем значение уклона меньше. И наоборот, в условиях обработки, когда почва находится в рыхлом состоянии и ее частицы способны легко отделяться и взмучиваться, значение уклона повышается до предела. Так, зависимость, полученная В. Б. Гуссаком, рассчитывалась для монолитов при естественном уплотненном сложении красноземных почв (без их обработки), полученная американскими авторами – при рыхлом состоянии почв.

Благодаря различной податливости почв смыву наибольшее влияние уклона обычно проявляется при разных его значениях: на легко податливой почве – при меньшей крутизне склона, на слабо податливой – при большей. Отсюда следует, что при интенсивных ливнях влияние уклона на смыв проявляется сильнее, чем при слабых. То же можно сказать и о величине стока: с его уменьшением влияние уклона на смыв сокращается и, наоборот, с увеличением возрастает. Можно полагать, что это влияние в определенной степени следует принципу зональности, так как сама почва и ее противоэрозионная устойчивость зональны. Показатель степени уклона n зависит от различных факторов: податливости почвы смыву, степени защищенности, поверхности и т.д. и изменяется в значительных пределах. Таким образом, противоэрозионные мероприятия, способствующие повышению защищенности и противоэрозионной устойчивости почвы, а также уменьшающие сток, снижают значение уклона как энергетического фактора смыва почв.

Длина склона, обуславливая нарастание объема стока и его кинетической энергии, способствует усилению выноса почвы. Так, согласно уравнениям (2) и (2а), твердый расход и количество смытой почвы увеличиваются пропорционально длине склона в степени 1,5, а величина смыва на единицу длины возрастает к низу склона пропорционально корню квадратному из горизонтального проложения длины склона. Иначе говоря, при увеличении его длины в 2 раза смыв почвы возрастет в 1,4 раза. По американским данным, удвоение длины склона способствует увеличению смыва приблизительно в 1,5 раза [77].

Указанные теоретические и эмпирические формулы, основанные на экспериментальных материалах, полученных на небольших площадках, характеризуют условия ливневой эрозии на незащищенной или слабо защищенной почве. На более задерненных участках или на почвах, мало податливых смыву, уменьшается значение как крутизны, так и длины склона. В период весеннего снеготаяния, когда сток проходит

лишь по частично оттаявшей почве, в случаях равномерного залегания снега и равномерного обнажения почвы значение фактора длины склона (при неизменной крутизне) уменьшается, так как мерзлая подошва препятствует свободному углублению русел стока. Может быть, поэтому, как показывают наблюдения в природе, на прямых склонах преимущественно северной экспозиции смытость почвы вниз по склону в ряде случаев мало изменяется, а при слабой вогнутости профиля на отрезках с меньшей крутизной наблюдается отложение мелкозема и некоторое увеличение толщины почвенного слоя.

Возникает вопрос о совокупном влиянии крутизны и длины склона на интенсивность смыва. Вопрос этот достаточно сложен и слабо разработан. Обычно считают (и это нашло отражение в вышеприведенных формулах), что интенсивность смыва повышается пропорционально произведению степеней влияния того и другого, т. е. если, например, при удвоении крутизны и длины склона смыв с единицы площади увеличивается соответственно в 2,5 и 1,5 раза, то совокупное их влияние возрастает в 3,75 раза. Однако на склонах выпуклой формы увеличение протяженности должно сопровождаться усилением энергетического действия уклона на интенсивность смыва, особенно при резко выраженной выпуклости в их нижней части; на склонах вогнутой формы, наоборот, их удлинение должно способствовать некоторому ослаблению действия уклона. Обоснованием для такого вывода является следующее.

1. Как мы видели выше, влияние крутизны склона зависит от состояния и податливости почвы смыву, от степени ее защищенности растительностью, а также от интенсивности осадков и других факторов и проявляется в полной мере лишь при неблагоприятном сочетании этих факторов. Поэтому увеличение длины склона, сопровождающееся возрастанием массы и энергии воды, должно усиливать это влияние.

2. Как известно, при нарастании крутизны склона скорость стекания и мутность сточной воды увеличиваются, причем тем сильнее, чем резче возрастает крутизна. Поэтому при большой длине вышележащих отрезков склона малой крутизны там накапливается много воды со свободной энергией, обуславливающей резкое увеличение мутности и интенсивности выноса почвы с нижележащих крутых отрезков склона. При малой длине вышележащих отрезков склона, а также на склонах с одинаковым падением подобного нарастания мутности не происходит.

Таким образом, на длинных склонах, пологих в приводораздельной части и крутых в присетевой, интенсивный вынос почвы происходит

благодаря увеличению массы воды при резком нарастании ее мутности. Влияние уклона в таких условиях намного возрастает в связи с увеличением длины склона.

Изложенное позволяет на основе вышеприведенных формул написать выражение твердого расхода (выноса) почвы в следующем виде:

$$M = AI \frac{1,4}{a} + \frac{2L}{10^4} L \frac{1,5}{a}, \quad (4)$$

где a – коэффициент, характеризующий степень защищенности почвы растительностью, мульчей, щебенкой, снегом и проч.; он может варьировать от 1 до 100 и больше, причем для незащищенной почвы он равен 1, для слабозащищенной 1,1-1,5, для среднезащищенной 1,6-3,5, хорошо защищенной 3,6-6,0 и для очень хорошо защищенной, весьма слабо поддающейся смыву и размыву, более 6.

В настоящее время уже имеются данные, свидетельствующие о том, что на почвах с очень слабой противозэрозийной устойчивостью при весьма интенсивных ливнях показатель степени при уклоне i может достигать трех.

Анализ вопроса позволяет сделать следующее заключение. Осуществляя мероприятия по перехвату и отводу сточных вод, поступающих с вышележащей части склона, или их уменьшению другими способами и проводя залужение и облесение земель присетевого и гидрографического фонда, можно резко сократить процессы эрозии на этих землях.

Влияние обработки почвы и растительного покрова на смыв

Рыхление почвы приводит к обособлению структурных отдельных частей и распылению, и это увеличивает податливость смыву. Но в рыхлую почву лучше впитывается вода, в результате сокращается сток. Поэтому обработка почвы в одних случаях способствует усилению эрозии, в других же, наоборот, ослабляет ее. Рыхлая почва в черном пару и под пропашными культурами способна полностью поглощать первые один-два умеренных ливня, вследствие чего на ней в это время может и не быть смыва. Талые воды на черноземах и каштановых почвах степей в большинстве вёсен почти полностью поглощаются зябью, и тогда при отсутствии подтока сверху смыва на ней не происходит. Можно расположить посевы, садовые, луговые и лесные угодья на склонах по степени их подверженности смыву в порядке убывания его интенсивности в последовательности, приведенной в табл. 1. Эта схема лишь в общих чертах отображает картину распре-

деления различных видов пашни и сельскохозяйственных угодий по степени их подверженности эрозии.

Таблица 1

Распределение сельскохозяйственных посевов и угодий в различных районах по степени их подверженности эрозии (в порядке убывания)

Районы	Почвы	Сток	Последовательность расположения посевов и угодий по степени подверженности эрозии
<i>Эрозия, вызываемая преимущественно тальми водами</i>			
Лесостепь и северная степь	Серые лесные, оподзоленные и выщелоченные черноземы	Сильный и значительный с зяби	Зяблевая пахота, сад (междурядья обрабатываются), посевы озимых культур, многолетние травы 1-го года жизни, многолетние травы 2-го года жизни и больше, суходольный луг с хорошим покрытием, лес
Степь	Черноземные и каштановые	7 лет в 10-летние очень слабый или отсутствует	Озимые, многолетние травы 1-го года жизни, сад, зяблевая пахота (7 лет в 10-летие), многолетние травы последующих лет жизни, залежь, пастбища, байрачный лес
<i>Эрозия, вызываемая преимущественно ливневыми водами</i>			
Юго-западные и южные	Черноземные и темно-каштановые	Сильный и значительный	Чистые пары, многолетние травы весеннего посева, сад, пропашные культуры, поздние крупяные и зернобобовые культуры, ранние яровые, озимые, многолетние травы 2-го года жизни и больше, пастбища, лес

Большое значение в характере и интенсивности смыва имеет относительное положение полей на склонах. Если выше по склону находится стокообразующее поле, например, посевы озимых или многолетних трав, а ниже зяблевая пахота, то на нижележащем поле может быть весьма интенсивный смыв, при обратном сочетании смыв бывает незначительный [142].

Для приблизительной характеристики смыва (аккумуляции) на полях с различным агрофоном и разных элементах склона предлагается следующее уравнение:

$$M = 10(\gamma_2 - \gamma_1) \frac{Ly_1}{l} + 10_{\gamma_2\gamma_2}, \quad (5)$$

где M – смыв почвы в нижележащем поле (кг/га); γ_1 – мутность под-

текающей с вышележащего поля воды (г/л); γ_2 – мутность воды на нижележащем поле (г/л); L – длина склона, откуда поступает вода (или ширина вышележащего поля) (м); l – длина нижележащего отрезка склона, где определяется смыв (ширина поля) (м); y_1 – слой стока с вышележащего поля (шириной L) (мм); y_2 – слой стока с нижележащего поля (мм).

Уменьшение смыва на нижележащем поле может быть достигнуто: а) уменьшением ширины вышележащего стокообразующего поля и сокращением стока, поступающего вниз; б) переводом поверхностного стока во внутригрунтовый на границе между двумя полями (в лесополосах) или с помощью посевов многолетних трав (например, при почвозащитном севообороте).

Распределение почв на склонах по степени смытости

Выпуклая форма склонов характеризуется постепенным нарастанием крутизны по мере продвижения книзу, поэтому в том же направлении возрастает интенсивность смыва и усиливается историческая смытость почв, т. е. смытость за период сельскохозяйственного использования земель. При указанном типе водосбора почвенный покров по степени смытости распределяется в такой последовательности: на приводораздельных участках и пологих склонах (до $1,5-2^\circ$) залегают несмытые и слабосмытые почвы, далее по склону следуют различные по ширине пояса слабосмытых, среднесмытых, сильносмытых и местами весьма сильносмытых почв¹.

История распашки часто вносила существенные поправки в приведенную схему. Во многих случаях нижние отрезки склонов вблизи населенных пунктов отводились под выпас скота и до недавнего времени не распахивались, поэтому смыв на них протекал слабо. При таком сочетании угодий увеличение смытости почвы наблюдается лишь до нижнего края пашни, граничащего с пастбищем; здесь она может достигать средней, а иногда и сильной степени. На выпасах в узкой полосе (40-60 м), примыкающей к пашне, наблюдается отложение мелкозема и залегают намытые почвы. На склонах прямой формы (с равномерным падением) интенсивность смыва также постепенно

¹Слабосмытыми почвами считаются такие, которые потеряли не более 25% гумусового горизонта (A + B1), среднесмытыми – от 25 до 50%, сильносмытыми – от 50 до 75% и весьма сильносмытыми от 75 до 100% этого горизонта. Несмытой считается почва с уменьшением гумусового горизонта не более 3-4 см [139].

нарастает книзу, но в меньшей степени; эродированные почвы здесь менее распространены.

На длинных выпуклых и прямых склонах (более 400-500 м), которые, как правило, расчленены древними ложбинами, имеет место иная закономерность: некоторое уменьшение на них мощности почвы вследствие смывости примерно до половины или двух третей склона (считая от водораздела), где ложбины еще не выражены; здесь обычно располагается пояс слабой и средней смывости (при выпуклой форме профиля). Затем ниже по склону в зоне ложбинности наблюдается резко выраженная комплексность по смывости: на межложбинных водоразделах обычно залегают несмытые или слабосмытые почвы, на микросклонах и в днищах ложбин – средне-, сильно- и весьма сильносмытые. На склонах вогнутой и выпукло-вогнутой формы наиболее интенсивный смыв на более крутых отрезках, далее он ослабевает и сменяется отложением мелкозема. Поэтому на верхних или средних отрезках таких склонов залегают в той или иной степени смытые почвы (при выходах твердых коренных пород – щебенистые), а на пологих шлейфах – намытые.

Распространение смытых почв и падение их плодородия

Согласно данным С. С. Соболева и И. Ф. Садовникова [134], в европейской части СССР подвержено эрозии около 50 млн га, из них приблизительно 30 млн га слабосмытых почв и около 10-11 млн га средне- и сильносмытых. По подсчетам С. И. Сильвестрова [127], на этой территории эрозии подвержено около 52,6 млн га, в том числе пашни и многолетних насаждений 33 млн га, пастбищ 15 млн га, оврагов 4,6 млн га. По нашим ориентировочным подсчетам, произведенным на основании исследований на ключевых участках, в Орловской области имеется около 967,8 тыс. га в разной степени эродированных земель (39,6% общей площади и 45,3% площади пашни), в том числе среднесмытых 356,8 тыс. га, сильносмытых 207,4 тыс. га и весьма сильносмытых (в прошлом бросовых) 39,6 тыс. га. В Куйбышевской области насчитывается около 892 тыс. га слабосмытых почв, 311 тыс. га среднесмытых и 62 тыс. га сильно- и весьма сильносмытых, а всего около 1265 тыс. га, или 30,5% площади пашни [150]. Много эродированных почв имеется и в других областях Поволжья, Центра, Юга и других районов СССР. Большая часть эродированных земель находится в интенсивном сельскохозяйственном пользовании, а некоторая часть вследствие сильной

смытости и размывости перешла в разряд так называемых бросовых земель, используемых в качестве малопродуктивных выгонов.

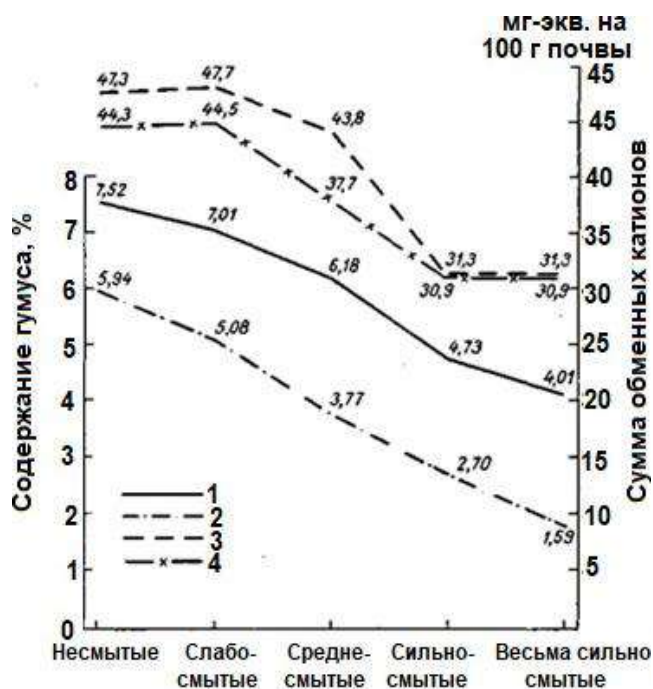


Рис. 4. Содержание гумуса и обменных катионов (Ca и Mg) в эродированных почвах Куйбышевского Заволжья (содержание гумуса: 1 – в пахотном горизонте, 2 – в подпахотном горизонте; сумма обменных катионов: 3 – в пахотном горизонте, 4 – в подпахотном горизонте)

В процессе смыва сильно ухудшаются физические, химические и физико-химические свойства почв. Об ухудшении плодородия таких почв свидетельствуют наши данные об уменьшении гумуса и обменных оснований в черноземах ключевых участков Куйбышевского Заволжья (рис. 4). Как видно, в диапазоне слабой смытости содержание гумуса и обменных оснований изменилось мало, хотя мощность почвы уменьшилась; по мере увеличения смытости темп их уменьшения возрастает, особенно в подпахотном горизонте, в связи с чем ухудшаются и другие свойства почв и резко падает их плодородие. Это находит свое выражение в снижении урожаев сельскохозяйственных культур.

На основании экспериментальных данных опытной сети ВНИАЛМИ и литературных источников, а также сведений о распределении гумуса в почвах разной степени смытости нами получена следующая шкала снижения урожаев: на слабосмытых почвах в среднем до 10-15% (средний коэффициент для эродированного пояса 0,07), на среднесмытых от 10 до 40% (средний коэффициент для пояса 0,25), на сильносмытых от 40 до 60% (средний коэффициент 0,5) и на весьма сильносмытых от 60 до 80% (средний коэффициент 0,7) по сравнению с несмытыми почвами.

Глава II. ФОРМИРОВАНИЕ СТОКА ТАЛЫХ ВОД

Инфильтрация

Водопроницаемость, или инфильтрационная способность почвы, является свойством, определяющим скорость впитывания и просачивания в нее воды¹. Как показывают опыты, инфильтрационная способность черноземов выше, чем каштановых и серых лесных почв, а серые лесные почвы, в свою очередь, как правило, более водопроницаемы, чем дерново-подзолистые. Почвы в различной степени смытые отличаются большим объемным весом, повышенной плотностью и пониженной водопроницаемостью по сравнению с несмытыми; в рыхлом состоянии они обладают лучшей инфильтрационной способностью, чем в уплотненном. На степной целине и в лесу вода просачивается с большей скоростью, чем на пастбищах и на пашне, особенно на старопахотных участках [39]. Почвы легкого механического состава – песчаные и супесчаные – в теплое время, как правило, отличаются лучшей водопроницаемостью, чем суглинистые и глинистые.

При изучении инфильтрационной способности почв применяются две группы методов: 1) методы, основанные на сплошном затоплении микроплощадок; 2) методы, основанные на подаче воды в виде дождя (дождевание). При сплошном затоплении получают максимальные показатели инфильтрации для данной почвы, поэтому мы называем выявленную таким методом водопроницаемость максимальной, а проявляющуюся в естественных условиях во время дождей и ливней, когда поверхность склона затопляется лишь частично, реальной. Реальная водопроницаемость незащищенной почвы значительно ниже максимальной. На впитывание воды в почву склонов в реальных условиях оказывают сильное влияние различные факторы, которые обуславливают большее или меньшее затопление поверхности [26]. Это может быть устойчивый нано-² и микрорельеф поверхности, более или менее густой

¹Процессы впитывания воды с поверхности почвы подробно рассмотрены в работах: А. А. Роде. Основы учения о почвенной влаге, т. 1. Л., Гидрометеиздат, 1965, 664 с.; Э. Чайлдс. Физические основы гидрологии почв. Пер. с англ. Л., Гидрометеиздат, 1973, 428 с. – Прим. ред.

²Под нанорельефом понимается сочетание мелких форм поверхности, возникающих в результате обработки почвы и измеряемых сантиметрами.

травостой, различная мульча, интенсивность осадков и т. д., а в период снеготаяния – снежный покров.

Просачивание талых вод зависит, с одной стороны, от активной пористости почвы, определяющей ее максимальную водопроницаемость (в теплое время), а с другой – от промерзания почвы и степени закупорки ледяными пробками водопроводящих пор. Процессы замерзания и оттаивания почв оказывают многостороннее влияние на практику земледелия и на деятельность других отраслей народного хозяйства, поэтому они являются предметом самостоятельного изучения. Они освещались в литературе как в связи с проблемой защиты сельскохозяйственных растений от вымерзания, так и в общем плане влияния промерзания на просачивание снеговых вод в почву и формирование стока.

В. В. Докучаев, А. И. Воейков, П. А. Костычев и другие ученые много внимания уделяли водному режиму почв и процессам их замерзания и оттаивания. Раньше господствовала точка зрения о водонепроницаемости мерзлой почвы¹. А. А. Шалабанов [176] показал, что мерзлая почва способна пропускать талые воды. Позднее водопроницаемость мерзлой почвы была доказана многочисленными наблюдениями и экспериментами [62, 76, 135, 137, 138, 173 и др.]. Н. А. Качинский [62], например, исследовал и обстоятельно описал процессы замерзания и оттаивания почвы и условия просачивания в нее талых вод на различных сельскохозяйственных угодьях лесной зоны. Им охарактеризована связь глубины промерзания с мощностью снежного покрова и с совокупным влиянием других факторов. Качинский различает два типа оттаивания почвы: «первый тип, когда почва целиком размораживается снизу еще до схода снега за счет тепла глубинных горизонтов»; при втором типе «размерзание почвы идет в двух направлениях: снизу за счет тепла глубинных горизонтов и сверху после схода снега, за счет солнечного тепла» [62, с. 47]. Просачивание талых вод в почву он связывает со степенью влажности мерзлой почвы и заполнением почвенных пор и ходов льдом, т. е. с льдистостью почвы, что подтверждено последующими исследованиями.

На Новосильской опытной станции изучалось распределение снега и его мелиоративная роль. Было установлено большое отепля-

¹Механизм кристаллизации воды в породах и реологические свойства так называемой связанной воды изложены, например, в книге «Современное представление о связанной воде в породах». М., Изд-е АН СССР, 1963, 126 с. – Прим. ред.

ющее влияние снежного покрова, защищающего почву от глубокого промерзания. Выявлено благоприятное влияние различных противоветровых защит на ослабление промерзания почвы.

Г. Д. Рихтер пришел к выводу, что «слой рыхлого снега в 30-40 см представляет собой теплоизоляционную прослойку, весьма замедляющую теплообмен почвы и воздуха. С момента накопления слоя снега такой мощности тепловой режим почвы оказывается практически независимым от атмосферы» [120, с. 19].

И. А. Кузник [86] дает следующую зависимость глубины промерзания h от высоты снежного покрова H :

$$h = (0,84 - 0,016H)\Sigma t^{0,74}, \quad (6)$$

где Σt – сумма средних суточных отрицательных температур воздуха. По его наблюдениям, промерзание почвы полностью прекращается при высоте снега 45-50 см. И. П. Сухарев [160], проанализировав результаты наблюдений над промерзанием почвы на полевых и лесных площадках в Каменной степи за период 1948-1958 гг., пришел к выводу, что на лесных площадках запасы снеговой воды в среднем почти в 3 раза больше, а глубина промерзания почвы более чем в 2 раза меньше по сравнению с полевыми площадками.

Согласно лабораторным исследованиям В. Д. Комарова [76], поступление талой воды в почву сопровождается снижением ее водопроницаемости. В связи с тем что почвенная влага различных категорий замерзает при разных температурах (гравитационная вода при 0°C , стыковая и четочная, удерживаемая силами поверхностного натяжения, при $-1,5, -0,1^{\circ}\text{C}$, связанная вода при гораздо более низкой температуре), в процессе впитывания талой воды происходит, с одной стороны, частичное ее превращение в лед, сопровождающееся выделением скрытой теплоты плавления и некоторым повышением температуры почвы, а с другой – таяние льда с образованием малоподвижной связанной воды. Это и обуславливает уменьшение инфильтрационной способности почвы.

С. И. Харченко [170], анализируя факторы, определяющие поглощение талых вод и формирование стока на малых водосборах р. Сал и других рек юга, подчеркивает зависимость стока от дефицита влажности метрового слоя почвы, глубины промерзания и льдистости почвы.

Автором [137, 138] установлено, что при замерзании сильновлажной почвы происходит капиллярное передвижение воды к поверхности замерзания (граница твердой и жидкой фаз) вследствие ее

постоянного стремления образовывать на замерзшей поверхности пленку и изъятия последней как жидкой фазы¹. Это ведет к быстрому накоплению льда в порах и полостях, сопровождающемуся потерей инфильтрационной способности почвы, к расширению (вспучиванию) мерзлой почвы и резкому уменьшению ее объемного веса. При резких колебаниях температур днем и ночью, например, весной, влажность замерзающего слоя почвы может повышаться за одну ночь на 15-20%. Насыщение влагой верхнего мерзлого слоя происходит также во время оттепелей, причем более интенсивно на уплотненной пашне, нередко с образованием поверхностной ледяной корки. В рыхлосложенной нераспыленной почве, например, в случае глубокой вспашки под зябь, даже при высокой ее льдистости значительная часть порового пространства остается открытой, что определяет довольно интенсивное впитывание талых вод и уменьшение стока.

Экспериментами в полевых условиях установлено, что при рыхлении слоя мерзлой почвы 5-7 см ее водопроницаемость резко возрастает. Однако в некоторые годы, когда сильное оледенение распространяется до 20 см, мелкое рыхление почвы не способно обеспечить достаточно интенсивного водопоглощения. При разработке технологии такого рыхления (перед началом снеготаяния) нужно предусмотреть, чтобы почва оставалась покрытой снегом и не перемешивалась с ним, в противном случае снежно-земляная масса днем будет таять, а ночью слитно замерзать и эффективность мероприятия окажется ничтожной.

С уменьшением предзимнего увлажнения почв с севера на юг и юго-восток глубина их промерзания уменьшается; серые лесные почвы промерзают глубже, чем черноземы, а черноземы глубже, чем каштановые. По годам глубина промерзания варьирует в широких пределах – от 0 до 150-160 см [152]. В лесных насаждениях глубина промерзания почвы обычно бывает в 1,5-2 и даже в 3 раза меньше, а в приопушечной зоне – до 1,5-2 раз меньше по сравнению с полями. Сухая переохлажденная почва не обнаруживает эффекта промерзания. Оттаивание черноземных и каштановых почв весной в лесных полосах и на участках зяблевой пахоты в приопушечной зоне (нередко и на полях) происходит сверху одновременно с таянием снега, под влиянием тепла просачивающейся в почву талой воды, и снизу, а на

¹Механизм передвижения влаги к фронту промерзания рассмотрен в статье: А. М. Глобус, С. В. Нерпин. О механизме передвижения почвенной влаги к промерзающему горизонту – «ДАН СССР», 1960, т. 133, № 6, с. 1422-1424. – Прим. ред.

уплотненной пашне – сверху после схода снега. В начале снеготаяния при контакте талой воды с почвой на уплотненной пашне нередко формируется ледяная корка. В приопушечной зоне лесных полос до 25-50 м корка менее развита или отсутствует.

Особенности впитывания талой воды обуславливаются: 1) пониженной инфильтрационной способностью мерзлой почвы и 2) наличием на ней снежного покрова. Снежный покров, обладая водоудерживающей способностью, обеспечивает почти сплошное затопление поверхности почвы водой и играет роль постоянно действующего фактора впитывания. Именно поэтому такие факторы реальной водопроницаемости, как микрорельеф пашни, растительный покров и его густота, уклон поверхности, обуславливающие степень затопления почвы во время дождя, в период снеготаяния, при прочих равных условиях, не действуют или почти не действуют. Они начинают оказывать свое влияние лишь после обнажения почвы из-под снега. Например, роль нанорельефа зяблевой пахоты сводится к задержанию талой воды на завершающем этапе снеготаяния в соответствии с его емкостью. В этом коренится основная причина того, что микрорельеф пашни играет ограниченную роль в задержании талых вод. Фактическая сторона этого влияния будет рассмотрена в последующих главах.

Методы исследований

В практике почвенно-гидрологических исследований определились в основном два методических подхода, которые в зависимости от поставленных целей применяются в чистом виде или в той или иной комбинации. Для изучения закономерностей формирования поверхностного стока и эрозии почв применяются методы стоковых площадок и другие, а для познания водного режима почв – методы определения влажности. Последние широко используются при исследованиях, ставящих целью оценку эффективности различных агротехнических и агрохимических мероприятий и приемов. Определяя влажность почвы в разные сроки, устанавливают количество просочившейся в почву воды и характеризуют динамику распределения влаги и влагозапасов в почве. Нередко на этом основании судят о доле атмосферных осадков, усвоенных почвой, и о коэффициентах стока. Однако такой путь нельзя признать обоснованным; для характеристики стока нужно применять методы прямого его определения. В зависимости от размеров и характера водосборов различают три типа

объектов, где изучают водный баланс и сток: 1) стоковые площадки, 2) водосбор лощины, суходола, лога, 3) река и ее бассейн [92].

Одной из основных задач, стоящих перед автором, является исследование факторов, обуславливающих формирование стока талых вод на сельскохозяйственных угодьях (гидрометеорологических, почвенных, агротехнических), и получение количественной характеристики стока в целях более рационального построения системы мероприятий, направленных на его сокращение и регулирование и защиту почв от эрозии. Данной задаче в наибольшей степени отвечает метод элементарных полевых и комбинированных (с включением участков леса или луга) стоковых площадок. Этот метод позволяет проводить исследования элементов водного баланса в наиболее сравнимых условиях в отношении рельефа, почв и агротехники и соблюсти принцип единственного различия.

Изучение стока на водосборах лощин и суходолов мы считаем наиболее целесообразным, когда нужно оценить водорегулирующую и противоэрозионную эффективность системы противоэрозионных мероприятий (лесных насаждений в сочетании с лугомелиорацией и более высокой агротехникой) или отдельных ее элементов, например, степени облесенности водосбора. В таких случаях подбираются водосборы, сходные по почвенным и геоморфологическим условиям, но отличающиеся по степени облесенности или степени осуществления комплекса противоэрозионных мероприятий. Наибольшее распространение в практике воднобалансовых исследований получили стоковые площадки размером 0,15-0,3 га, в некоторых случаях до 1 га. Однако применялись площадки и значительно меньших размеров. М. И. Львович [92] считает нежелательным применение малых площадок; по его мнению, «при ширине порядка 30 м их длина должна составлять 150-300 м» [92, с. 136].

При изучении инфильтрационной способности почвы и стока дождевых вод в условиях искусственного дождевания применяют очень малые и малые площадки, в основном от 0,4 до 10 м² иногда больше [40, 41, 48, 67, 75, 96, 112, 125, 130, 136, 137, 143, 158, 166, 167, 172, 178, 184, 185, 186, 189, 191 и др.]. При этом экспериментами установлено, что по мере уменьшения длины площадки скорость впитывания осадков понижается, а слой стока увеличивается, и наоборот – на более длинных площадках слой и коэффициент стока уменьшаются, т. е. наблюдается редукция стока [137, 158]. Мы объясняем это различной степенью за-

топления площадки: чем она длиннее, тем больший слой воды образуется в ее средней и нижней частях за счет подтока сверху и тем глубже затопляются элементы нанорельефа, обуславливая повышенную интенсивность впитывания воды. Однако по мере увеличения длины площадки указанная тенденция все больше ослабевает, так как сток на пашне быстро концентрируется в струи.

Следует подчеркнуть, что на площадках малого и среднего размера вскрываются естественные закономерности водопоглощения и стока, лежащие в основе формирования водного баланса данной территории. Малые площадки лишь несколько искажают картину в сторону увеличения слоя и коэффициента стока по сравнению со средними и большими. Однако при строгой оценке водозадерживающей эффективности различных агротехнических приемов площадки в несколько квадратных метров и даже десятков метров малоприспособны. В этом случае их площадь должна составлять как минимум несколько сот квадратных метров, а лучше – не менее 0,1 га, что позволит производить обработку почвы тракторами и создавать условия для механического воздействия сточных вод на микрорельеф пашни; но, с другой стороны, на больших площадках очень трудно учитывать ливневый сток из-за его больших объемов.

Иначе обстоит дело при изучении стока талых вод. Теоретически можно полагать, что в период весеннего снеготаяния, когда сток проходит по мерзлой слабо водопроницаемой почве, размеры стоковых площадок при прочих равных условиях не должны существенно влиять на величину и коэффициент стока и искажать их; слой стока должен быть одинаковый как на малых, так и на больших площадках. А. И. Решетников [119], проанализировав показатели стока талых вод в 1938 и 1939 гг. на стоковых площадках Валдайской научно-исследовательской гидрологической лаборатории (ВНИГЛ) с однородной супесчаной почвой, имевших длину 10, 40 и 80 м, пришел к выводу, что при прохождении талых вод по мерзлой почве увеличение пути их добегаания в связи с большей длиной склона не оказывает влияния на инфильтрацию воды в почву и на слой стока.

Однако сток с малых площадок может варьировать в связи с некоторой неоднородностью почвенного покрова или неоднородностью обработки почвы. С этой точки зрения малые площадки нежелательны; они мало приемлемы и в том отношении, что точность измерения стока на них понижается. Принимая все это во внимание, мы считаем

оптимальными следующие размеры стоковых площадок: ширина 20-25 м, длина 80-150 м. В ряде случаев пригодны и несколько меньшие площадки (50-60 × 20 м).

Большие площадки мало приемлемы по следующим соображениям: 1) при изучении влияния степени эродированности почвы на сток их трудно расположить на склоне; 2) сужается возможность закладки опыта с большим числом вариантов; 3) увеличивается объем работы по снегомерной съемке и определению плотности снега, что ведет к снижению точности опыта; 4) затрудняется измерение стока вследствие его больших объемов, возможны прорывы оградительных валов; при всем этом мы не получаем каких-либо преимуществ по сравнению с площадками средних размеров.

Что касается комбинированных стоковых площадок, включающих участки лесного насаждения, то их размеры желательно увеличивать (длину до 200-300 м и больше, ширину до 30 м), для того чтобы обеспечить поступление в лесное насаждение большого объема сточной воды. Автором в течение многих лет изучался поверхностный сток талых вод на опытной сети ВНИАЛМИ на площадках от 0,10-0,11 до 0,5 га, в большинстве же случаев около 0,16-0,20 га.

Гидрологическую и противоэрозионную эффективность различных агротехнических приемов (глубина зяблевой обработки, лункование, прерывистое бороздование и др.) нужно изучать в производственных условиях на полях севооборотов, где происходит чередование озимых и яровых культур и многолетних трав. В связи с ротацией севооборота и сменой агрофона при длительном проведении опытов неизбежен переход с одного поля на другое и закладка временных стоковых площадок на двух-трех участках. При исследовании водопоглощающей и противоэрозионной эффективности лесополос и других насаждений, а также целинных луговых участков комбинированные лесные и луговые площадки должны находиться на одном месте.

Метод стоковых площадок в сравнимых условиях обеспечивает достаточную точность результатов при изучении элементов водного баланса, поэтому в ряде случаев варианты берут без повторности. Исходя из целесообразности вводить в опыт по возможности больше вариантов и учитывая значительные размеры площадок и связи с этим трудности их размещения на склоне из-за недостатка подходящей площади, мы считаем достаточным иметь двукратную повторность при систематическом расположении контрольных площадок (через 3-4 площадки), что

позволяет проводить математическую обработку результатов, применяя дисперсионный метод [46].

В наших исследованиях стоковые площадки закладывались обычно в двукратной повторности или без повторности, а в некоторых случаях в методических целях в трехкратной и больше. В ряде случаев возникает необходимость расположения стоковых площадок на склоне в два и даже в три яруса, что позволяет (при наличии контролей во всех ярусах) одновременно с оценкой эффективности изучаемых приемов получить данные о влиянии степени эродированности почвы на сток талых вод и смыв почвы. Стоковые площадки закладываются осенью на подготовленных заранее агрофонах. Для измерения стока нами устанавливались на них водосливы Томпсона с тонкой стенкой, а в некоторых случаях сток учитывался объемным способом.

В настоящей работе определенное место уделено описанию гидрометеорологических условий формирования стока талых вод в целях выявления генезиса этого процесса и разработки основ прогнозирования стока с сельскохозяйственных угодий. Характеристика условий погоды холодного периода по годам дается на основании тщательных визуальных наблюдений за некоторыми элементами погоды и анализа данных метеорологических станций. Интенсивность стока характеризуется по предлагаемой шкале (табл. 2). В ней принимаются два показателя: величина (слой) стока и его коэффициент. Нередко эти показатели не вполне согласуются между собой и попадают в разные градации. В таких случаях при определении интенсивности стока нужно исходить из его величины. Например, при слое стока 7 мм и коэффициенте 0,09 сток характеризуется как очень слабый. С другой стороны, может случиться (при очень больших снегозапасах), что величина стока превышает 75-80 мм, что служит основанием отнести его к градации очень сильного,

Таблица 2

Шкала интенсивности стока талых вод

Сток	Величина стока, мм	Коэффициент стока
Нет	0,0	0,0
Очень слабый	До 7	До 0,05
Слабый	От 8 до 20	0,06-0,15
Умеренный	От 21 до 40	0,16-0,35
Сильный	От 41 до 75	0,36-0,65
Очень сильный	От 76 до 115	0,66-0,85
Чрезмерно сильный	> 115	> 0,85

а коэффициент стока менее 0,35, что является признаком умеренного стока. В этом случае сток характеризуется как сильный.

В некоторые годы значительная часть снежных запасов стаивает во время зимних оттепелей, сопровождающихся дождями, и к началу весеннего снеготаяния остается мало снега; особенно часто это случается в южных районах. В таких условиях даже при малых величинах стока его коэффициент бывает очень большим, и характеристика силы стока по коэффициенту получается искаженной. Во избежание этого в годы с зимними оттепелями надо вычислять коэффициент стока также и относительно всей суммы осадков, выпавших в холодный период. При оперировании с материалами ВНИАЛМИ для лет с зимними оттепелями мы выражаем коэффициент стока дробью, где числитель – величина относительно весенних запасов снеговой воды (включая и осадки за период снеготаяния), а знаменатель – относительно суммы осадков холодного периода, измеренных осадкомером. Числитель будем называть частным коэффициентом, знаменатель – общим.

При сопоставлении показателей стока с различных вариантов зяблевой обработки или других агрофонов нередко приходится сталкиваться с фактом сильного влияния различных запасов снеговой воды. Для исключения вызванной этим влиянием разницы в стоке приходится приводить величины стока к одинаковым влагозапасам в снеге. Приведение в необходимых случаях осуществлялось умножением запасов снеговой воды опытного варианта на коэффициент стока, полученный на контроле. В некоторых случаях предварительно вносилась поправка к коэффициенту стока в связи с различными снегозапасами, а затем приводилась величина стока. Обоснование правомерности таких операций и определение условий их применения дается в § 4 главы II.

Смыв почвы определялся по методу водороев (струйчатых размывов) и по твердому стоку. Сечения струйчатых размывов измерялись на профилях в верхней, средней и нижней частях стоковых площадок, а также на склонах за пределами площадок. Величина смыва определялась по формуле

$$P = 10000S/L, \quad (7)$$

где P – вынос почвы, м³/га; S – суммарная площадь сечения водороев, м²; L – длина профиля, м, на котором произведен замер водороев.

Измерение смыва почвы по твердому стоку производилось путем отбора на водосливах срочных проб воды на мутность (объем 200-500 см³), отфильтровывания и взвешивания осадка, построения кривых

расхода воды, ее мутности и расхода твердого стока и определения веса мелкозема путем подсчета площади, ограниченной кривой расхода твердого стока и осью абсцисс. К полученной величине прибавлялся вес наноса, отложившегося перед водосливом и в борозде перед нижним ограждающим валом. Наравне с термином «мутность» мы применяем в настоящей работе термин «концентрация твердого стока», или КТС, под которой понимается общее весовое количество мелкозема, переносимое во взвешенном и влекомом состоянии. Без этого термина трудно обойтись, например, при определении (расчете) среднего содержания смытого мелкозема (найденного путем замера водоростков) в единице объема сточной воды, так как термин мутность в этом случае не подходит. Глубина и характер промерзания почвы определялись по наличию кристалликов льда и сопротивляемости комочков на излом, а также при помощи мерзлотомеров МД-2, а влажность – общепринятым термостатно-весовым методом. Уровень верховодки в лесных полосах и на межполосных пространствах измерялся в специальных смотровых скважинах, пробуренных почвенным буром на глубину 3-5 м. Суммарное водопоглощение в лесной части комбинированных площадок находилось по формуле автора:

$$W = X_{л} + \frac{l_{п}}{l_{л}}(Y - Y_1) - Y, \quad (8)$$

где W – водопоглощение на лесной части площадки (мм), $X_{л}$ – запас снеговой воды на лесной части площадки (мм), Y_1 – сток с комбинированной площадки (мм), Y – сток с контрольной (полевой) площадки (мм), $l_{п}$ и $l_{л}$ – длина соответственно полевой и лесной частей комбинированной площадки (м) (длина может быть заменена площадью указанных частей площадки).

Все операции, связанные с закладкой стоковых площадок, измерением запасов снеговой воды, стока и смыва, определением влажности и проведением других сопутствующих полевых наблюдений и замеров, а также с камеральной обработкой материалов, подробно описаны в работе [148].

1. Подзолистые и серые лесные почвы

Весенний поверхностный сток на подзолистых почвах лесной зоны

Изучением формирования весеннего стока в лесной зоне занимались многие научно-исследовательские учреждения страны. Первые исследования провел С. И. Небольсин на агрометеорологической станции в

Собакино Наро-Фоминского района Московской области в период с 1922 по 1930 г. [107]. В дальнейшем формирование стока изучали на Валдайской возвышенности А. И. Решетников [119], П. А. Урываев [165] и др. (Валдайская научно-исследовательская гидрологическая лаборатория ГГИ), на Мещерской низменности А. А. Молчанов [101] (Институт леса АН СССР), в Звенигородском районе Московской области И. И. Жигалов [47] (Лаборатория водохозяйственных проблем АН СССР), в Серебрянопрудском районе З. А. Кузнецова [83] (Московская областная сельскохозяйственная опытная станция), в Загорском районе С. В. Басс [11, 12] (Институт географии АН СССР). Материалы, характеризующие влияние леса на сток талых вод, а также особенности стока на сельскохозяйственных угодьях, обобщены С. В. Бассом [12].

В результате анализа литературных данных по стоку талых вод с сельскохозяйственных угодий в подзоне смешанных лесов довольно отчетливо выявилось влияние механического состава почв на формирование стока. На песчаной почве Мещерской низменности, вспаханной под зябь, сток наименьший; за период 1946-1949 гг. он составил в среднем 15,3 мм при коэффициенте стока 0,10 [101]. На супесчаных почвах Валдайской возвышенности сток сильнее – за период 1951–1958 гг. он равнялся 23,2 мм, а коэффициент стока составил 0,19 [12]. На суглинистых подзолистых почвах сток с зяби намного больше: в Наро-Фоминском районе (Собакино) средняя его величина за период 1925-1930 гг. составляла 36,8 мм, а коэффициент стока 0,443 [107], в Звенигородском районе за период 1951-1952 гг. соответственно 93,7 мм и 0,80 [47] и в Серебрянопрудском районе за период 1951-1954 гг. – 55,3 мм [83]. Однако не все приведенные данные вполне сопоставимы, так как в большей части они относятся к разным периодам. Таким образом, ясно, что в подзоне смешанных лесов на почвах легкого механического состава весенний сток с зяби меньше, чем на суглинистых почвах. Сток с залежи на песчаных и супесчаных почвах также значительно меньше.

Влияние зяблевой пахоты на весенний сток выражается следующими показателями. За пятилетний период (1925-1930 гг.) средние величины стока с зяби и старого клеверища (включая 1927 г., озимь) на агрометеорологической станции в Собакино были почти одинаковы — соответственно 36,8 и 80,9 мм [107]. Некоторое превышение коэффициента стока на зяби по сравнению с залежью $K_n/K_p = 0,93$ можно объяснить главным образом практиковавшейся тогда мелкой вспашкой. Средние величины стока с уплотненной пашни и зяби в

период 1951-1954 гг. на стационаре в Серебрянопрудском районе [83] составили соответственно 73 и 55,3 мм, а отношение между ними 1,32. На стационаре в Звенигородском [47] районе средний сток с разных видов пашни в период 1951-1953 гг. равнялся 92,4 мм, а отношение K_n/K_p в 1952 г. составило 1,16. В Загорском районе [11] в 1958 г. K_n/K_p равнялось 11. Для различных пунктов лесной зоны с дерново-подзолистыми почвами среднее отношение K_n/K_p за рассмотренные годы равняется $1,22 \pm 0,42$ (без 1958 г.). В одиннадцати случаях из двенадцати оно было около единицы или значительно превышало ее.

Таким образом, сток с зяби на подзолистых суглинистых почвах в среднем несколько меньше, чем с уплотненной пашни. Но и на различных видах уплотненной пашни он неодинаков. Так, в экспериментах С. И. Небольсина (1927 г.), И. И. Жигалова (1953 г.), С. В. Басса (1963 г.) сток по клеверищу был намного меньше, особенно в первых двух случаях. На стационаре З. А. Кузнецовой сток с многолетних трав и озимых был приблизительно одинаковый, а со стерни намного больший.

Представляет интерес вопрос о водности различных вёсен в подзоне широколиственных лесов. Хотя имеющийся материал весьма ограничен, но поскольку показатели стока на различных сельскохозяйственных угодьях в большинстве случаев мало различаются между собой, по величинам стока на любом из них можно приблизительно судить о водности того или иного года. За период 1922-1930 гг. одна весна была с очень слабым стоком (1930 г.), одна со слабым и умеренным (1929 г.), две весны с умеренным и сильным (1925 и 1928 гг.) и пять вёсен с сильным стоком (1922, 1923, 1924, 1926 и 1927 гг.).

В последующие периоды 1951-1954 гг. и 1958-1961 гг. в районах с подзолистыми суглинистыми почвами преобладали вёсны с сильным, очень сильным и чрезмерно сильным стоком. В районах с песчаными и супесчаными почвами из 18 лет наблюдений три весны были с очень слабым стоком с зяби (или он отсутствовал), четыре весны со слабым, четыре с умеренным, три с сильным и четыре с весьма и чрезмерно сильным стоком (по залежи). Таким образом, на дерново-подзолистых суглинистых почвах подзоны смешанных лесов почти ежегодно, а на песчаных и супесчаных в большинстве вёсен формируется значительный или сильный сток на всех угодьях, включая зябь.

Весенний сток на серых лесных почвах лесостепи

На серых лесных почвах Центральной лесостепи весенний сток длительное время изучали на Новосильской агролесомелиоративной опытной станции ВНИАЛМИ Орловской области, а в последнее время также в некоторых колхозах Тульской и Курской областей. На Украине, в пределах Черниговской лесостепи, исследованием стока на серых лесных почвах многие годы занимались Придеснянская стоковая станция и Придеснянский опорный пункт Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации (УкрНИИЛХА). Рассмотрим эти данные.

На Новосильской АГЛОС режим стока снеговых вод изучался с 1923 по 1941 г. [74], а затем работы были прерваны Великой Отечественной войной и возобновились с 1958 г. Наблюдения над стоком в период с 1923 по 1941 г. проводились на водосборах площадью от 50 до 500 га. По данным А. С. Козменко и А. Д. Ивановского [74], величины стока с водосборов составляли в среднем 70-80 мм при максимуме 100 мм. Коэффициент стока колебался от 0,70 до 0,93, в среднем составляя 0,85. Максимальный модуль стока достигал 11 л/с с 1 га, а средняя его величина понижалась до 3 л/с. Максимальный суточный объем стока составлял в среднем 200 м³ с 1 га с колебаниями от 150 до 900 м³. На основании этих обобщенных данных не представляется возможным количественно охарактеризовать весенний сток с различных видов пашни. Однако можно полагать, что в довоенный период вследствие более мелкой пахоты, а также небольшого мелиоративного влияния еще молодых лесонасаждений средние значения весеннего стока были значительно выше, чем в настоящее время.

Рассмотрим фактические данные по стоку с различных сельскохозяйственных угодий Новосильской АГЛОС за период 1959-1970 гг. (Наблюдения над стоком проводили под руководством и при участии автора в 1959-1961 гг. В. Н. Дьяков, в 1962-1967 гг. В. Л. Сухов, Л. Я. Королева и Е. А. Гаршинёв, в 1967-1970 гг. А. Т. Барабанов, Н. Е. Богулина и Е. А. Гаршинёв.) Формирование стока изучалось на различных вариантах зяблевой пахоты, на озимых и других сельскохозяйственных угодьях (гребнистая вспашка производилась тракторным плугом, на один из корпусов которого привинчивали удлиненный отвал). В 1959 г. наблюдения над стоком проводили на 10 стоковых площадках, в 1960 и в последующие годы их число колебалось от 15 до 50 и больше.

Сведения о стоковых площадках, влагозапасах в снеге и показателях просачивания и стока за 1959-1961 гг. представлены в табл. 3. Рассмотрим эти данные по годам.

Таблица 3

**Просачивание и сток талых вод на серых лесных почвах
Новосильской АГЛОС (1959-1961 гг.)**

Агротехнический фон	Смытость почв	Крутизна склона, град.	Запасы воды в снеге + осадки весны, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
1	2	3	4	5	6	7
<i>1959 г. Почва серая лесная. Площадки 0,18-0,21 га (на озими 0,37 га), комбинированные – 0,27; склон северо-западный</i>						
Вспашка поперек склона на 22-25 см (17 X)	Слабосмытая	2,5	124	33,0	91,0	0,734
То же, вдоль склона	- " -	2-2,5	135	37,2	97,3	0,724
	Слабо- и среднесмытая	2,5	166	35,0	131,0	0,790
Поперек склона на 14-16 см (15 IX)	Среднесмытая	3-3,5	131	22,4	108,6	0,829
То же + боронование		То же	132	4,0	128,0	0,970
То же (с боронованием) + луговая полоса шириной 36 м	Средне- и сильносмытая	3-4,5	139	17,4	121,6	0,875
Вдоль склона на 22-25 см (5 XI)	То же	3°	153	40,4	112,6	0,735
Средние для пахоты вдоль склона				113,8 ± 9,6	0,75 ± 0,02	
				<i>p</i> = 8,3%	<i>p</i> = 2,71%	
Озимая рожь	Средне- и сильносмытая	3-4	121	23,7	97,3	0,804
Стерня овса с люпином	То же	3	149	34,0	115,0	0,772
<i>1960 г. Почва темно-серая лесная; площадки 0,30-0,38 га (некоторые 0,24 га); склон западный</i>						
Вспашка поперек склона на 21-22 см (10 VIII)	Слабосмытая	1,5	136	54,2	81,8	0,601
То же, гребнистая	- " -	1,5-2	141	68,4	72,6	0,515
	Слабо- и среднесмытая	2,5-3	131	57,7	73,3	0,560
	То же	2,5	135	60,6	74,4	0,551

1	2	3	4	5	6	7
Средние для гребнистой пахоты	То же			$73,4 \pm 0,41$ $p = 0,56\%$	$0,54 \pm 0,014$ $p = 2,53\%$	
Вспашка поперек склона на 21-22 см, гребнистая (по залежи)	Сильносмытая	4,5	120	66,2	53,8	0,448
Вдоль склона на 21-23 см (10 VIII)	Слабосмытая	1,5	141	55,8	85,2	0,604
То же (7 X)	Слабосмытая	1,5	141	57,5	83,5	0,592
То же (10 VIII)	Слабо- и среднесмытая	2	113	37,1	75,9	0,671
Средние для пахоты вдоль склона				$81,5 \pm 2,9$ $p = 3,5\%$	$0,622 \pm 0,02$ $p = 2,28\%$	
Вспашка вдоль склона на 32-35 см (с почвоуглубителями) на 32-35 см на 15-17 см	Очень слабосмытая	1-1,5	141	113,5	27,5	0,195
	Среднесмытая	2,5	115	67,2	47,8	0,416
	Сильносмытая	4,5-5	117	13,8	104,3	0,891
<i>Почва серая лесная</i>						
Пшеница по чистому пару	Среднесмытая	3,5	150	19,9	130,1	0,867
То же + луговая полоса	Средне- и сильносмытая	3-4,5	157	54,2	102,8	0,655
Пшеница по занятому пару	Сильносмытая	4,5	150	46,1	103,9	0,693
<i>1961 г. Сумма осадков холодного периода (по дождемеру) 152 мм; почва темно-серая (зябрь) и серая лесная (озимь); площадки 0,20 га; склон западный</i>						
Вспашка поперек склона на 20-22 см	Среднесмытая	2,5	33	25,0	8,0	0,242/0,053
		3,5	32	26,6	5,4	0,169/0,036
То же, вдоль склона	Сильносмытая	2,5	30	15,2	14,8	0,493/0,097
		3-4	29	16,8	12,2	0,421/0,080
Гребнистая (поперек склона)	Сильносмытая	2,5	34	34	0	0
		3,5	32	30,4	1,6	0,050/0,011
Поперек склона на 32-35 см (с почвоуглубителями)	Среднесмытая	2,5	32	30,2	1,8	0,056/0,012
		3,0	34	33,1	0,9	0,026/0,006
		2,5	30	27,9	2,1	0,070/0,014
То же, вдоль склона	Сильносмытая	3,0	32	27,0	5,0	0,156/0,032
Зябрь, вспашка на 20-22 см + луговая полоса	Средне- и сильносмытая	3,0	33	25,2	7,8	0,236/0,051
Озимая рожь	Среднесмытая	3,0	25	11,2	13,8	0,552/0,091
Озимая рожь	Средне- и сильносмытая	4,5	20	8,3	11,7	0,585/0,071

1958-59 г. Снежный покров начал формироваться с 26 ноября, однако в период с 13 по 28 декабря была глубокая оттепель с дождями (выпало 38 мм). Зима установилась в конце декабря, почва замерзла в переувлажненном состоянии. В дальнейшем частые зимние оттепели способствовали образованию поверхностной ледяной корки, пятнами покрывавшей почву. Глубина промерзания почвы достигала 70-85 см. Все это обусловило формирование сильнейшего стока. Сток начался 25 марта и продолжался с различной интенсивностью до 12 апреля (19 дней).

Из табл. 3 следует, что в 1959 г. весенний сток на серых лесных почвах различной степени эродированности был очень и чрезмерно сильный; его величины на зяблевой пахоте при влагозапасах в снеге 121-166 мм колебались от 91 до 131 мм, а коэффициенты стока – от 0,72 до 0,79. Не вдаваясь пока в детали вопроса о влиянии на сток направления вспашки, отметим что в условиях 1959 г. вспашка поперек склона не имела заметного преимущества перед продольной в задержании талых вод. На поздней зяби, несмотря на большую крутизну склона, большую смывость почвы и продольную вспашку, в почву просочилось больше талой воды, чем на более ранней, а коэффициент стока был такой же, как и на пахоте поперек склона. На мелкой пахоте (15-18 см) коэффициент стока возрос до 0,829, а при ее бороновании в два следа показатели стока еще больше увеличивались. Луговая полоса в нижней части площадки шириной 36 м значительно снизила коэффициент стока (до 0,875).

На озимой ржи при таких же запасах снеговой воды сформировался больший сток, чем на нормальной зяби, но меньший по сравнению с мелкой заборонованной зябью. На стерне овса с люпином подпокровного посева 1958 г. коэффициент стока был приблизительно такой же, как на нормальной зяби, и меньше, чем на озимых. Здесь сказалось положительное влияние люпина, выразившееся в некотором иссушении почвы в осенний период и в отеплении ее. Соотношение K_n/K_p для сочетания озимые – зябь колебалось от 1,01 до 1,13, а для сочетания стерня (с люпином) – зябь от 0,97 до 1,07.

1959-60 г. Осень 1959 г. была засушливая, зима установилась в конце первой декады ноября. Однако в январе и феврале наблюдались оттепели, и почва дополнительно насыщалась влагой. Глубина ее промерзания в полях составляла 80-90 см и больше. Снеготаяние началось 27 марта и продолжалось на открытой местности до 13-14 апреля, т. е. 18-19 дней, а в лесных насаждениях до 22 апреля.

В 1960 г. весенний сток был очень сильный, хотя несколько слабее, чем в предыдущем году. Как правило, его величины на зяби превышали 80 мм, а коэффициент стока был больше 0,60. Как и в 1959 г., положительное значение пахоты поперек склона выявилось слабо, коэффициенты стока в том и другом вариантах на слабосмытой почве были практически одинаковые. При более сильной смытости почвы коэффициент стока на продольной пахоте был значительно больше (0,671 против 0,601). На гребнистой пахоте поперек склона в сходных условиях сток уменьшился по сравнению с обычной на 9,2 мм, а при расчете на одинаковые запасы снеговой воды – на 11,8 мм. На площадке, где распаханна залежь, сток был почти на 20 мм меньше, чем на контроле.

Наибольшее уменьшение стока произошло на глубокой пахоте (32-35 см): при очень слабой смытости почвы он сократился здесь на 57,7 мм, а при средней на 37,4 мм (в расчете на одинаковые снегозапасы на 26,5 мм); резко уменьшились и коэффициенты стока. На мелкой пахоте (15-18 см), напротив, показатели стока были намного выше, чем на нормальной (104,2 мм, коэффициент стока 0,89). Однако здесь и смытость почвы большая. Значительное влияние смытости почвы на увеличение стока отчетливо проявилось во всех вариантах зяблевой обработки. На поздней зяби в почву просочилось несколько больше талой воды, чем на ранней (57,5 мм против 55,8 мм), и коэффициент стока был меньше. Уменьшение весеннего стока на поздней пахоте можно объяснить тем, что почва здесь к началу зимы меньше заплывает под влиянием осадков, и поэтому ее инфильтрационная способность к началу снеготаяния сохраняется на более высоком уровне, чем в случае ранней вспашки. Однако это уменьшение несущественно.

Весенний сток с озимых в 1960 г. был намного сильнее, чем с зяби. На озимой пшенице, посеянной по занятому пару, он составил около 104 мм, а по чистому пару, несмотря на меньшую смытость почвы, около 130 мм. Последнее обстоятельство объясняется большей иссушенностью и меньшей влажностью почвы в занятом пару, а также повышенной рыхлостью ее после посева озимых. Луговая полоса шириной 36 м, как и в предыдущем году, способствовала значительному сокращению стока: его коэффициент уменьшился с 0,867 до 0,655. Это обстоятельство указывает на то, что на серых лесных почвах участки залужения с сильно смытыми почвами имеют определенное водопоглощающее значение. Отношение K_n/K_p в 1960 г. составило при сочетаниях озимые по чистому пару-зябрь 1,43 и озимые по заня-

тому пару-зять 1,15. Однако почва под озимыми характеризуется несколько большей смываемостью; при одинаковой смываемости ее эти коэффициенты были бы несколько меньше.

1960-61 г. Осенне-зимний период 1960-61 г. был необычным для условий Центральной лесостепи. Осень была очень влажная, и почва сильно увлажнилась. Однако зима сложилась необычайно теплая с частыми продолжительными оттепелями, и осадки просачивались в почву. Промерзание было слабое (клевкая почва) на глубину не более 40-50 см. Весеннее снеготаяние проходило в три этапа: 1) с 11 по 14 марта, когда полностью растаял весь снег; 2) с 18 по 20 марта растаял вновь выпавший снег; 3) 10 апреля завершилось таяние снега, выпавшего на оттаявшую сверху почву в первой декаде этого месяца; при этом стока почти не было.

Весенний сток в 1961 г. был небольшой, хотя частные коэффициенты его, рассчитанные по отношению к весенним запасам снеговой воды (числитель), довольно высокие. Сток со всех сельскохозяйственных угодий был слабый и очень слабый. Значение поперечной пахоты при нормальной ее глубине вывилось сильнее, чем в предыдущие годы. Глубокая вспашка (с почвоуглубителями) обусловила хорошее просачивание воды в почву и значительное сокращение стока (при средней степени смываемости почвы на 4-5 мм, а при сильной на 7-9 мм). Сток с гребнистой зяби был наименьший, что объясняется наложением сюда снежного шлейфа от лесной полосы (в условиях теплой зимы это сыграло важную роль в сокращении стока). На комбинированной площадке, включающей луговую полосу, сток был почти такой же, как и на чистой зяби. Это свидетельствует о том, что в 1961 г. сток с зяби и с участков луга был практически одинаковый. Сток с озимых был сильнее, чем с зяблевой пахоты поперек склона, и отношение K_n/K_p составило 2,57-2,76.

1961-62 г. Гидрометеорологические условия зимнего периода этого года напоминают условия соответствующего периода предшествующего года. Зима была теплая, и почва несколько раз замерзала и оттаивала во время оттепелей, впитывая талую воду. В начале марта на обнаженных участках полей почва вновь промерзла; выпавшие затем осадки (около 22 мм) в значительной части пошли на сток.

Как видно из табл. 4, величины стока с зяби в разных условиях были различные. На участке с серой лесной почвой, находящемся под

Таблица 4

**Просачивание и сток талых вод на серых лесных почвах
Новосильской АГЛОС при их различной обработке (1962-1966 гг.)**

Агротехнический фон	Степень смытости почвы	Крутизна склона, град.	Запасы воды в снеге + осадки, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
1	2	3	4	5	6	7
<i>1962 г. Сумма осадков холодного периода 165 мм. Почва серая лесная (под защитой лесной полосы). Площадки 0,19-0,21 га; склон северо-западный</i>						
Вспашка поперек склона на 20-22 см (5)	Средне- и сильносмытая	3-4	24	21,5	2,5	0,10/0,02
То же, вдоль склона	Среднесмытая	2-3	24	21,8	2,2	0,09/0,01
Зябь + луговая полоса 36 м	Средне- и сильносмытая	3-4	35	34,4	0,6	0,02/0,004
Стерня (после вико-овса)	Среднесмытая	2-3	24	2,7	21,3	0,88/0,13
<i>Почва серая лесная (открытое поле)</i>						
Вспашка поперек склона на 20-22 см	Слабосмытая	1,5-2	22	6,4	15,6	0,71/0,09
То же, гребнистая	Слабосмытая	1,5-2	22	4,1	17,9	0,81/0,11
		1,5-2	22	9,2	12,8	0,58/0,08
Вдоль склона на 20-22 см	Слабосмытая	2-2,5	22	2,4	19,6	0,89/0,12
	Слабо- и среднесмытая	2-3	22	1,1	20,9	0,95/0,13
Гребнистая поперек склона на 20-22 см	Среднесмытая	3-4	22	2,4	19,6	0,89/0,12
Гребнистая на 27-30 см	Слабо- и среднесмытая	2-3	22	17,5	4,5	0,20/0,03
Вспашка с почвоуглубителями на 35-37 см вдоль склона	То же	2-3	22	11,2	10,8	0,49/0,07
<i>Почва темно-серая лесная; склон западный</i>						
Вспашка поперек склона на 20-22 см	Слабосмытая	2-3	22	14,7	7,3	0,33/0,04
		2	22	14,6	7,4	0,34/0,04
То же + боронование		1,5-2	22	2,0	20,0	0,91/0,13
Вспашка на 23-25 см с почвоуглублением на 12 см	Слабосмытая	1,5-2	22	20,5	1,5	0,07/0,01
		2	23	21,5	1,5	0,07/0,01
То же, гребнистая		1,5-2	23	19,6	3,4	0,147/0,02

1	2	3	4	5	6	7
<i>1963 г. Сумма осадков холодного периода 131 мм. Почва темно-серая лесная (зять) и серая лесная (озимь)</i>						
Вспашка на 20-22 см (2)	Слабосмытая	1,7	115	56,8	58,2	0,506
То же, на 25-27 см		1,7	115	62,6	52,4	0,456
Вспашка на 20-22 см (4)	Средне- и сильно- носмытая	3	116	53,7	62,3 ± 3,5	0,541
То же, на 25-27 см		То же	3,0	102	61,0	41,0 ± 3,5
Озимь по черному пару (вспашка на 20-22 см (7))	Среднесмытая	3-3,5	139	59,8	79,2 ± 7,7	0,570
Озимь по занятому пару (2)	Средне- и сильно- но-смытая	2-4	122	54,6	67,4	0,552
Озимь, вспашка занятого пара на 30-35 см (3)		То же	2-4	129	75,1	53,9 ± 5,5
Луг (залежь)	Сильносмытая	5,7	85	17,1	67,9	0,799
<i>1964 г. Сумма осадков холодного периода 158 мм; почва серая лесная; площадки 0,49-0,96 га; склон западный</i>						
Вспашка поперек склона на 20-22 см	Средне- и сильно- носмытая	3,0	118	66,7	51,3	0,435
	То же	3,0	124	67,5	65,5	0,528
То же, на 30-35 см	То же	3,0	161	99,5	61,5	0,382
Стерня		3,0	113	28,6	91,4	0,809
<i>1965 г. Сумма осадков холодного периода 115 мм; почва серая лесная; площадки 0,72-0,96 га; склон западный</i>						
Вспашка поперек склона на 20-22 см	Слабосмытая	2,5	70	19,4	50,6	0,723
Озимь (пшеница)	Средне- и сильно- носмытая	3,0	48	13,5	34,5	0,719
	То же	2-2,5	71	13,0	58,0	0,817
<i>1966 г. Сумма осадков холодного периода 180 мм. Почва серая лесная; площадки 0,70 и 1,7 га</i>						
Вспашка поперек склона на 20-22 см	Средне- и сильно- носмытая	3,0	86	84,2	1,8	0,021
		2,5	108	107,3	0,7	0,006
То же, на 30-35 см		3,0	78	78,0	0	0
<i>Почва темно-серая лесная; площадки 0,5 га</i>						
Вспашка вдоль склона на 20-22 см (2)	Средне- и сильно- носмытая	3,0	77	73,0	3,5	0,045
То же, без оборота пласта (2)		3,0	83	80,7	2,3	0,028
Вспашка вдоль склона на 30 см (2)		3,0	84	81,7	2,3	0,027
То же, без оборота пласта (2)		3,0	83	81,6	1,4	0,017
Стерня (2)		3,0	105	102,4	2,6	0,025

Примечание. 1. Здесь и в других таблицах цифра в скобках (первая графа) – число повторностей. 2. В 1966 г. в проведении опыта участвовал Т. Ф. Антропов.

защитой прибалочной лесополосы, сток был наименьший – в среднем 2,5 мм (он колебался от 0,2 до 5,6 мм). Здесь нижние части площадок покрывались снежным шлейфом от лесополосы, предохранившим почву от сильного промерзания во время мартовского похолодания, вследствие чего она сохранила способность хорошо впитывать подтекавшую талую воду. На зяблевой пахоте поперек и вдоль склона сток был практически одинаковый. На площадке с луговой полосой он несколько меньше, чем с чистой зяби. Находясь под защитой леса, луговая полоса накопила несколько больше снега, чем полевая часть площадок, и была защищена от промерзания. На стерне был умеренный сток.

На открытом склоне, куда не распространялось влияние лесных полос, слой стока с зяби был намного больше: при глубине вспашки 20-22 см и слабой смывости почвы он варьировал от 12,8 мм на гребнистой пахоте поперек склона до 19,6 мм на продольной; при средней степени смывости почвы, независимо от направления вспашки, сток составлял около 20 мм. Лишь на площадках с глубокой вспашкой сток намного уменьшился. На склоне с темно-серой лесной почвой при вспашке поперек склона на 20-22 см сток составлял около 7,3 мм, а на зяби с осенним боронованием в два следа он равнялся 20 мм, т. е. был почти в три раза больше. По глубокой пахоте 35-40 см сток был незначительный – 1,5 и 3,4 мм.

1962-63 г. Осень 1962 г. была относительно засушливая, но в первой декаде декабря в виде дождя выпало 7 мм, и вслед за этим установилась холодная погода; верхний горизонт почвы замерз, будучи в сильно увлажненном состоянии. Зима была очень холодной, без оттепелей. Почва промерзла на открытых склонах в среднем на 140-145 см, а местами до 165 см. Весна была поздняя, дружная (снеготаяние прошло в основном с 14 по 22 апреля), что обусловило весьма бурное прохождение стока. В вариантах со вспашкой на глубину 20-22 см сток составлял 58,2 мм (коэффициент стока 0,506) на слабосмытой почве и 62,3 мм (коэффициент 0,541) на средне- и сильносмытой. При вспашке на глубину 25-27 см сток равнялся соответственно 52,4 мм (коэффициент 0,456) и 41,0 мм (коэффициент 0,402).

Таким образом, он был на 5,8-21,3 мм меньше, а при приведении к одинаковым влагозапасам в снеге на 5,8-15,7 мм меньше, или на 10,0-25,2%. На полях с озимой пшеницей, посеянной по черному пару, сток был сильнее, чем на полях с пшеницей, посеянной по занятому пару, превышение составляет 11,8 мм, а после приведения к оди-

наковым влагозапасам в снеге – 2,5 мм. Глубокая вспашка занятого пара (30-32 см) под посев озимых более резко сократила сток: он уменьшился на 14,5 мм, или, при приведении к одинаковым влагозапасам, на 16,4 мм. Самый большой коэффициент стока (0,799) наблюдался на старой сильно эродированной залежи, представляющей собой в настоящее время луг.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что весна 1963 г. была средней по водности. Тем не менее вода в р. Зуше в эту весну достигала наиболее высокой отметки за последние 20 лет (за исключением 1970 г.), затопив высокую пойму и отложив слой наноса толщиной до 7-10 см. Луговая растительность была погребена и лишь после высыхания и растрескивания наносного слоя стала пробиваться на дневную поверхность. Столь сильное половодье в р. Зуше, по видимому, частично связано с высокой интенсивностью снеготаяния в ее бассейне; не исключено, что в других частях бассейна сформировался намного больший сток, чем в районе Новосильской станции.

Отношение K_n/K_p озимь-зябь при глубине вспашки 20-22 см равняется 1,11. Для случая с озимой пшеницей, посеянной по глубоко вспаханному занятому пару, оно несколько меньше единицы (0,92).

1963-64 г. Поздняя осень была влажная (в ноябре выпало 70 мм осадков, в том числе в виде дождя 64 мм), и пахотный горизонт хорошо увлажнился. Зима установилась с 24 ноября и была холодная без оттепелей. С ноября по февраль выпало всего 65 мм осадков, а в марте 94 мм. Глубина промерзания почвы в открытом поле составляла около 60-75 см, а в некоторых пунктах достигала 110-120 см. Весна была затяжная и холодная, снеготаяние проходило с 26 марта до 18 апреля.

Несмотря на глубокое промерзание почвы, последняя, будучи умеренно увлажненной с осени, на участках зяби довольно хорошо впитывала талую воду. Этому способствовала затяжная и прохладная весна. Поэтому коэффициент стока с зяби был несколько ниже, чем в предыдущем году; однако величины стока на средне- и сильноосмытой серой лесной почве были приблизительно такие же, как на темно-серой почве в 1963 г. В целом сток с зяби можно охарактеризовать как сильный; на стерне сформировался очень сильный сток. Отношение K_n/K_p стерня-зябь равняется 1,75.

1964-65 г. Осень была засушливая, но в первой декаде декабря выпало в виде дождя 35 мм, и почва замерзла, будучи во влажном состоянии. Устойчивый снежный покров сформировался в третьей де-

каде декабря. Сумма осадков за холодный период (декабрь-март) составила 115 мм, причем в виде дождя во время оттепелей выпало 44 мм. Глубина промерзания почвы в полях колебалась от 65 до 100 см. К середине марта получила распространение ледяная корка толщиной 1,5-2 см на площади около 10%. Весеннее снеготаяние проходило с 14 марта по 24 апреля, сток талых вод наблюдался в два периода: с 21 по 31 марта и с 6 по 23 апреля.

Коэффициенты стока с зяби и озимых весной 1965 г. были очень высокие, около 0,7-0,8 (табл. 4), однако слой стока из-за сравнительно небольших запасов снеговой воды был значительно меньше, чем в предыдущие два года. Он колебался в зависимости от снегозапасов в широких пределах, тем не менее его можно характеризовать как сильный. Отношение K_n/K_p озимые-зябрь равняется 1,7.

1965-66 г. Гидрометеорологические условия холодного периода 1965-66 г. были необычные. Ноябрь был холодным, а декабрь очень теплым и дождливым. Лишь в первой декаде января на талой почве сформировался снежный покров, предохранивший ее от глубокого промерзания в дальнейшем. Всего за период декабрь-март выпало 180 мм осадков. К началу весеннего снеготаяния, которое проходило во второй половине февраля и в начале марта, почва на полях с зяблевой пахотой промерзла слабо, лишь пятнами; на озимых глубина ее промерзания местами достигала 30-40 см. Снеготаяние проходило с малой интенсивностью при пасмурной прохладной погоде; оно несколько раз прерывалось вследствие похолодания. Сток с зяби отсутствовал или был очень слабый, не более 3,5 мм (см. табл. 4), а на стерне равнялся 2,6 мм.

Остановимся на характеристике просачивания и стока за 1967-1970 гг. (табл. 5). Здесь приводятся лишь средние показатели для зяби и уплотненной пашни.

1966-67 г. Осенью за период сентябрь-ноябрь выпало в виде дождя и мокрого снега 183 мм осадков, и почва ушла в зиму в сильно увлажненном состоянии; в декабре-марте их выпало 132 мм. Зимой холодная погода прерывалась сильными оттепелями, что способствовало закупорке льдом почвенных пор и образованию поверхностной ледяной корки; глубина промерзания почвы достигала 90 см. Все это обусловило слабое впитывание талых вод и формирование сильнейшего стока. Из табл. 5 видно, что сток талых вод с зяби в этом году варьировал в пределах 140-150 мм, а коэффициент стока от 0,760 до 0,822. Коэффициент стока на озимых был около 1,0. Отношение K_n/K_p равнялось 1,27.

Таблица 5

Просачивание и сток талых вод на серых лесных средне- и сильносмытых почвах Новосильской АГЛОС в 1967-1970 гг. (площадки 0,18-0,21 га)

Агротехнический фон	Крутизна склона, град. и экспозиция	Запасы воды в снеге + осадки весны, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
<i>1967 г.</i>					
Зяблевая вспашка на 20-25 см	3; 3-СЗ	192	42,4	149,6	0,780
	2,5-3; 3	196	47,0	149,0	0,760
То же (почва темно-серая)	2,5-3	170	30,2	139,8	0,822
Озимые	2,5-3; 3	133	0	133	1,000
<i>1968 г.</i>					
Зяблевая вспашка	2-3; 3-ЮЗ	156	156,0	0	0
	2-3; С-3	173	172,1	0,9	0,005
	2-3; Ю-3	179	179,0	0	0
Многолетние травы	2-3; С-3; Ю-3	145	118,9	26,1	0,180
<i>1969 г.</i>					
Вспашка поперек склона 22-25 см	2-2,5; С-СЗ	77	48,3	28,7	0,371
То же, на 25-27 см	2-3; Ю-3; С-3	56	33,9	22,1	0,395
То же, 22-25 см (почва темно-серая)	2-3; 3	52	37,0	15,0	0,288
Многолетние травы	2-3; С-3	80	29,2	50,8	0,629
<i>1970 г.</i>					
Вспашка поперек склона на 25 см	2-3; С-3	196	110,0	86,0	0,439
	2-3; Ю-В	189	120,0	79,0	0,413
Многолетние травы	2-3; С-3	220	120,0	100,0	0,455
	2-3; Ю-В	223	135,0	88,0	0,389

1967-68 г. Осень была сухая и теплая, а зима многоснежная и холодная, без оттепелей. Установление морозной погоды совпало с формированием снежного покрова, поэтому иссушенная почва на многолетних травах и озимых промерзла слабо и на небольшую глубину, а на полях с зяблевой пахотой была преимущественно талая, что способствовало хорошему поглощению талых вод. Сток с зяби весной 1968 г. практически отсутствовал, а с многолетних трав (и также с озимых) был преимущественно умеренный при небольших коэффициентах стока.

1968-69 г. За период сентябрь-ноябрь сумма осадков составила 115 мм, в декабре были оттепели и снег частично стаивал. Зима была холодная и малоснежная, лишь в середине февраля выпало 29 мм осад-

ков и столько же в середине марта; при этом сильные ветры сносили снег в гидрографическую сеть и в лесные полосы. Промерзание почвы было глубокое (до 182 см) при значительном увлажнении пахотного горизонта; местами образовалась поверхностная ледяная корка. В период весеннего снеготаяния на участках с зяблевой пахотой в почву впиталось значительное количество снеговой воды и сток был умеренный. Он колебался здесь в зависимости от влагозапасов в снеге и других факторов от 15 до 29 мм, а коэффициент стока – от 0,288 до 0,395. Сток с многолетних трав был сильный. Отношение K_n/K_p равнялось 1,80.

1969-70 г. В ноябре выпало преимущественно в виде дождя 70 мм осадков. Зима до половины января была неустойчивой, с частыми оттепелями и осадками в виде снега и дождя, что обусловило дополнительное увлажнение почвы. В дальнейшем до начала весеннего снеготаяния стояла холодная погода, и увлажненная почва промерзла до 137 см; на ее поверхности местами образовалась ледяная корка. Весна была поздняя, снеготаяние проходило с высокой интенсивностью, и на пашне из-за больших запасов снеговой воды отмечался очень сильный сток при умеренных коэффициентах стока. Так, на зяблевой пахоте двух противоположащих склонов в урочище Слобода сток варьировал в пределах 79-86 мм и больше, а коэффициенты стока в пределах 0,413-0,439; на многолетних травах соответственно 88-100 мм и 0,389-0,455. Отношение K_n/K_p было около 1,0 (0,99), что характерно для лет с неустойчивой зимой.

Подведем итоги изложенному. В табл. 6 представлены осредненные данные о влагозапасах в снеге, просачивании и стоке талых вод на зяблевой пахоте и на уплотненной пашне. Принимая во внимание, что разница в стоке с зяби при вспашке поперек и вдоль склона небольшая, будем характеризовать сток на ней в целом.

В 1967 г. наблюдался чрезмерный, а в 1959, 1960 и 1970 гг. очень сильный сток со всех сельскохозяйственных угодий; в период 1963-1965 гг. он был сильный и лишь с уплотненной пашни в 1964 г. очень сильный; в 1969 г. сток с зяби был умеренный, а с уплотненной пашни сильный, в 1961 и 1962 гг. с зяби он был соответственно слабый и очень слабый, а с уплотненной пашни умеренный и слабый; в 1966 и 1968 гг. на зяблевой пахоте весенний сток отсутствовал или был очень слабый, а на уплотненной пашне в 1968 г. умеренный. Таким образом, семь лет было с весьма сильным и сильным половодьем, один год с умеренным и сильным, два года со слабым и два года с

очень слабым. Средняя за период величина стока с обычной зяби равна 52,9 мм, а с уплотненной пашни 61,6 мм.

Таблица 6

**Осредненные показатели стока талых вод на серых лесных почвах
Новосильской АГЛОС**

Год	Зябь, глубина пахоты 20-25 см (в отдельных случаях до 27 см)			Уплотненная пашня (озимь, стерня многолетние травы)		
	средние запасы снеговой воды, мм	сток, мм	коэффициент стока	средние запасы снеговой воды, мм	сток, мм	коэффициент стока
1959	146	108,1	0,738	135	106,2	0,787
1960	136	81,5	0,600	150	117,0	0,780
1961	32 (163)	6,7	0,209/0,041	22	12,3	0,557/0,079
1962	22(166)	12,6	0,572/0,076	23	20,7	0,90/0,128
1963	116	61,0	0,526	115	71,5	0,622
1964	121	58,4	0,481	113	91,4	0,809
1965	70	50,6	0,723	60	46,3	0,772
1966	77 (180)	3,5	0,045/0,019	105	2,6	0,027/0,014
1967	186	146,1	0,785	133	133,0	1,000
1968	169	0,3	0,002	145	26,1	0,180
1969	66	23,7	0,359	80	50,8	0,629
1970	192	82,5	0,430	221	94,0	0,425
Средние за период	111 (142)	52,9	0,456/0,398	109(139)	64,3	0,624/0,519

Примечание. В скобках показаны суммы осадков холодного периода, учтенные по осадкомеру, и средние величины влагозапасов, где участвуют указанные суммы осадков. 2. В этой и других сводных таблицах средний коэффициент стока вычислен как среднее из годовых коэффициентов.

На рис. 5 представлены кривые обеспеченности стока на серых лесных почвах, построенные по данным за 12 лет. На кривой для зяби видно, что сток 70%-ной обеспеченности превышает 18 мм (три раза за 10 лет он был меньше 18 мм), а сток 60%-ной обеспеченности превышает 47 мм. Столь крутой перегиб на кривой свидетельствует о том, что в среднем 3 года за 10-летие гидрометеорологические условия определяют резкое уменьшение стока с зяби. Сток, обеспеченный на 30%, превышает 75 мм. Кривая для уплотненной пашни проходит более плавно, однако и она показывает, что три года за 10-летие резко отличаются по условиям формирования стока: в эти годы он намного меньше.

Обозревая другие положения, вытекающие из анализа изложенных материалов, отметим, что слабый и очень слабый сток на серых

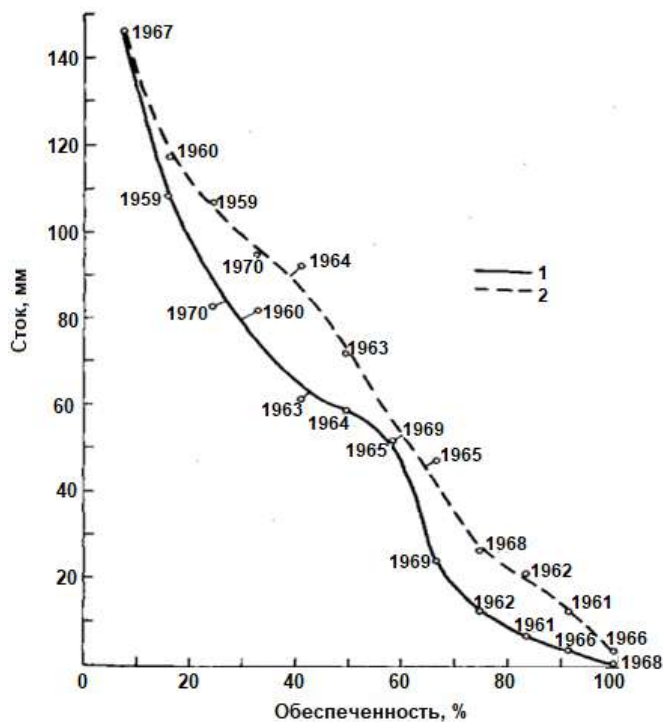


Рис. 5. Кривые обеспеченности стока на серых лесных почвах (Новосильская АГЛОС ВНИАЛМИ):
сток: 1 – с зяби, 2 – с уплотненной пашни

лесных почвах наблюдается в годы, когда снежный покров ложится в основном на талую почву и зимний период характеризуется повышенной температурой по сравнению с нормой, а также в годы с сухой осенью и холодной зимой без оттепелей.

В ходе исследований выявилось, что в многоводные годы по мере увеличения влагозапасов в снеге слой стока, а в ряде случаев и коэффициент стока при прочих равных условиях увеличивается. Пахота поперек склона незначительно сокращает сток по сравнению с продольной; гребнистая же пахота (проводимая плугом с удлиненным отвалом на втором

или третьем корпусе) уменьшает его на 8-12 мм.

Поздняя зяблевая вспашка способствует несколько лучшему просачиванию талой воды и уменьшению стока. Осеннее боронование зяби в два следа, сопровождающееся уплотнением поверхности пашни, приводит к значительному увеличению коэффициента стока (до 17%). Отношение K_n/K_p в среднем равняется 1,37.

На озимых, посеянных по черному пару, значения коэффициента стока выше, чем на озимых, идущих по занятому пару, а также на стерне и участках залужения. Залуженная полоса в нижней части склона, примыкающая к опушке леса, существенно уменьшает сток. Так, в 1959 г. коэффициент стока сократился на 9,8%, а в 1960 г. на 24,5%; в маловодные 1961 и 1962 гг. уменьшение было незначительным. Все это указывает на то, что полосы залужения в присетевой части склона, окаймленные лесными опушками, можно рассматривать как водорегулирующие.

Согласно довоенным исследованиям Новосильской станции, ежегодный смыв серых лесных почв составлял в среднем 5-6 т мелко-

зема с 1 га. В период 1959-1970 гг. он сильно варьировал по годам в зависимости от конкретных местных условий.

В 1959 г. смыв на стоковых площадках с зяблевой пахотой поперек склона (уклон $2,5^\circ$), учтенный замером водоросин, колебался от 1,4 до $5,8 \text{ м}^3/\text{га}$, а за пределами площадок в средней части склона $2,5\text{-}3^\circ$ составлял $7,1 \text{ м}^3/\text{га}$. На поле с озимой рожью он также изменялся в широких пределах – от $0,3 \text{ м}^3/\text{га}$ (уклон 3°) до $12,7 \text{ м}^3/\text{га}$ (уклон $3,5\text{-}4^\circ$). На стерне с люпином смыв был небольшой. В 1960 г. вынос почвы с зяби на склоне $2,5^\circ$, учтенный по твердому стоку, находился в пределах 1,7-2,9 т/га, а с озими при уклоне $4\text{-}6^\circ$ равнялся 2,5 т/га. В 1961, 1962, 1966 и 1968 гг. с небольшим стоком и без стока смыв, естественно, практически отсутствовал или был незначительный. В 1967 г. наблюдался наибольший смыв. На седьмом поле, например, на семи стоковых площадках с зяблевой пахотой он варьировал от 8 до $24 \text{ м}^3/\text{га}$ (учтен по водоросинам), а в среднем равнялся $15,5 \text{ м}^3/\text{га}$; на другом участке поля на восьми площадках он колебался в пределах $2,4\text{-}13,9 \text{ м}^3/\text{га}$ при средней величине $8,4 \text{ м}^3/\text{га}$ и на восьмом поле соответственно $2,9\text{-}22,3$ и $12,3 \text{ м}^3/\text{га}$. На одном из склонов (крутизна $2,5\text{-}3^\circ$) где, смыв на стоковых площадках определяли двумя методами (А. Т. Барабанов), при замерах водоросин он составил 7,2 и $12,5 \text{ м}^3/\text{га}$, а по твердому стоку соответственно 0,42 и 0,71 т/га. В 1969 г. смыв почвы с зяби на стоковых площадках при замерах струйчатых размывов находился в пределах $0,3\text{-}2 \text{ м}^3/\text{га}$, а по твердому стоку $0,11\text{-}0,53$ т/га; в 1970 г. соответственно $1,8\text{-}3,3 \text{ м}^3/\text{га}$ и $0,76\text{-}1,02$ т/га. (В дальнейшем еще неоднократно придется сталкиваться с таким положением, когда при учете смыва по первому методу он намного больше, чем по второму.)

Средняя мутность сточной воды варьировала в 1967 г. от 0,8 до $2,0 \text{ кг}/\text{м}^3$ (наибольшая достигала $11,4 \text{ кг}/\text{м}^3$), в 1969 г. от 1,1 до $3,1 \text{ кг}/\text{м}^3$ (наибольшая $6,4 \text{ кг}/\text{м}^3$) и в 1970 г. от 0,7 до $2,1 \text{ кг}/\text{м}^3$ (наибольшая $18,0 \text{ кг}/\text{м}^3$). Количество снеговой воды, практически выносившей почву (содержащей взмученные частицы), составляло в 1967 г. 55-68%, а по отношению к влагозапасам в снеге 23-52%, в 1969 г. соответственно 46-70 и 22-60% и в 1970 г. 29-47 и 9-27%. Колебания связаны главным образом с характером распределения снега на стоковых площадках и с последовательностью его схода: при большей мощности снежного покрова в нижней их части доля сточной воды, выносящей почву, уменьшается, при меньшей его мощности, наоборот, увеличивается.

Исследования весеннего стока на серых лесных почвах УССР

Рассмотрим данные Придеснянской стоковой станции и Придеснянского опорного пункта УкрНИИЛХА, характеризующие поверхностный сток снеговых вод на серых лесных почвах Черниговской лесостепи. Материалы стоковой станции обобщены в работе Л. Г. Онуфриенко [110]. Результаты многолетних наблюдений над стоком на водосборе р. Головесни представлены в табл. 7. Водосбор характеризуется следующими показателями: площадь 29,5 км², длина тальвега 12 км, средняя ширина водосбора 3 км, средний уклон тальвега 0,26°; пашней занято 70%, лугом 28%, лесом 2%. В довоенные и первые послевоенные годы под зяблевой пахотой находилась сравнительно небольшая площадь, а глубина основной вспашки была значительно меньше, чем в настоящее время. Еще в 1951 г. зябь пахали на 18-20 см.

Таблица 7

Значение весеннего стока на водосборе р. Головесни [110]

Год	Запас воды в снеге + осадки за период половодья, мм	Сток		Год	Запас воды в снеге + осадки за период половодья, мм	Сток	
		мм	коэффициент стока			мм	коэффициент стока
1930	115	61	0,53	1946	-	84	-
1932	-	148	-	1947	-	216	-
1933	130	71	0,55	1948	-	33	-
1934	80	63	0,78	1949	77	76	0,99
1935	78	55	0,71	1950	116	55	0,47
1936	87	40	0,46	1951	142	125	0,88
1937	158	133	0,84	1952	97	46	0,47
1938	106	38	0,36	1953	93	82	0,88
1939	-	22	-	1954	139	74	0,53
1940	163	143	0,88	1955	185	66	0,36
1941	148	114	0,77	1956	170	127	0,75
1944	-	20	-	1957	31	15	0,48
1945	-	72	-	-	-	-	-
				Среднее	-	77	0,66

Из 25 лет наблюдений наиболее многоводными, с чрезмерно большим стоком, были вёсны 1932, 1937, 1940, 1941, 1947, 1951 и 1956 гг. (всего семь вёсен). Они повторялись за указанный период в среднем один раз в 3,5 года или почти три раза в 10 лет; в некоторые другие годы коэффициенты стока были очень высокие (1934, 1935,

1949, 1953), но слой стока был намного меньше. Очень сильный сток наблюдался в 1946 и 1953 гг. Десять вёсен было с сильным стоком, четыре с умеренным и лишь две со слабым. Можно полагать, что с повышением культуры земледелия и надлежащим окультуриванием почв весенний сток с зяби на серых лесных почвах может быть резко сокращен в годы, аналогичные по своим гидрометеорологическим условиям тем, которые характеризовались умеренным и сильным стоком на рассматриваемом водосборе. В маловодные годы сток с зяби вообще может быть сведен до минимума.

В табл. 8 приводятся материалы Придеснянского опорного пункта за десятилетний период [35]. Почва стационара – серый лесной песчанисто-пылеватый суглинок средне-и сильноосмытая. Сток изучался на стационарных стоковых площадках размером $100 \times 25 = 2500 \text{ м}^2$. Крутизна склона $6-12^\circ$. Используя сведения А. И. Гончара о том, что в период 1949-1952 гг. средняя мощность снежного покрова на пахоте вдоль склона составляла 18,6 см, а на стерне 24,7 см, и приняв плотность снега на зяби равной 0,35, а на стерне 0,33, можно подсчитать средний слой стока. На зяби в этом случае он равен 36,4 мм, а на стерне 52,2 мм.

Таблица 8

**Коэффициенты стока с сельскохозяйственных угодий
на Придеснянском опорном пункте за период 1947-1956 гг.**

Агротехнический фон	Коэффициент стока	$K_{п}/K_{р}$
Зяблевая пахота поперек склона	0,280	
То же, вдоль склона (1949-1952 гг.)	0,447	-
Стерня (1949-1952 гг.)	0,517	1,85
Стерня с люпином подпокровного посева	0,120	0,43
Озимые	0,543	1,94
Многолетние травы	0,510	1,82
Естественный травостой	0,740	2,64

Из табл. 8 видно, что коэффициент стока с зяблевой пахоты, если не принимать во внимание стерню с люпином, был значительно ниже, чем с уплотненной пашни. На участке с естественным травостоем он наибольший.

Примечательно, что на участках со стерней наличие люпина подпокровного посева способствовало довольно резкому сокращению стока, даже по сравнению с зяблевой пахотой. Это обстоятельство, а также хорошая защита почвы от эрозии в период снеготаяния и высо-

кие достоинства люпина как сидерата, обеспечивающего повышение урожая последующей культуры, дали возможность А. И. Гончару рекомендовать на более крутых склонах весновспашку.

На основании изложенных материалов по проблеме стока талых вод на серых лесных почвах Центральной и Черниговской лесостепи можно сделать некоторые общие заключения. Прежде всего отметим, что в указанных районах при современной агротехнике как на зяблевой пахоте, так и на уплотненной пашне в большинстве вёсен формируется сильный и очень сильный сток. Напомним, что на Новосильской АГЛОС за последние 12 лет семь вёсен характеризовались сильным и очень сильным стоком с зяби. Хотя приведенные материалы исследований по Центральной и Черниговской лесостепи относятся к разным периодам и по последнему району мы не располагаем достаточными сведениями о стоке с зяби по годам, тем не менее имеются основания к тому, чтобы распространить вышеприведенную характеристику и частоту повторения лет с различной водностью и на этот район. Исходя из факта, что период 1947-1956 гг. в целом характеризуется большей водностью, чем 1959-1970 гг., мы приходим к заключению, что на серых лесных почвах Черниговской лесостепи сток несколько меньше (особенно с зяби), чем на таких же почвах Орловской области.

2. Черноземы

Сток, формирующийся на черноземах, намного слабее, чем на серых лесных почвах, особенно на полях с зяблевой пахотой. Это объясняется более благоприятными водно-физическими свойствами черноземов, а в более южных районах также и большей сухостью климата.

Материалы, характеризующие сток на оподзоленных черноземах Орловской области, имеются лишь за три года. На оподзоленных и выщелоченных черноземах Курской области, начиная с 1959 г., исследования проводят Курская зональная опытно-мелиоративная станция (КЗОМС) ВНИИГИМ и гидрологическая группа Института географии АН СССР. Длительное время сток изучается на обыкновенных черноземах Каменной степи Воронежской области, в Куйбышевском и Саратовском Заволжье. Имеются данные по Ростовской области. Указанные районы имеют свои особенности прежде всего в климатическом отношении, поэтому рассмотрим материалы стока по Центрально-черноземному району, Югу и Заволжью в отдельности.

Весенний сток на оподзоленных и выщелоченных черноземах Центральной лесостепи Г. А. Харитонов [169] изучал условия формирования и показатели стока на оподзоленном тяжелосуглинистом черноземе Орловской области в 1937-1940 гг. (табл. 9).

Таблица 9

**Показатели стока на оподзоленных черноземах
Моховского опытного лесничества [169]**

Агротехнический фон	Крутизна, град., и экспозиция склона	Запас воды в снеге, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Модуль стока, л/с с 1 га, сред/макс.
<i>1938 г.</i>					
Зяблевая пахота	3; В	128	1,00	0,006	-
	2,3; 3	148	0,15	0,001	-
<i>1939 г.</i>					
Зяблевая пахота	3; В	122	38,00	0,310	0,64/5,84
Озимь	2,3; 3	116	31,00	0,270	0,29/5,07
	4; 3	106	82,00	0,760	0,93/7,96
<i>1940 г.</i>					
Зяблевая пахота вдоль склона	2,3; 3	164	49,00	0,300	0,47/6,70
Зябь 50%, посев коксагыза 50%	3; В	126	55,50	0,440	0,65/6,96
Зябь, пахота вдоль склона	4; 3	139	81,00	0,580	1,02/8,85

Зима 1937-38 г. была теплая, и почва промерзла неглубоко; весна характеризовалась длительным равномерным снеготаянием. Поэтому весеннего стока с зяби в 1938 г. практически не было. Весной 1939 г. сформировался довольно сильный сток. Резкое похолодание в начале зимы обусловило глубокое промерзание почвы, а сильная оттепель с дождями в феврале и последующие морозы вызвали образование ледяной корки на значительной площади. На склонах крутизной 2,3-3° со среднесмытой почвой под защитой лощинного леса сток с зяби и озимых был умеренный, а на склоне 4° с сильносмытой почвой и отсутствии балочного леса – очень сильный; максимальный Модуль стока достигал здесь 8 л/с. В 1940 г. с влажной предшествующей осенью сток с полевых участков был приблизительно такой же, как и в 1939 г.

В данных Г. А. Харитонova обращает на себя внимание отсутствие резкой разницы в показателях стока (в сходных условиях) с зяби и озимых, что нетипично для черноземов. Это, по-видимому, связано с мелкой зяблевой пахотой (15-18 см), которая широко практиковалась в тот период. Влияния экспозиции склона на сток не выявилось. Большое

превышение стока на безлесном склоне (уклон 4°) по сравнению с его показателями на склоне с лесом (уклон 2,3-3°) связано, с одной стороны, с отсутствием здесь леса, а с другой – с большей смытостью почвы.

В табл. 10 приводятся осредненные нами данные Курской КЗОМС (находится в Льговском районе) за 1962-1964 гг. [2, 21], которые характеризуют сток с различной зяби, многолетних трав и озимых. Почва – оподзоленный тяжелосуглинистый чернозем.

Таблица 10

Средние показатели стока на оподзоленном черноземе Курской ЗОМС

Агротехнический фон	Запасы воды в снеге и ледяной корке, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Автор
<i>1962 г.</i>				
Зяблевая пахота	44	18,8	0,42	П. И. Аксенов [2]
Многолетние травы	57	42,0	0,74	То же
<i>1963 г.</i>				
Зяблевая пахота	85	54,3	0,60	П. И. Аксенов [2]
	58	27,6	0,51	Э. Д. Введенская [21]
Озимь	55	48,5	0,81	То же
<i>1964 г.</i>				
Зяблевая пахота	78	4,3	0,06	Э. Д. Введенская [21]

П. И. Аксенов отмечает, что зимой 1961-62 г. наблюдались частые оттепели, приводившие к таянию снега, сильному увлажнению верхнего 30-сантиметрового слоя почвы и образованию ледяной корки. Слой стока с различной зяби в этом году варьировал от 16 до 22 мм, а в среднем равнялся 18,8 мм (коэффициент стока 0,42). На многолетних травах он составил 42 мм. Зима 1962-63 г. отличалась суровостью, и почва промерзла до 115-120 см. Кратковременные оттепели в феврале и в марте обусловили формирование почти сплошной ледяной корки. Этот год был более многоводный.

Средний сток на различных вариантах зяблевой обработки на объекте П. И. Аксенова равнялся 54,3 мм при коэффициенте стока 0,60. На площадках Э. Д. Введенской он был значительно меньше (27,6 мм), главным образом вследствие меньших запасов снеговой воды; но коэффициенты стока близки между собой. На озими коэффициент стока намного больше, чем на зяби. 1964 г. был маловодный, сток с зяби в среднем равнялся 4,3 мм при коэффициенте 0,06. По сообщению П. И. Аксенова, 1961 г. был очень маловодный. Средняя

мутность воды в 1962 г. варьировала в зависимости от уклона от 0,72 до 3,55 кг/м³, а в 1963 г. – от 1,14 до 4,89 кг/м³.

Рассмотрим средние данные по стоку и смыву Института географии АН СССР, полученные на Курском стационаре (табл. 11). Стационар расположен на землях Центрально-черноземного заповедника и Курской сельскохозяйственной опытной станции. Почвенный покров представлен преимущественно мощным выщелоченным черноземом. Сток учитывался объемным способом с одновременным отбором проб на мутность. Материалы опубликованы в работах [37, 38, 175].

Таблица 11

Средние показатели стока с зяби и уплотненной пашни на выщелоченном черноземе Курского стационара [38, 175]

Год	Зябрь			Озимые, стерня		
	влагозапасы в снеге, мм	сток, мм	коэффициент стока	влагозапасы в снеге, мм	сток, мм	коэффициент стока
1959	47	28,0	0,596	53	45,0	0,849
1960	116	58,5	0,504	135	113,0	0,837
1961	15	0,2	0,013	8	6,3	0,788
1962	38	17,0	0,440	45	14,5	0,322
1963	113	29,5	0,260	141	96,1	0,680
1964	174	59,0	0,340	166	118,2	0,710
1965	91	27,4	0,300	99	65,5	0,660
1966	53	2,1	0,04	120	49,0	0,410
1967	178	89,0	0,500	179	141,2	0,790
1968	126	3,9	0,023	185	89,7	0,485
1969	65	32,2	0,509	128	75,1	0,585
Средние за период	92	31,5	0,320	114	74,0	0,647
$K_{\text{н}}/K_{\text{р}} = 2,02$						

Из табл. 11 видно, что в 1967 г. на зяби сформировался очень сильный сток, в 1960 и 1964 гг. сильный, в 1959, 1963, 1965 и 1969 гг. умеренный при довольно высоких коэффициентах стока (особенно в 1959 и 1969 гг.), в 1962 г. слабый и в 1961, 1966 и 1968 гг. очень слабый или отсутствовал вовсе. На уплотненной пашне за период наблюдений очень и чрезмерно сильный сток формировался пять лет (1960, 1963, 1964, 1967 и 1968 гг.), сильный четыре года (1959, 1965, 1966, 1969 гг.) и очень слабый и слабый лишь два года, соответственно в 1961 и 1962 гг. Распределение вёсен рассматриваемого периода по водности напоминает таковое на Новосильской АГЛЮС Орловской области с той

лишь разницей, что на стационаре Института географии сток с зяби в большинстве вёсен был меньше, а с уплотненной пашни больше. Среднее отношение K_n/K_p равняется 2. А. М. Грин и Е. П. Чернышев, проанализировав это соотношение для озимых и стерни, пришли к выводу, что на стерне коэффициент стока в среднем меньше, хотя по годам отношение колеблется в ту и другую сторону около единицы.

Представляют значительный интерес данные Грина и Чернышева по смыву почвы. Мутность, или точнее концентрация твердого стока (КТС), на зяби была небольшая: среднее ее значение в 1959 г. равнялось 2,53-3,25 кг/м³, в 1960 г. – 0,68-1,14 кг/м³, в 1962 г. – 3,93, а в 1963 и 1964 гг. было еще ниже; максимальное значение не превышало 7,5 кг/м³. Можно заметить тенденцию к уменьшению мутности по мере увеличения запасов снеговой воды и стока; так, в целом мутность весной 1960 г. была ниже, чем в 1959 г.

Средняя мутность, характеризующая интенсивность выноса мелкозема, при уклонах около 2° не превышала 9,62 кг/м³, в других случаях она колебалась от 2,32 до 6,06 кг/м³ или была еще ниже. Максимальная мутность достигала 46,3 и даже 56,6 кг/м³. В период 1965-1968 гг. средняя мутность сточной воды на зяби колебалась от 0 (1966 г.) до 1,38 кг/м³, а в 1969 г. составляла 3,29 кг/м³; в этом году вынос мелкозема с зяби достигал 1060 кг/га, с озимых 1933 кг/га (при средней мутности 5,68 кг/м³) и со стерни 1035 кг/га (средняя мутность воды 2,68 кг/м³).

Знание характеристик мутности позволяет более точно определять величины смыва. Дело в том, что в литературе нередко приводятся громадные цифры смыва, явно не вяжущиеся с величинами стока. В целях оценки реальной интенсивности смыва такие данные нуждаются в пересмотре и уточнении.

Весенний сток на черноземах степного центра и юга

Изучение стока талых вод на обыкновенных черноземах длительное время проводили в Каменной степи Воронежской области. Поверхностный сток здесь начала изучать экспедиция В. В. Докучаева в 1893 г. В дальнейшем эти работы продолжались Каменностепной станцией и затем Гидрометобсерваторией «Каменная Степь» в сотрудничестве с Научно-исследовательским институтом черноземной полосы им. В. В. Докучаева. Начиная с 1950 г. наряду с изучением стока на водосборах лощин и суходолов стали широко использовать также стоковые площадки и на них исследовать влияние на сток и эрозию

разных приемов обработки почвы. Материалы за период 1950-1965 гг. опубликованы в работах И. П. Сухарева [159], М. А. Шевченко [180] и В. Н. Каулина [60, 61]. Рассмотрим их здесь.

Средние данные по запасам снеговой воды, величинам и коэффициентам стока за период 1950-1965 гг. представлены в табл. 12.

Таблица 12

Средние показатели стока с зяби и уплотненной пашни на черноземах Каменной степи [61, 159, 180]

Год	Зябь			Уплотненная пашня		
	влагозапасы в снеге, мм	сток, мм	коэффициент стока	влагозапасы в снеге, мм	сток, мм	коэффициент стока
1950	57,0	1,9	0,033	53,0	8,7	0,164
1951	62,0	3,4	0,055	109,0	31,0	0,284
1952	103,0	48,0	0,466	104,0	76,0	0,731
1954	21,0	0,7	0,033	47,0	13,0	0,277
1955	162,0	72,9	0,450	162,0	309,3	0,675
1956	74,0	4,5	0,061	154,0	100,0	0,649
1957	119,0	97,0	0,815	119,0	97 (?)	0,815 (?)
1958	90,0	5,6	0,032	106,0	74,5	0,703
1959	43,0	0,9	0,021	111,0	53,8	0,485
1960	16,0	5,1	0,319	60,0	28,8	0,480
1961	?	0	0	-	-	-
1962	48,0	1,8	0,038	74,0	24,8	0,336
1963	137,0	59,7	0,436	120,0	101,0	0,842
1964	134,0	1,3	0,010	151,0	85,3	0,565
1965	57,0	6,1	0,107	39,0	13,6	0,349
Средние за 14 лет	80,2	22,1	0,208	100,6	58,3	0,525

Рассмотрим их вначале за первые 10 лет. Из таблицы видно, что за указанное десятилетие сильный и очень сильный сток с нормальной зяби (глубина вспашки 20-22 см) наблюдался в 1952, 1955 и 1957 гг.; последний год был выдающимся по своей многоводности. Зимы в эти годы характеризовались сильными оттепелями, во время которых формировалась поверхностная ледяная корка; зиме 1956-57 г., кроме того, предшествовала исключительно влажная осень. В остальные годы (их три) стока с зяби практически не было или он был очень слабый. Соответственно и коэффициенты стока в эти годы, как правило, были небольшие. С уплотненной пашни величины коэффициенты стока во все годы, особенно в маловодные, были намного выше, чем с

зяби. Из-за отсутствия данных по стоку с уплотненной пашни за 1957 г. примем условно его показатели такими же, как на зяби.

Выше мы анализировали влияние на сток талых вод преимущественно нормальной зяблевой пахоты (глубина 20-22 см), не затрагивая по возможности вопроса о значении глубины вспашки, который будет рассмотрен в § 1 главы III. Теперь рассмотрим преимущественно глубокую безотвальную, комбинированную и ступенчатую вспашку. Приведем здесь осредненные данные В. И. Каулина [60, 61] по стоку за период 1962-1965 гг.

Комбинированная вспашка представляет собой чередование лент нормальной отвальной пахоты и безотвального рыхления, причем ширина лент соответствует одному захвату тракторного плуга. Она производится одновременно двумя тракторными агрегатами, следующими друг за другом. Ступенчатая вспашка производится тракторным плугом, один корпус которого опущен на 10 см глубже других, вследствие чего образуется ступенчатая подошва. В отношении водозадержания такая вспашка более эффективна по сравнению с нормальной отвальной, так как при этом определенная часть площади пашется более глубоко.

Как видно из табл. 12, 1962 год был маловодный: сток, с нормальной и глубокой безотвальной зяби был незначительный или его совсем не было, а с уплотненной пашни и залежи слабый и умеренный.

1963 год был выдающийся по своей многоводности на обширной территории центра, юга и юго-востока европейской части страны. В зимний период, особенно в первой декаде января, имели место глубокие оттепели, сопровождавшиеся дождями и интенсивным снеготаянием, которые резко сменялись холодной погодой, что способствовало формированию ледяной корки. Выпавшие в дальнейшем осадки в значительной своей части пошли на сток.

Сток с зяби равнялся в среднем около 60 мм, причем по глубокой безотвальной обработке он был несколько больше, чем с обычной отвальной пахоты. На уплотненной пашне и многолетней залежи сформировался очень сильный сток – в среднем 101 мм при коэффициенте стока 0,842.

1964 год отличался маловодностью. Стока с отвальной и комбинированной пахоты не было, а на глубокой безотвальной зяби, он был очень слабый. На многолетней косимой залежи сформировался очень сильный сток.

1965 год характеризовался несколько большей водностью по сравнению с 1964 годом, однако он также был маловодный. Сток с

различных вариантов зяблевой пахоты варьировал от 4,5 до 10,7 мм, а в среднем равнялся 6,1 мм при коэффициенте стока 0,107. На уплотненной пашне он в среднем составил 13,6 мм, а коэффициент 0,349. Данные за 1961 г. отсутствуют, однако хорошо известно, что этот год отличался исключительной маловодностью и стока с зяби в этом году, конечно, не было.

Обзор данных по стоку на обыкновенном черноземе Каменной степи за 15-летний период (включая 1961 г.), позволяет отметить, что четыре года стока с зяби практически не было, семь лет он был очень слабый, три года сильный и один год очень сильный. Как следует из кривой обеспеченности (рис. 6), лишь сток с зяби, обеспеченный на 30% (3 года в 10 лет), превышает 10 мм; в остальные годы он очень слабый (или отсутствует), что позволяет задержать его без применения специальных приемов, а только улучшением качества зяблевой пахоты. Из того же рисунка видно, что слой стока с уплотненной пашни, обеспеченный на 58%, превышает 50 мм, попадая в категорию сильного и очень сильного, а обеспеченный на 65% находится на уровне 30 мм и больше. Резкий перепад на кривой в диапазоне обеспеченности 57-65% показывает, что на уплотненной пашне приблизительно в 40% вёсен (четыре года из 10) формируется умеренный и слабый сток.

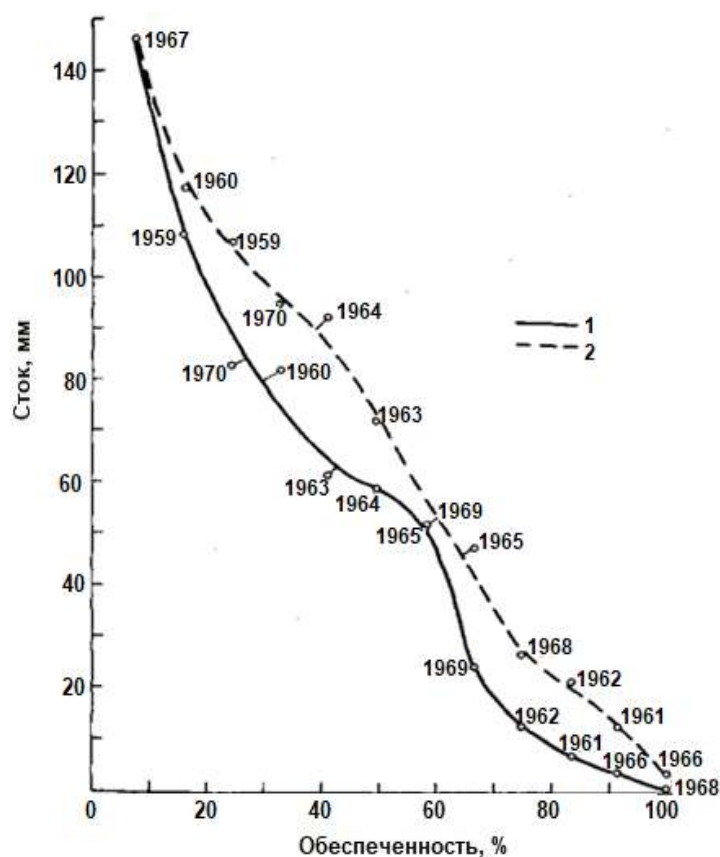


Рис 6. Кривые обеспеченности стока на черноземах Каменной степи (сток: 1 – с зяби; 2 – с уплотненной пашни)

Средний сток с зяби за указанный 14-летний период (без 1961 г.) равнялся 22,1 мм (за 15 лет 20,6 мм), а частный коэффициент стока был 0,276. Общий коэффициент стока (относительно всей суммы осадков холодного периода) должен быть значительно ниже.

Средняя величина стока с уплотненной пашни за тот же период равнялась 58,3 мм, а коэффициент стока 0,525. Отношение K_n/K_p равно 1,9. Оно занижено вследствие уравнивания коэффициентов стока с зяби и уплотненной пашни в 1957 г.

Материалы И. А. Кузника [85, 86] по стоку талых вод приводятся в табл. 13.

Таблица 13

Средние показатели стока с зяби и уплотненной пашни на мощном черноземе Балашовской опытной станции [85, 86]

Год	Зябь (пласт и старопашка)			Уплотненная пашня (озимь, травы)		
	влагозапасы в снеге, мм	сток, мм	коэффициент стока	влагозапасы в снеге, мм	сток, мм	коэффициент стока
1952	70	6,1	0,118	72	41,3	0,574
1953	92	39,5	0,429	140	111,0	0,793
1954	24	0	0	93	0,8	0,008
1955	49	11,0	0,224	53	33,0	0,647
Средние за 4 года	59	14,3	0,193	89	46,5	0,505

В 1952 г. сток с зяби был очень слабый, на уплотненной пашне – умеренный и сильный. В 1953 г. он был значительно сильнее: по зяби – пласту слабый (18,9 мм), по старопашоте сильный (60 мм), а на многолетних травах очень сильный (111 мм). Этот год в данном районе был очень многоводный. В 1954 г. сток практически отсутствовал не только с зяби, но и с многолетних трав. Весна 1955 г., отличавшаяся в других районах большой водностью, здесь была умеренной. На нормальной зяби сток был слабый (11 мм), а на люцерне умеренный. Сравнивая показатели стока по двум пунктам центрально-черноземной полосы, можно констатировать, что на мощном черноземе Балашовской сельскохозяйственной опытной станции в соответствующие годы сформировался более слабый сток, чем в Каменной степи, особенно в 1952 и 1955 гг.

На стационаре ВНИАЛМИ в совхозе «Динамо» Волгоградской обл. (чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый и глинистый) в 1963-1965 гг. В. Ф. Агеевым были получены данные, приведенные в табл. 14.

Осень 1962 г. была сильно засушливой, но затем в период со второй декады ноября по март сумма осадков составила 267 мм (около 67% годовой нормы), причем некоторая часть их выпала в виде дождя. В периоды сильных зимних оттепелей талая вода просачива-

**Просачивание, сток талых вод и смыв почвы на обыкновенном черноземе.
Совхоз «Динамо», Волгоградская область**

Агротехнический фон	Запасы снеговой воды + осадки весны, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Смыв	
					м ³ /га	расчетная КТС, кг/м ³
<i>1963 г. Средняя крутизна склона 2,5°, почва слабосмытая</i>						
Вспашка на 20-22 см	125	111,3	13,7	0,110	5,50	40,2
То же 25-28 см	123	121,3	1,7	0,014	0	-
То же + боронование	121	111,6	9,4	0,078	4,20	44,7
Эспарцет 2-го года	126	100,6	25,4	0,201	Следы	-
Озимая пшеница	94	74,0	20,0	0,213	18,30	91,5
<i>1964 г. Средняя часть склона крутизной 2°, почва очень слабосмытая; под озимью крутизна склона 1,5°</i>						
Вспашка на 20-22 см	126	122,5	3,5	0,028	1,60	45,7
То же 27-30 см	127	126,0	1,0	0,008	0,10	10,0
То же + прикатывание кольчатым катком в агрегате	127	124,5	2,5	0,020	0,47	18,8
То же + боронование	129	118,2	10,8	0,084	2,40	22,2
Озимая пшеница	127	122,3	4,7	0,037	1,70	36,2
<i>Нижняя часть склона крутизной 2°, почва слабосмытая</i>						
Вспашка на 20-22 см	125	120,1	4,9	0,038	1,8	36,7
То же 27-30 см	123	121,8	1,2	0,010	0,1	8,3
То же + прикатывание кольчатым катком в агрегате	127	124,2	2,8	0,022	0,4	14,8
<i>1965 г. Средняя крутизна склона 2°, почва очень слабосмытая</i>						
Вспашка на 20-22 см	25	23,9	1,1	$\frac{0,044}{0,005}$	0	-
То же 27-30 см	25	25,0	0	0	0	-
То же с боронованием + культивация	16	11,7	4,3	$\frac{0,269}{0,018}$	0,9	20,9
Озимая пшеница	35	21,8	13,2	$\frac{0,317}{0,056}$	4,7	35,6
<i>Средние за 3 года</i>						
Нормальная зябь	91	84,7	6,3	0,052	$K_n/K_p = 3,34$	
Глубокая зябь	91	90,0	0,9	0,008		
Уплотненная пашня	91	77,5	13,5	0,207		

Примечание. Размер площадок 0,2 га.

лась в почву и стока не было. Довольно мощный снежный покров защитил почву во время оттепелей от образования поверхностной ледяной корки. Глубина промерзания почвы составляла 72-82 см. Как видно из табл. 14, сток с зяби в северо-западной части Волгоградской области в 1963 г. был слабый и очень слабый, а с участков озимой пшеницы и эспарцета умеренный. Боронование глубокой зяби способствовало увеличению стока с нее на 7,7 мм.

Осень 1963 г. была влажной: за период сентябрь – вторая декада ноября выпало 140 мм осадков. За холодный период сумма осадков составила 237 мм. Глубина промерзания почвы достигала 62 см, сильных оттепелей в зимний период не было. Из табл. 14 следует, что в 1964 г. на всех вариантах зяблевой обработки (за исключением заборонованной зяби), а также на озими сформировался очень слабый сток, а на глубокой пахоте его практически не было. В нижней части склона с несколько большей смытостью почвы он был сильнее, чем в средней. Прикатывание зяби катком увеличило сток всего на 1,5 мм, а боронование на 9,8 мм.

Осень 1964 г. была засушливая, сумма осадков за зимний период составила 105 мм. Почва промерзла на глубину 30-35 см. Сильная оттепель в начале марта и наступившее затем резкое похолодание обусловили формирование поверхностной ледяной корки на озимых и выровненной зяби толщиной до 2-3 см. Завершающее снеготаяние проходило с 22 по 30 марта. Как видно из табл. 14, на нормальной зяблевой пахоте сток был незначительный, не говоря уже о глубокой; на глубокой пахоте с боронованием и культивацией он равнялся 4,3 мм, а на озимой пшенице 13,2 мм. Средняя за три года величина стока с нормальной зяби составила 6,3 мм, а с глубокой 0,9 мм; на озимых и многолетних травах она равнялась 13,5 мм. Заключение об условиях применения выровненной зяби будет дано в главе III.

Смыв почвы на стоковых площадках, учтенный по струйчатым размывам, был довольно большой. Так, в 1963 г. на обычной зяби он достигал 5,5 м³/га при стоке 13,7 мм, а на озими – 18,3 м³/га при стоке 20 мм. В последующие два года в связи с незначительным стоком смыв был намного меньше. Однако приведенные показатели смыва сильно преувеличены (в 5-10 раз), о чем свидетельствует очень большая расчетная концентрация твердого стока.

Рассмотрим материалы Ф. А. Миронченко [100], проводившего наблюдения над стоком и смывом почвы на маломощном североприазовском тяжелосуглинистом черноземе (разновидность южного чернозема) в северо-западной части Ростовской области (ст. Персианов-

ка) на территории Донского сельскохозяйственного института. В период с 1949 по 1952 г. изучалось влияние различной обработки почвы на сток и смыв на стационаре, состоящем из нескольких стоковых площадок (табл. 15). Размер площадок 500 м² (длина 50 м, ширина 10 м), крутизна склона 3°. Вспашка производилась на конной тяге.

Таблица 15

Показатели стока и смыва на южном черноземе [100]

Агротехнический фон	Наблюдаемые процессы	1949 г.	1950 г.	1951 г.	1952 г.	Среднее за четыре года
Зяблевая вспашка поперек склона	Сток, мм	4,8	20,1	21,4	13,2	14,9
	Смыв, т/га	1,4	2,6	2,2	3,3	2,4
То же, вдоль склона	Сток, мм	10,2	28,1	29,8	18,5	21,7
	Смыв, т/га	1,8	4,3	6,2	2,8	3,8
Многолетняя залежь	Сток, мм	-	-	-	-	2,7
	Смыв, т/га	-	-	-	-	0,2

При рассмотрении приведенных данных возникают некоторые неясности в связи с тем, что средний за четыре года сток на многолетней залежи в 5,5-8 раз меньше, чем с зяби. По-видимому, это связано с тем, что глубина зяблевой вспашки была меньше нормальной, а также с сильной распыленностью и эродированностью почвы. Среднее за четыре года уменьшение стока на поперечной пахоте по сравнению с продольной составило 6,8 мм. Средний смыв почвы на поперечной пахоте равнялся 24 т/га, а на продольной 3,8 т/га; средняя КТС была соответственно 16,1 и 17,5 кг/м³, т. е. разница незначительная.

Мы полагаем, что на стационаре Ф. А. Миронченко сток с зяби значительно преувеличен по сравнению с производственными полями, где применяется тракторная вспашка. Так, согласно данным Г. А. Гарюгина [32], изучавшего в 1949-1954 гг. формирование стока талых вод на полях Персиановской опытно-мелиоративной станции (размер опытных участков 20-30 га, уклон 0,6-1,1°), сток с зяби наблюдался лишь в 1951 г. (коэффициент стока 0,40), а в остальные годы его не было. На полях с озимыми, многолетними травами и стерней коэффициент стока в среднем равнялся 0,79 в 1951 г., 0,18 в 1952 г. и 0,72 в 1953 г. (о величине слоя стока сведений не имеется); в 1954г. стока не было на всех сельскохозяйственных угодьях.

Таким образом, эти данные подтверждают, что на черноземах степей зяблевая пахота во время снеготаяния обладает большой водо-

поглощительной способностью; с другой стороны, на уплотненной пашне здесь почти ежегодно формируется значительный сток.

Сопоставим данные по стоку талых вод, полученные разными исследователями в различных пунктах ЦЧО и Юга. Из табл. 9-15 следует, что по мере продвижения с севера на юг и юго-восток от оподзоленных и выщелоченных черноземов лесостепи к мощным, обыкновенным и южным черноземам степей сток уменьшается. Средняя за 1938-1940 гг. величина стока с зяби на оподзоленном черноземе Орловской области составила 33,5 мм (коэффициент стока 0,25), а на оподзоленном и выщелоченном черноземах Курской области за период 1959-1969 гг. 31,5 мм (коэффициент стока 0,32); сток с уплотненной пашни за этот период равнялся 74 мм (коэффициент стока 0,647).

На обыкновенном черноземе Каменной степи средний сток с зяби за период 1950-1966 гг. равнялся 22,1 мм (коэффициент стока 0,275), а с уплотненной пашни 58,3 мм (коэффициент стока 0,525).

Размеры стока с зяби и с уплотненной пашни изменялись по годам различно, а в такие годы, как 1956, 1958, 1959 и 1964, на зяби сформировался очень слабый сток, в то время как на уплотненной пашне он был сильный и очень сильный. Таким образом, если характеризовать степень водности стоком с зяби, то указанные годы попадают в категорию весьма маловодных, а если по стоку с уплотненной пашни, то они будут очень многоводные. Поэтому целесообразно давать характеристику водности в отдельности по стоку с зяби и с уплотненной пашни.

Средний слой стока с водосбора определяется толщиной его слоя на различных сельскохозяйственных угодьях и занимаемой ими площадью, т. е. $y = y_z f_z + y_{oz} f_{oz} + y_{тр} f_{тр} + y_{зал} f_{зал} \dots$, (9)

где $y_z y_{oz} y_{тр} y_{зал}$ – слой стока соответственно с зяби, озимых, многолетних трав и залежи (мм); $f_z f_{oz} f_{тр} f_{зал}$ – соответствующие площади этих угодий в долях от суммарной площади.

Причина непропорционального формирования стока с зяби и уплотненной пашни в одни и те же годы состоит в том, что одинаковые гидрометеорологические факторы обуславливают различную инфильтрацию талой воды в мерзлую почву в рыхлом и плотном ее состоянии. Так, после холодных зим без существенных оттепелей при условии умеренного увлажнения почвы в предшествующие им осенние сезоны сток с зяби бывает очень слабый или вовсе отсутствует, так как мерзлая почва хорошо впитывает талую воду. При наличии же большого числа оттепелей, прерываемых умеренно холодной погодой, зябь становится

слабо водопроницаемой, в силу чего на ней формируется значительный сток. Что касается уплотненной пашни, то в относительно теплые зимы с оттепелями, когда почва частично оттаивает, талая вода хорошо просачивается в нее и сток бывает намного меньше, чем в холодные зимы с глубоким промерзанием почвы.

Четырехлетние исследования стока (1952-1955 гг.), проведенные И. А. Кузником на мощном черноземе Балашовской сельскохозяйственной опытной станции (табл. 13), характеризуют относительно многоводный период по центру черноземной полосы. В этом можно убедиться, сопоставив за соответствующие годы показатели стока по этому пункту с показателями по Каменной степи (исключая 1953 г.). Так, в Каменной степи средняя величина стока с зяби за 1952, 1954 и 1955 гг. равняется 38,9 мм, и отношение этой величины к средней величине стока за 14-летний период составляет $\frac{38,9}{22,1} = 1,76$. Если бы это отношение за указанные годы было такое же и в районе Балашовской станции, то сток с зяби составил бы за 14 лет около 8,1 мм (за указанный четырехлетний период он равняется 14,3 мм).

Трехлетние данные ВНИАЛМИ (1963-1965 гг.), полученные на обыкновенном черноземе в совхозе «Динамо» Волгоградской области, показывают, что средний за три года сток с нормальной зяби составил 6,3 мм (коэффициент стока 0,068), а с уплотненной пашни 13,5 мм (коэффициент стока 0,207). Обнаруживается четко выраженная тенденция: по мере продвижения на восток и юго-восток сток талых вод на черноземах уменьшается.

Общее представление о стоке с сельскохозяйственных угодий в более южных районах черноземной зоны можно составить главным образом на основании данных Г. А. Гарюгина [32], согласно которым в период 1949-1954 гг. сток с зяби в Приазовье наблюдался лишь в весну 1951 г. и полностью отсутствовал в другие пять лет. Можно считать, что сток с зяби на приазовских черноземах значительно меньше, чем на черноземах более северных районов степной зоны. Отношение K_n/K_p за 1951-1954 гг. равнялось 4,2.

Весенний сток на черноземах Среднего Поволжья и Заволжья

Рассмотрим материалы по стоку талых вод с сельскохозяйственных угодий на тяжелосуглинистых и глинистых черноземах под Саратовом и в Саратовском и Куйбышевском Заволжье. В этом рай-

оне сток в разное время изучали Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока (НИИСХ ЮВ), Гусельская гидрологическая станция, Толстовская гидрологическая станция б. «Нижеволгопроекта», расположенная в Пугачевском районе Саратовской области, «Нижеволгопроект» (на Тимашевском опорном пункте ВНИАЛМИ и в опытном хозяйстве Куйбышевского СХИ под г. Кинелем, Кинель-СХИ), Почвенно-эрозионный отряд Почвенного института им. В. В. Докучаева (на Тимашевском пункте ВНИАЛМИ и прилегающих землях колхоза им. XIX партсъезда) и Поволжская агролесомелиоративная опытная станция (АГЛОС) ВНИАЛМИ. Поскольку изучение стока значительно раньше началось под Саратовом, удобнее в целях соблюдения исторической последовательности в развитии научных представлений начать изложение материалов по стоку с южных черноземов Саратовской области.

Самые ранние исследования (в период 1924-1937 гг.) проведены под Саратовом [57]. Сток здесь изучали в течение 12 лет на водосборе площадью 17 га при следующем среднем соотношении угодий: озимые 34,5%, зябь и черный пар 61,5%, непашь 4%. Почвенный покров П. Г. Кабанов характеризует следующими словами: «Большая часть водосбора расположена на почвах южного чернозема с пятнами солонцеватых почв и отдельными пятнами с выходом хрящей и камней» [57, с. 46]. Материалы по стоку представлены в табл. 16.

Кабанов дает среднюю величину стока 35,1 мм и средний коэффициент стока 0,39. Наиболее многоводным был 1929 г., когда коэффициент стока равнялся 1,0. Из 12 лет наблюдений пять вёсен были с очень сильным и сильным стоком, одна весна с умеренным, две со слабым и четыре с очень слабым стоком или без него. Сопоставляя величины и коэффициенты стока с условиями погоды осенне-зимних сезонов соответствующих лет, Кабанов установил, что «наибольшая зависимость... имеется у коэффициента стока с увлажнением почвы или количеством осадков предзимья,... все остальные элементы погоды предшествующего стоку периода имеют второстепенное значение» [57, с. 50].

Из табл. 16 видно, что за первые семь лет наблюдений (до 1932 г.) сток был значительно сильнее, чем за последующие пять лет: в первый период при средних запасах снеговой воды 93,7 мм средняя величина стока составила 52,7 мм, а коэффициент стока 0,56; во второй период при запасах воды в снеге 76,8 мм она выражается цифрой 10,4 мм, а коэффициент стока 0,14. Нам представляется, что, помимо гидрометеоро-

логических факторов, определенное влияние на сокращение стока во втором периоде могло оказать повышение уровня агротехники, в частности, углубление пахотного горизонта.

Таблица 16

Величины и коэффициенты стока с поля [57]

Год	Сумма осадков за октябрь и ноябрь (до наступления морозов), мм	Запасы воды в снеге, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
1924	98	115	88,0	0,76
1927	96	127	82,3	0,65
1928	40	89	11,1	0,13
1929	100	78	81,2	1,00
1930	19	81	7,6	0,09
1931	66	86	46,5	0,54
1932	63	78	52,2	0,67
1933	32	78	6,8	0,09
1934	55	66	5,5	0,08
1935	42	71	0	0
1936	22	109	1,4	0,01
1937	87	58	38,5	0,67
Средние	60	86	35,1	0,39

В табл. 17 приводятся осредненные нами данные по стоку с зяби, залежи и уплотненной пашни, полученные на Толстовской и Гусельской гидрологических станциях [84-86].

Как видно, сток с зяби в 1937-1940 и в 1953-1954 гг. был очень слабый и слабый, а в 1941, 1955 и 1957 гг. соответственно чрезмерно сильный, очень сильный и сильный.

Средняя за шесть лет его величина на Толстовской станции составила 31,8 мм (коэффициент стока 0,256), а на Гусельской за три года 25,6 мм (коэффициент стока 0,294); средний сток за девять лет (по двум станциям) равнялся 29,7 мм при коэффициенте стока 0,267. Как увидим ниже, 1955 и 1957 гг., вошедшие в таблицу, в 10-летний период 1951-1960 гг. были наиболее многоводными в районах Среднего Поволжья, предшествующее же десятилетие не охарактеризовано по стоку.

Поэтому, а также в связи с тем, что ранее практиковалась мелкая зяблевая вспашка, вышеуказанная средняя величина стока с зяби на южных черноземах не может быть принята для характеристики водности сплошного 9-10-летнего промежутка времени. Если, например, при-

нять во внимание, что сток с комплексного водосбора НИИСХ ЮВ в 1937 г. составил 38,5 мм (табл. 16), а с зяби в том же году 8 мм (табл. 17), т. е. в 4,8 раза меньше, и то, что в период 1931-1936 гг. сток с указанного водосбора лишь в 1931 и 1932 гг. был сильный (уменьшив его в 4,8 раза и таким образом приведя к стоку с зяби, получим соответственно 10 мм и 11 мм), а в остальные годы очень слабый или отсутствовал (на зяби в эти годы стока не должно быть), то можно определить, что в период 1931-1941 гг. сток с зяби составлял около 15,5 мм; за более длительный промежуток времени он бы еще уменьшился.

Таблица 17

Средние показатели стока на южных черноземах Саратовской области [84-86]

Год	Зябь			Уплотненная пашня и залежь		
	запасы снего- вой воды, мм	сток, мм	коэффици- ент стока	запасы снего- вой воды, мм	сток, мм	коэффици- ент стока
<i>Толстовская гидрологическая станция</i>						
1937	40	8,0	0,200	64	26,0	0,406
1938	58	6,0	0,103	94	36,0	0,383
1939	43	2,2	0,077	53	14,5	0,288
1940	174	14,5	0,079	138	31,5	0,127
1941	(135)	119,0	(0,884)	121	107,0	0,884
1957	105	41,0	0,390	114	74,0	0,649
Средние за 6 лет	93	31,8	0,256	97	48,1	0,456
$K_{п}/K_{р} = 1,78$						
<i>Гусельская гидрологическая станция</i>						
1953	126	7,0	0,056	139	23,5	0,169
1954	60	0,9	0,015	73	26,0	0,356
1955	85	69,0	0,812	99	90,0	0,909
Средние	90	25,6	0,294	104	46,5	0,478
$K_{п}/K_{р} = 1,63$						

Примечание. В скобках даны сомнительные величины.

Средняя величина стока с залежи (Толстовская станция) и с уплотненной пашни (Гусельская станция) составляет 47,6 мм, а коэффициент стока 0,468. Отношение $K_{п}/K_{р}$ равнялось 1,73.

В Куйбышевской области, как уже отмечалось, изучение весеннего стока проводилось в трех точках: в пределах землепользования учебного хозяйства Куйбышевского сельскохозяйственного института (Кинель-СХИ), на Тимашевском опорном пункте и на Поволжской АГЛОС ВНИАЛМИ. Первые два пункта находятся в южной лесостепи и отно-

сятся к Высокому Заволжью, а Поволжская АГЛОС, расположенная в 18 км на юг от Куйбышева, в северной степи (Сыртовое Заволжье). Приведем данные И. А. Кузника [86] по стоку талых вод на обыкновенном черноземе учхоза Куйбышевского СХИ (табл. 18).

Таблица 18

**Средние показатели стока на обыкновенном глинистом черноземе
Кинель-СХИ [86]**

Год	Зябь			Уплотненная пашня и залежь		
	влагозапасы в снеге, мм	сток, мм	коэффици- ент стока	влагозапасы в снеге, мм	сток, мм	коэффици- ент стока
1952	122	5,0	0,041	110	6,0	0,055
1953	96	34,5	0,360	113	66,0	0,584
1954	81	6,5	0,080	107	28,5	0,266
1955	162	36,0	0,222	164	96,0	0,582
1956	218	34,5	0,158	199	132,0	0,663
1957	214	131,0	0,612	190	147,0	0,773
1958	175	8,5	0,049	191	62,0	0,325
Средние за 7 лет	152	36,6	0,217	153	76,8	0,464

$$K_{п}/K_{р} = 2,14$$

Отметим вначале важную деталь, которая позволит более правильно подойти к оценке размеров весеннего стока в Высоком Заволжье. В правобережном низовье р. Самары на возвышенных элементах рельефа широко распространены выходы к дневной поверхности пермских отложений (известняки, мергели и др.) и их делювиальные дериваты, на которых сформировались черноземы. Стационар И. А. Кузника, где изучали сток, находился на таком черноземе. Эта почва отличается менее благоприятными водно-физическими свойствами по сравнению с черноземами, резвившимися на желто-бурых глинах, и на ней формируется более сильный сток.

В 1952, 1954 и 1958 гг. сток с зяби (средние из величин по пласту и на старопахоте) был очень слабый и слабый, в 1953, 1955 и 1956 гг. умеренный; в 1957 г. из-за больших запасов снега и очень высоких коэффициентов стока сток с зяби по своей силе превзошел его во все другие годы по всем пунктам Заволжья, где он когда-либо изучался (131 мм). В 1952 г. сток с уплотненной пашни и залежи был очень слабый, в 1954 г. умеренный, в 1953 и 1958 гг. сильный, а в 1955, 1956 и 1957 гг. очень и чрезмерно сильный. Средняя за семь лет величина стока с зяби состав-

ляет 36,6 мм (коэффициент стока 0,217), а с уплотненной пашни 76,8 мм (коэффициент стока 0,464). Отношение K_n/K_p равняется 2,14.

В другой точке Высокого Заволжья, на Тимашевском опорном пункте ВНИАЛМИ, сток с зяби в 1952 г., согласно данным И. А. Кузника [85], составил 2,9 мм при коэффициенте стока 0,02 (зьябь-пласт стока совсем не дала), а с многолетних трав в среднем 4,7 мм (коэффициент стока 0,04), т. е. сток в этом году здесь был меньше, чем на участке Кинель-СХИ.

Изложим наши данные по весеннему стоку за 1954-1958 гг. В этот период почвенно-эрозионный отряд Почвенного института им. В. В. Докучаева под руководством автора проводил почвенно-эрозионные исследования в Куйбышевском Заволжье, в том числе и исследования условий формирования стока талых вод. Гидрологические исследования проводились на землях Тимашевского опорного пункта ВНИАЛМИ (с сетью лесных полос) и колхоза им. XIX партсъезда Кинель-Черкасского района. Почвенный покров представлен типичным тяжелосуглинистым и глинистым черноземом с содержанием гумуса в пахотном горизонте около 8,0-8,6%, а у слабо- и среднесмытых разновидностей около 7,0-7,5% [150].

Стоковые площадки в 1954, 1955 и 1956 гг. своими нижними концами примыкали к лесным полосам и здесь на них накладывались снежные шлейфы, что в некоторых случаях способствовало сокращению стока. В 1957 г., наоборот, их верхние концы примыкали к лесополосам. В 1958 г. площадки были расположены на некотором удалении от лесополос, вне снежных шлейфов. Запасы снеговой воды, величины и коэффициенты стока за период 1954-1958 гг. представлены в табл. 19.

1953-54 г. Осенне-зимний период 1953-54 г. характеризовался умеренно влажной осенью, одной оттепелью в декабре (4-6 декабря) и холодной зимой. Снеготаяние проходило с 24 марта по 14 апреля (в лесных полосах снег сошел намного позднее) и прерывалось четырехдневным похолоданием (28-31 марта). Сток с зяби весной 1954 г. был очень слабый – в среднем 4,7 мм. Он формировался главным образом в околосредной шлейфовой зоне, где были большие запасы снеговой воды; в срединных участках межполосных клеток с меньшими запасами снега стока с зяби не было. В молодом саду, где почва в течение нескольких лет содержалась в состоянии черного пара и была распылена, а осенью 1953 г. в междурядьях мелко вспахана (на 12-15 см), сток был сильный – 70,5 мм.

**Просачивание и сток талых вод на типичных черноземах
Тимашевского опорного пункта и колхоза им. XIX партсъезда**

Агротехнический фон	Крутизна склона, град.	Запас воды в снеге осадки, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
<i>1954 г. Склон северо-восточный; почва очень слабо- и слабосмытая; площадки 0,31 и 0,20 га</i>					
Вспашка на 20-22 см (2)	1,5-2	118	113,3	4,7	0,040
Молодой сад. Мелкая перепашка черного пара	1,5	128	57,5	70,5	0,551
<i>1955 г. Склон северо-восточный; почва слабосмытая; площадки 0,20 га</i>					
Вспашка на 20-22 см	2,0	99	89,0	10,0	0,101
Житняк 2-го года жизни	1,5	96	3,0	93,0	0,969
Молодой сад (как в 1954 г.)	1,5	90	22,5	67,5	0,750
<i>1956 г. Склон северо-восточный; почва слабосмытая</i>					
Вспашка на 23-25 см	2,5	243	243,0	0	0
	2,5	273	257,3	15,7	0,057
	2,5	452	344,0	108,0	0,243
Житняк 3-го года жизни	1,5	268	187,7	80,3	0,306
Стерня пшеницы	2,0	198	194,9	3,1	0,016
	2,0	173	173,0	0	0
	2,0	267	255,0	12,0	0,046
<i>1957 г. Склон северо-восточный; почва очень слабосмытая; площадки 0,28 га</i>					
Вспашка на 23-25 см	2,0	186	143,4	42,1	0,226
<i>Склон юго-восточный; чернозем слабо- и среднесмытый на красно-бурой глине; площадки 0,51 га</i>					
Вспашка на 25-27 см (5)	2-2,5	140	62,0	78,0	0,557
Стерня пшеницы	2-2,5	179	24,0	155,2	0,867
<i>1958 г. Склон северо-восточный; почва очень слабосмытая</i>					
Вспашка поперек склона на 23-25 см (3 VIII)	1,0	99	95,8	3,2	0,032
То же + боронование в четыре следа	1,5	112	76,7	35,3	0,315
Вспашка вдоль склона на 23-25 см (1 IX)	1,5	124	123,0	1,0	0,008
То же, гребнистая	1,5	140	137,8	2,2	0,016
Средние за 5 лет: зябь уплотненная пашня		140	126,9	13,1	0,091
		143	78,4	64,6	0,470

Примечание. В 1955 г. наблюдения за стоком под руководством автора проводил Х. М. Мустафаев.

1954-55 г. Зима 1954-55 г. отличалась крайне неустойчивой погодой, что временами приводило к сходу снега и способствовало широкому распространению ледяной корки на уплотненной пашне, обусловив здесь сильнейший сток. Как видно из табл. 19, сток с зяби был сравнительно небольшой – 10 мм; срединных частях межполосных клеток, где запасы снега составляли около 40-60 мм, стока совсем не было. На житняке в молодом саду сток был очень сильный, причем в саду, мелкой осенней перепашкой, он все же был меньше, чем на житняке.

1955-56 г. Зиме 1955-56 г. предшествовала очень сухая осень. Зима была холодная и очень многоснежная. На этом основании прогнозировался сильный паводок, в связи с чем проводились мероприятия по защите мостов и гидротехнических сооружений. Однако несмотря на интенсивное снеготаяние, весенний сток в 1956 г. был очень слабый, а на зяблевой пахоте его совсем не было, за исключением участков со снежными завалами. На стерне пшеницы наблюдался сравнительно небольшой сток лишь с участков, где влагозапасы в снеге достигали 267 мм (снежный шлейф от лесополосы); при запасах снеговой воды менее 200 мм сток был незначительный или его совсем не было. На житняке из-за очень больших снегозапасов слой стока составил 80,3 мм при умеренном коэффициенте стока (0,306).

1956-57 г. Сильное предзимнее увлажнение почвы, дополненное в первые месяцы зимы во время глубоких оттепелей, глубокое промерзание и формирование в дальнейшем мощного снежного покрова обусловили сильнейший сток со всех сельскохозяйственных угодий. Снеготаяние началось 6 апреля и проходило весьма интенсивно. На полевых участках снег сошел 14 апреля, а в лесных полосах и околополосных шлейфах – 25 апреля и позднее. В 1957 г. наблюдения над весенним стоком проводились на 21 стоковой площадке.

Оставляя пока в стороне детальное рассмотрение материалов, приведем здесь лишь общие сведения о стоке. Его величина с зяби на очень слабосмытом тяжелосуглинистом черноземе, образовавшемся на желто-бурой глине (северо-восточный склон), в среднем составила 42,1 мм (коэффициент стока 0,226), а на глинистом слабо- и среднесмытом черноземе, залегающем на плотной красно-бурой глине (юго-восточный склон), 78 мм (коэффициент стока 0,56), т. е. в два с лишним раза больше. Величина стока с площадки со стерней, находящейся в аналогичных условиях на юго-восточном склоне, была в два раза, а коэффициент стока в полтора с лишним раза больше, чем с зяби.

Таким образом, 1957 г. был выдающимся по своей многоводности. 1957-58 г. Осень 1957 г. была засушливая, а зима мягкая, с многочисленными оттепелями; почва промерзла лишь на глубину 25-35 см (увлажненный слой). Во время оттепелей и в период весеннего снеготаяния на озимых и многолетних травах образовалась ледяная корка; на обычной зяби она сформировалась только в понижениях нанорельефа (в бороздах, между гребнями пашни) и неплотно прилегала к поверхности (непритертая), а на заборонованной покрывала более 50% площади, обусловив довольно сильный сток. Ее толщина колебалась от 0,5 до 7-10 см, но чаще составляла 2-4 см.

Для образования во время зимних оттепелей или в период снеготаяния ледяной корки требуется два основных условия: 1) слабое впитывание воды в почву и 2) наличие довольно сильных морозов (в ночное время), вызывающих замерзание талой воды под снегом. Когда снеготаяние прерывается сильными заморозками, ледяная корка образуется преимущественно на озимых, многолетних травах, стерне и в меньшей степени на выровненной (уплотненной) зяби, т. е. на участках с пониженной водопроницаемостью почвы. Именно такая картина и наблюдалась в 1958 г. При значительной толщине снежного покрова (например, в приопушечной зоне лесных полос), защищающего почву от проникновения отрицательных температур, корка и на уплотненной пашне, как правило, не образуется.

Из табл. 19 следует, что сток с августовской зяби составил 3,2 мм, а на более поздней, сентябрьской зяби его практически не было. Визуальные наблюдения показали, что на других полях стока с зяби совсем не было. На августовскую зябь в первой половине месяца выпали дожди (33 мм), и ее поверхность несколько заплыла и уплотнилась, что и сказалось на величине весеннего стока. На боронованной в четыре следа зяби сформировался умеренный сток – 36,3 мм при коэффициенте 0,315, т. е. он был почти в десять раз сильнее, чем с обычной. На озимых и многолетних травах, судя по визуальным наблюдениям и замерам смыва, сток был довольно сильный, во всяком случае не ниже, чем с заборонованной зяби.

Таким образом, наши пятилетние исследования в районе Тимашево показали, что в период 1954-1958 гг. лишь в 1957 г. был сильный и очень сильный сток с зяби; в 1955 г. он был слабый, а в другие три года очень слабый или полностью отсутствовал. В 1952 г. также стока с зяби практически не было или он был очень слабый [85]. В указанный пери-

од очень и чрезмерно сильный сток с уплотненной пашни наблюдался соответственно в 1955 и 1957 гг.; в остальные годы он был очень слабый (1952 г.), слабый и умеренный (1956 и 1958 гг.) и сильный (1954 г). Вернемся к более детальному анализу данных за 1957 г.

В этом году сток изучали на двух опытных участках, и на каждом из них решались разные задачи¹.

Участок № 1, юго-восточный склон. Участок находился в средней части склона. Предшественник – яровая пшеница. Почва – чернозем типичный глинистый на красно-бурой глине и ее делювиальных дериватах. В верхней и средней частях участка почва слабосмытая, а в нижней трети – среднесмытая. Площадки размещались на различном удалении от систематически расчищавшейся дороги, изымавшей снег с прилегающего поля, поэтому на ближайших к дороге площадках снега было меньше, а по мере их удаления его мощность увеличивалась.

Материалы по стоку изложены в табл. 20 и представлены гидрографами на рис. 7. На гидрографах видно, что наибольшая интенсивность стока в начале снеготаяния наблюдалась на площадках с меньшими запасами снеговой воды; в дальнейшем она уменьшалась, а на площадках с большими снеготаяниями увеличивалась. Талая вода слабо просачивалась в почву, поэтому повышенные запасы снега сильно влияли на размер стока; зависимость стока и его коэффициентов от запасов воды в снеге прослеживается почти на всех вариантах пахоты, но наиболее отчетливо это видно на примере контрольных площадок (глубина вспашки 25-27 см). По мере увеличения влагозапасов в снеге от 91 до 174 мм сток на них возрастает от 44,2 до 103,5 мм и коэффициент стока соответственно от 0,485 до 0,594, что характеризуется прямой (рис. 8):

$$y = 0,136x + 35,7. \quad (10)$$

Эта формула использована для корректировки показателей стока на сопоставляемых вариантах вспашки участка № 1.

Для сравнения просачивания и стока на различной зяблевой пахоте мы осреднили соответствующие цифры по вариантам вспашки и в необходимых случаях привели к одинаковым запасам воды в снеге. Обработанные таким образом данные, характеризующие влияние глубины пахоты на сток, представлены в табл. 54. Не вдаваясь здесь в детали вопроса влияния глубины пахоты на сток, отметим лишь следующее:

¹Опыты в агротехнической части проводились совместно со ст. научным сотрудником Т. Ф. Антроповым, в гидрологической – автором при участии А. И. Ромашкевич.

**Просачивание и сток на типичном глинистом слабо- и среднесмытом
черноземе в 1957 г. (юго-восточный склон)**

Номер площадки	Характер зяблевой обработки	Запас воды в снеге + осадки весны, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Модуль стока, л/с с 1 га, сред/макс.
0	Вспашка поперек склона на 25-27 см	83	43,8	37,2	0,447	
1	Вспашка вдоль склона на 25-27 см	91	46,8	44,2	0,485	0,93/8,72
3	То же	131	62,6	68,4	0,522	1,31/8,56
6		144	60,5	83,5	0,580	1,68/8,59
9		160	69,6	90,4	0,566	1,69/6,62
11		174	70,5	103,5	0,594	1,94/7,86
2	То же, на 32-35 см	113	59,2	53,8	0,476	1,08/7,91
7	То же	144	68,4	75,6	0,525	1,35/6,45
4	Вспашка без оборота пласта на 32-35 см	140	63,2	76,8	0,548	1,45/7,88
8	То же	175	73,7	101,7	0,581	1,79/9,0
5	То же, на 12-15 см	160	36,3	123,7	0,773	2,27/8,85
10	То же	156	28,6	127,4	0,816	2,25/9,61
12	Стерня	179	23,8	155,2	0,867	2,69/8,61

Примечание. 1. Вспашка вдоль склона на 25-27 см (контроль): сток (мм) равен $78,0 \pm 10,2$; $p = 13\%$; коэффициент стока $0,549 \pm 0,020$; $p = 3,7\%$. Дисперсионный анализ коэффициента стока по вариантам зяблевой обработки: $t = 0,022$; $p = 3,6\%$; $НСР_{0,95} = 0,066$. 2. Отрезок склона, где расположены сток-овые площадки, имеет слабовыпуклую форму; средний уклон $2,2^\circ$.

1) глубокое рыхление без оборота пласта не имело преимуществ в отношении водозадержания по сравнению с обычной вспашкой на 25-27 см; 2) в диапазоне глубины 0-13 см цена 1 см углубления вспашки или рыхления составила (по приведенному стоку) 0,6 мм, в диапазоне 15-27 см – 2,8 мм и в диапазоне 27-35 см – 1 мм; рыхление слоя 0-7 см практически не имело значения. Средние модули стока с зяби при глубине вспашки 25-27 см колебались от 0,93 до 1,4 л/с с 1 га; по мере увеличения запасов снеговой воды они возрастали. Максимальные модули варьировали здесь в пределах 6,62-8,72 л/с с 1 га. На площадках с глубоким рыхлением средние модули бы ли несколько ниже, а с глубокой пахотой – еще ниже; во всех случаях на различных вариантах прослеживалась их прямая связь с количеством воды в снеге. Наибольшая величина среднего модуля стока была на площадках с безотвальным рых-

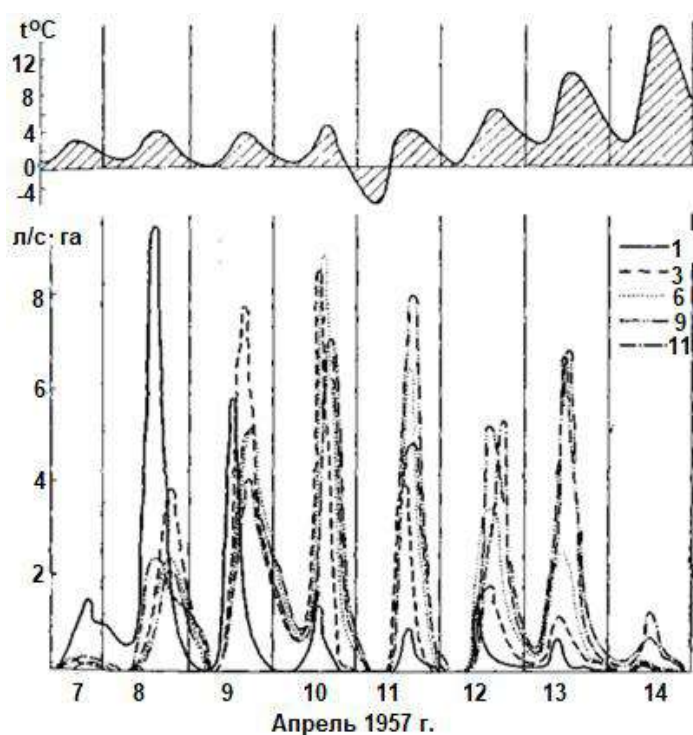


Рис. 7. Суточный ход стока в районе Тимашево Куйбышевской области в 1957 г. (кривые – номера площадок)

сильный, чему способствовало, помимо интенсивного стока, наличие в верхней части площадок снежного шлейфа от лесополосы и воздействие стока на обнаженную от снега почву в средних и нижних частях площадок. Наименьший смыв зафиксирован на поперечной пахоте. Повышенный смыв на глубокой пахоте – явление случайное (водороины нигде не прорезали пахотный горизонт на всю глубину). Дело в том, что на полях, окаймленных слабопродуваемыми лесополосами при их удалении друг от друга не менее чем на 300-350 м образуется так называемая зона выдувания, из которой снег изымается в наибольшей степени и откладывается в полосах и шлейфах. Точнее было бы назвать ее зоной наибольшего изъятия снега, так как ее возникновение обусловлено не повышенной скоростью ветра, а близостью к лесной полосе [140]. Снеж-

лением на 12-15 см (2,25-2,27); на стерне она еще выше. В целом можно сказать, что в 1957 г. средний и максимальный модули стока были очень большие.

Смыв почвы на стоковых площадках определяли двумя методами: 1) замером водороин и 2) путем измерения твердого стока систематическим взятием на водосливах образцов воды на мутность, объем 0,2 л. Твердый сток измеряли лишь на характерных вариантах вспашки. Данные по смыву изложены в табл. 21. Как видно, вынос почвы (по водороинам) был довольно

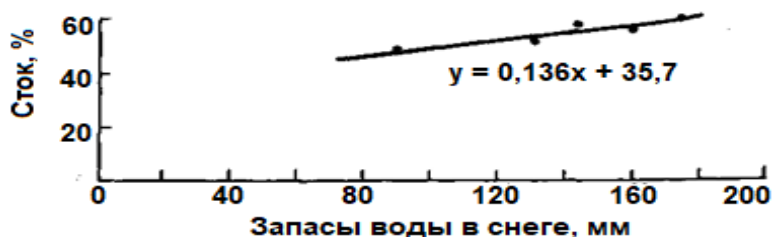


Рис. 8. Зависимость коэффициента стока от запасов воды в снеге (1957 г.)

Смыв почвы на различных вариантах зяблевой вспашки

Характер зяблевой обработки	Сток, мм	Смыв, м ³ /га					Средняя расчетная КТС, кг/м ³	Твердый сток	
		профиль			среднее			м ³ /га	средняя КТС наблюдения, кг/м ³
		1-й, 40 м от верхней границы	2-й, 100 м от верхней границы	3-й, 180 м от верхней границы	на площадке	по варианту			
Вспашка поперек склона на 25-27 см	37,2	5,2	11,0	-	8,1	8,1	21,2	-	-
Вдоль склона на 25-27 см	44,2	7,1	18,4	20,9	15,5	16,0	35,1	-	-
	68,4	5,4	21,1	22,7	16,4		24,0	-	-
	83,5	8,5	11,6	15,5	11,9		14,3	2,94	3,53
	90,4	15,8	15,7	10,3	13,9		15,4	-	-
	103,4	13,1	37,0	16,6	22,2		21,4	-	-
То же, на глубину 32-35 см	53,8	9,5	19,1	23,2	17,3	18,0	32,2	-	-
	75,6	10,4	17,2	28,7	18,8		24,9	3,19	4,22
Рыхление без оборота пласта на 32-35 см	6,8	3,7	14,4	20,8	13,0	12,6	16,9	-	-
	101,7	13,2	15,1	8,6	12,3		12,1	1,61	1,58
То же, на глубину 12-15 см	123,7	5,5	12,5	20,8	12,9	12,1	10,4	1,09	0,88
	127,4	12,6	14,5	6,4	11,2		8,8	-	-

ные сугробы в лесных полосах формируются в наибольшей степени за счет изъятия снега из этой зоны. На наших площадках мощность снега в этой зоне (80-150 м от края лесополосы) колебалась от 18 до 30 см, в то время как в нижней части площадок она составляла 35-45 см. Это обусловило различную последовательность обнажения почвы и значительные колебания величин смыва. Защитная роль стерни при продольной вспашке была значительно ниже, чем если бы рыхление проводилось поперек склона.

Из табл. 21 видно, что величина смыва мало зависит от размеров стока. Это объясняется в основном тем, что до момента появления проталин стекает практически прозрачная вода, а по мере обнажения почвы от снега ее мутность возрастает. Слой стока, практически обуславлива-

ющий смыв на последнем этапе снеготаяния, при равномерном распределении и сходе снега обычно выражается величиной 14-28 мм [137]. В данном же случае из-за повышенных скоплений снега в верхней части площадок он колебался от 30-35 до 50 мм, или от 39 до 51%. Поэтому средняя расчетная концентрация твердого стока (КТС), характеризующая интенсивность смыва, имеет обратную связь с величиной стока.

Бросается в глаза большая разница между показателями смыва, учтенного по методу водоройн и по твердому стоку. В последнем случае смыв меньше на обычной пахоте в 4 и 5,9 раза, а при безотвальном рыхлении в 7,6 и 11,8 раза. Интенсивность выноса, согласно замерам мутности на водосливах, варьировала в широких пределах, однако мутность не превышала 15,4 кг/м³. При вычислении средней КТС вошли и наносы, задержанные в борозде перед валом.

Как видно, результаты определения смыва двумя методами резко различаются между собой. Причина их кроется в грубости, неточности метода водоройн, особенно когда замеры производятся на продольной пахоте. В этом случае к действительной величине смыва прибавляется часть пустого пространства межгребневых понижений, и в результате замеров «смыв» оказывается очень сильно преувеличенным. Величины смыва, учтенные по методу водоройн, имеют лишь относительное значение.

Участок № 2, северо-восточный склон с ложбинами. Участок находится в нижней части длинного пологого склона, изрезанного древними ложбинами. Подобные склоны в Куйбышевском Заволжье распространены широко [141]. Опыт, который здесь проводился, имел целью выявить влияние направления зяблевой вспашки на сток талых вод в условиях расчлененности поля ложбинами (рис. 9). Почва участка – чернозем типичный слабовыщелоченный тяжелосуглинистый на желтобурой лёссовидной глине. На межложбинных водоразделах почва очень слабосмытая (мощность горизонта А + В1 равна 62 см), на микросклонах ложбин – слабо- и среднесмытая, а на их днищах сильносмытая.

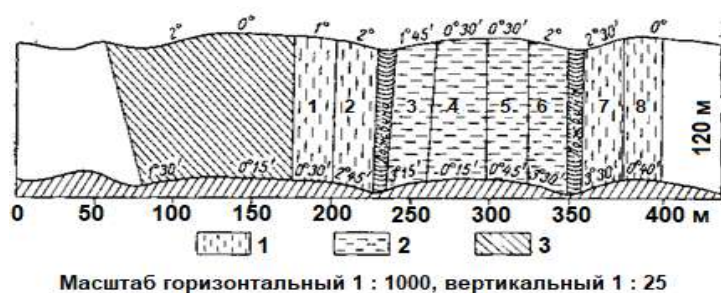


Рис. 9. Схема опытного участка № 2 с ложбинами (район Тимашево, 1957 г.):
вспашка: 1 – вдоль склона, 2 – поперек склона, 3 – косая гребнистая под углом 30° к оси ложбины

На склонах с ложбинами снежный покров распределяется крайне неравномерно: в ложбинах накапливается гораздо больше снега, чем на возвышенных участках между ними. При частом расположении ложбин (70-100 м между тальвегами) запасы снега на межложбинных водоразделах составляют по высоте лишь 20-25% его запасов в самих ложбинах, и снежный покров сходит здесь на второй или третий день таяния. Неодинаковое увлажнение почвы на склонах с ложбинами и разная степень ее смывности обуславливают обычно пестроту урожая: при слабой и средней смывности почвы в ложбине урожай здесь бывает значительно выше, особенно в засушливые годы, при сильной и особенно весьма сильной смывности он намного ниже. Неравномерность снегоотложения была обусловлена также наличием на верхней границе участка лесной полосы плотной конструкции, благодаря которой на верхнюю часть площадок наложился снежный шлейф; его мощность у верхней границы площадок составляла 150-200 см, а на расстоянии 30-35 м от нее – около 40-80 см. Это оказало влияние на последовательность схода снега и величину стока.

Данные по стоку талых вод представлены в табл. 22. Сток на площадках с поперечной и продольной вспашкой был приблизительно одинаковый. Уменьшение стока на четвертой площадке связано главным образом с ее расширением книзу, благодаря чему на ней лучше поглощалась подтекавшая вода. На площадках, расположенных на микросклонах ложбин, сток во всех случаях направлялся вдоль микросклона к боковому валу и далее в направлении основного склона вниз. Из данных табл. 22 видно, что сток на микросклонах в зоне ложбин в трех случаях был очень сильный при коэффициентах 0,528; 0,574; 0,593. Большим запасам снеговой воды соответствует и более высокий коэффициент стока.

На основании приведенных данных и визуальных наблюдений можно заключить, что обычная пахота, характеризующаяся слабой гребнистостью, не играет существенной роли в придании определенного направления стоку талой воды на склонах с ложбинами. В целях лучшего использования снеговой воды, сосредоточенной в ложбинах, и повышения влажности почвы на межложбинных водоразделах в засушливых условиях наиболее целесообразно на таких склонах проводить косую гребнистую вспашку (под некоторым углом к оси ложбин, см. рис. 9).

При сопоставлении обобщенных показателей стока в зоне ложбин и на межложбинной площади видна большая разница между ними: сток в ложбинах почти в 3 раза, а его коэффициент в 2,3 раза

больше, чем на межложбинной площади. Это объясняется повышенным скоплением здесь снега, особенно около лесополосы, и концентрированным сбросом воды, а также повышенной эродированностью почвенного покрова на ложбинах.

Таблица 22

**Просачивание и сток на типичном тяжелосуглинистом черноземе в 1957 г.
(северо-восточный склон с ложбинами)**

Номер площадки	Характер зяблевой вспашки	Запас воды в снеге + осадки, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Модуль стока, л/с с 1 га, сред/макс.
4	Поперек склона на 25-27 см	190	155,0	35,0	0,184	$\frac{1,6-0,74}{4,1}$
5	То же	200	147,9	52,1	0,260	$\frac{2,4-0,91}{4,6}$
1	То же, вдоль склона	214	165,5	49,2	0,230	$\frac{2,6-0,96}{6,2}$
8	То же	135	102,1	32,9	0,244	$\frac{1,0-0,77}{9,3}$
3	Вдоль микросклона ложбины, падение на Ю-В	225	101,0	124,0	0,551	$\frac{2,2-1,52}{9,6}$
6	То же, падение на С-З	254	108,6	145,4	0,574	$\frac{2,5-1,73}{12,0}$
7	Поперек микросклона ложбины, падение на Ю-В	148	98,4	49,6	0,335	$\frac{1,0}{9,9}$
2	То же, падение на С-З	278	113,1	164,9	0,593	$\frac{2,9-2,27}{13,8}$
	Среднее для межложбинной площади	185	142,7	42,3	$0,229 \pm 0,022$	$\frac{1,9-0,85}{5,8}$
	Среднее для зоны ложбин	226	105,0	121,0	$0,513 \pm 0,083$	$\frac{2,2-1,63}{11,3}$
	Среднее по участку	206	128,4	81,6	0,396	$\frac{2,0-1,24}{8,6}$

Примечание. 1. Средний по вариантам коэффициент стока при вспашке поперек и вдоль склона равен соответственно 0,222 и 0,237, а $НСР_{0,95} = 0,066$; разность коэффициентов не существенна. Влияние направления вспашки микросклонов ложбин на коэффициент стока не существенно: $НСР_{0,95} = 0,249$. Большое значение $НСР_{0,95}$ объясняется сильным влиянием влагозапасов в снеге на сток. 2. Продольный уклон площадок $1,3^\circ$.

Средние модули стока, вычисленные отдельно за первую часть периода, когда сток поступал со всей площадки (первая цифра в числителе), и за весь период снеготаяния, включая и время поступления стока только из снежного шлейфа лесополосы (вторая цифра в числителе), были довольно большие и колебались от 1,0-0,77 до 2,9-2,27 л/с с 1 га. Максимальные модули на межложбинной площади с поперечной пахотой составляли 4,1-4,6 л/с, а с продольной пахотой – 6,2-9,3 л/с с 1 га; на склонах ложбин они колебались от 9,6 до 13,8 л/с с 1 га.

Как же повлияло наличие снежного сугроба в верхней части площадок на величину и коэффициент стока и на гидрологию нижележащего поля? Мы попытались расчленить сток на два периода: 1) когда он формировался за счет таяния снега на всей площадке и 2) после схода снега с большей части площадок, когда сток поступал только из снежного сугроба. Данные за первый период изложены в табл. 23.

Таблица 23

Просачивание и сток на участке № 2 за первый период снеготаяния (1957 г.)

Номер площадки	Характер зяблевой вспашки	Запас воды в снеге + осадки весны, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
4	Поперек склона	106	85,3	20,7	0,195
5	То же	112	88,2	23,8	0,213
1	Вдоль склона	120	93,2	26,8	0,240
8	То же	82	65,0	17,0	0,207
3	Вдоль микросклона ложбины, падение на Ю-В	143	55,0	88,0	0,615
6	То же, падение на С-З	173	72,0	101,0	0,584
7	Поперек микросклона ложбины, падение на Ю-В	104	71,6	32,4	0,312
2	То же, падение на С-З	177	72,0	105,0	0,593
	Среднее для межложбинной площади	105	82,9	22,1	0,214 ± 0,018
	Среднее для зоны ложбин	149	67,4	81,6	0,526 ± 0,110
	Среднее по участку	127	72,0	51,9	0,409

На основании данных табл. 22 и 23 можно заключить, что наличие снежного сугроба в верхней трети площадок, расположенных на межложбинной площади, способствовало увеличению стока почти в 2 раза, однако при этом коэффициент стока почти не увеличился. Это свидетельствует о весьма интенсивном просачивании в почву талой воды под сугробом: величина просачивания составила здесь около 300-340 мм.

Таким образом, 80% талой воды сугроб отдал почве главным образом в месте своего залегания, а остальные 20% пошли на сток. За счет этого почти в 2 раза повысилась величина стока в поле, хотя несколько увеличилось и увлажнение почвы.

Очевидно, что скопление около лесных полос больших снежных сугробов – явление отрицательное как с точки зрения равномерного распределения влаги на полях, так и борьбы с эрозией. В зоне ложбин со смытыми почвами относительная водорегулирующая роль снежных сугробов несколько выше, однако и здесь величина стока возросла за счет сугроба в среднем на 33 мм, или на 37,5%. Чрезмерное увлажнение почвы в приопушечной зоне не может быть оправдано урожаем и поэтому нецелесообразно. Наоборот, ее переувлажнение приводит к некоторому снижению урожая в ближайшей приопушечной полосе вследствие уплотнения почвы и подавления микробиологической деятельности в весенний период [140].

Сопоставление весеннего стока на двух участках в многоводном 1957 г. показывает, что в зависимости от характера почвенного покрова и степени его эродированности от выраженности ложбин, распределения снега и других факторов его размеры могут варьировать на территории в широких пределах все сказанное относится к зяби. В маловодные годы, когда сток с зяби незначительный или полностью отсутствует, аналогичная картина распределения стока в зависимости от указанных факторов может иметь место на уплотненной пашне и на выгонах.

Весенний сток в 1959-1970 гг. изучали в Заволжье на Поволжской АГЛОС (под руководством и при участии автора Л. Г. Боченко, 1959 г.; Г. С. Бобров, 1960-1962 гг.; В. П. Пастушков, 1963-1964 гг.; В. И. Панов, 1964-1970 гг. и И. И. Гункин, 1966-1970 гг.). Почвенный покров здесь представлен преимущественно обыкновенным тяжелосуглинистым и глинистым черноземом с содержанием гумуса в пахотном горизонте несмытых и слабосмытых разновидностей 7,0-7,2%, а средне-смытых – около 5,5-6,0% [150].

Рассмотрим гидрометеорологические условия формирования и показатели стока с различных сельскохозяйственных угодий по годам (табл. 24).

1958-59 г. Почва ушла в зиму в слабоувлажненном состоянии. Зима была умеренно холодная, без сильных оттепелей; глубина промерзания почвы на зяби и на многолетних травах составляла 15-20 см, а на озимых, где влажность была выше, около 40 см. Весеннее снеготаяние в 1959 г. началось 25 марта, и снег полностью сошел 14-16, а в лесных

**Просачивание, сток и смыв на обыкновенных черноземах
Поволжской АГЛОС в период 1959-1965 гг.**

Агротехнический фон	Запас воды в снеге + осадки, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Смыв по твердому стоку, кг/га
1	2	3	4	5	6
<i>1959 г. Южный склон крутизной 1,5-2; почва слабосмытая</i>					
Зяблевая вспашка на 25-27 см (3)	65	65	0	0	0
Травосмесь 3-го года	278	246	32	0,115	0
	124	124	0	0	0
	590	462	128	0,217	0
<i>1960 г. Южный склон крутизной 2°</i>					
Зяблевая вспашка на 20-22 см (3)	82	82	0	0	0
<i>1961 г. Южный склон крутизной 2°</i>					
Зяблевая вспашка на 22-25 см (5)	68	68	0	0	0
<i>1962 г. Западный склон крутизной 3°; почва слабо- и среднесмытая</i>					
Зяблевая вспашка на 25-27 см (3)	51	51	0	0	0
Зябь заборонованная в четыре следа	40	40	0	0	0
<i>1963 г. Юго-восточный и западный склоны крутизной 2°; почва слабо- и среднесмытая</i>					
Вспашка на 25-27 см (2)	104	104,0	0	0	0
То же + боронование в четыре следа	69	69,0	0	0	0
Эспарцет 2-го года	138	109,2	24,8	0,180	Не опр.
Озимая рожь	211	211,0	0	0	0
<i>1964 г. Северо-западный склон крутизной 2 и 3°, почва слабо- и среднесмытая</i>					
Вспашка поперек склона на 25-27 см	174	138,7	35,3	0,203	134
То же, вдоль склона	166	128,9	37,1	0,223	230
Вдоль склона на 20-22 см	187	134,0	53,0	0,283	514
Озимая рожь	154	92,4	61,6	0,399	618
Целина (выгон)	116	60,5	55,5	0,478	233
<i>Юго-восточный склон крутизной 2,5°; почва средне- и сильносмытая</i>					
Гребенистая вспашка поперек склона на 25-27 см	152	140,5	11,5	0,076	37

1	2	3	4	5	6
Зябрь заборонованная в два следа	161	111,4	43,6	0,271	651
<i>Южный склон крутизной 1,5°; почва очень слабосмытая</i>					
Озимая пшеница	105	80,9	24,1	0,230	215
<i>1965 г. Юго-восточный склон крутизной 2,5°</i>					
Вспашка поперек склона на 20-22 см	93	93,0	0	0	0
То же, вдоль склона	103	100,4	4,6	0,045	4
То же + боронование в два следа	83	70,8	12,2	0,147	18
Вспашка на 27-30 см	84	84,0	0	0	0
То же + боронование в два следа	108	104,7	3,3	0,031	3
Стерня	127	94,6	32,4	0,255	62
Пастбище	142	76,4	65,6	0,462	126
Средние за период: зябрь	90	85,0	5,0	0,031	
уплотненная пашня	173	135,0	38,0	0,247	

Примечание. Размеры стоковых площадок следующие: в 1959-1961 гг. 0,20-0,25 га, в 1962 г. 0,1 га, в 1963 г. 0,092 га, в 1964 г. 0,17-0,19 га, в 1965 г. 0,14-0,16 га.

полосах 25-28 апреля. Лишь при толщине снега 60 см (запас воды 170 мм) в конце снеготаяния на участке среднесмытой почвы отмечалось местное передвижение талой воды. Можно полагать, что запас снеговой воды 180-190 мм и больше обусловил бы образование небольшого стока с зяби на среднесмытой почве. Такие водозапасы наблюдаются лишь в зоне лесополосных шлейфов и в хорошо выраженных ложбинах. На заборонованной зяби в местах, где толщина снежного покрова составляла около 40 см (110-115 мм), наблюдался местный сток, и талая вода рядом впитывалась в почву. При запасах воды в снеге около 120-130 мм здесь, по-видимому, сформировался бы сток.

Площадка с многолетними травами примыкала к лесной полосе, и на ее нижнюю часть налегал снежный шлейф, толщина которого в приопушечной зоне достигала 150-210 см (500-700 мм воды). В верхней и средней частях площадки, где запасы снеговой воды не превышали 130 мм, стока не было или он был незначительный, а в нижней, несмотря на то, что почва в основном была талая, при толщине снежного покрова более 70-80 см он был. Его величина на нижней части площадки составила 128 мм (коэффициент стока 0,217). На полях с озимыми, посеянными по черному пару, визуально наблюдался значительный сток, что объясняется большим предзимним увлажнением почвы. На склоне

1,5° с озимой рожью (рядки вдоль склона) при длине линий стока около 400 м смыв, учтенный по водородинам, равнялся 8,4 м³/га.

1959-60 г. В сентябре и октябре выпало 154 мм осадков (214% нормы), однако до наступления морозов (3 ноября) влага успела просочиться вглубь и влажность почвы находилась на уровне наименьшей влагоемкости. Зима была умеренно холодная. В декабре, январе и феврале имели место слабые оттепели без дождей. Глубина промерзания почвы достигала на зяби 70-75 см, на озимых и многолетних травах 55-60 см. Весна была затяжная: снеготаяние началось 22 марта и с небольшими перерывами продолжалось до 14 апреля.

Как видно из табл. 24, в 1960 г. сток на зяби не сформировался. На соседних полях колхоза им. 1 Мая на нижних отрезках склонов с ложбинами и сильноосмытыми почвами по ложбинам имел место небольшой сток, и смыв в них достигал 5-6 м³/га. Согласно визуальным наблюдениям, на многолетних травах и на озимых сток был значительный. Он наблюдался также из лесных полос и околополосных шлейфов, где высота снежных сугробов составляла 150-210 см, а запасы снеговой воды колебались от 500 до 700 мм; талая вода, стекавшая вниз по склону с зяблевой пахоты, увлажняла почву в зоне до 50-80 м. На озимых смыв составлял около 7 м³/га.

1960-61 г. Осень была умеренно влажная, и до наступления устойчивых морозов гравитационная влага успела просочиться вглубь. Из-за неустойчивой погоды снежный покров сформировался лишь в третьей декаде января. К середине марта почва промерзла до 60-70 см. Весеннее снеготаяние проходило во второй половине марта, а в приопушечной зоне лесополос снег растаял 8-10 апреля. Стока с зяби не было. На полях колхоза 1 Мая на нижних отрезках склонов крутизной 3-6°, где смытость почвы варьирует от средней степени до сильной и весьма сильной, сток был небольшой и смыв колебался от 0,5 до 4 м³/га; в ложбинах смыв достигал 5,5 м³/га. Таким образом, лишь на средне- и сильноосмытых почвах при более мелкой зяблевой пахоте имел место очень слабый сток и небольшой смыв.

1961-62 г. Ранняя осень была влажная, в дальнейшем погода была сухая. Устойчивый снежный покров образовался во второй половине декабря. Зима была теплая с многочисленными оттепелями. Глубина промерзания почвы достигала 70 см. Весна началась рано и была затяжной. В этом году сток с зяби полностью отсутствовал, включая и зону у снежных шлейфов, где запасы снеговой воды составляли 300-350 мм и

больше; его не было также на зяби, заборонованной в четыре следа. Из лесных полос, где почва уплотнена, наблюдался незначительный сток. На колхозных полях при уклонах 3-4° и средней степени смывости почвы стока также не было, а на отрезках склонов с сильно смытыми почвами наблюдался небольшой сток и смыв достигал 6 м³/га. Глубина вспашки на этих участках была меньше нормальной.

1962-63 г. Осень была сухая, а зима холодная, без оттепелей; к концу февраля глубина промерзания почвы (проникновения отрицательной температуры) достигла 130 см (по мерзлотомеру МД-2). Почва была слабо увлажнена. Снеготаяние началось 4 апреля и в течение 11-16 апреля поля обнажились от снега. Сток отсутствовал на всех видах зяблевой пахоты, а также на озимых, что наблюдается довольно редко. Полное поглощение талых вод мерзлой почвой обусловлено слабым предзимним увлажнением почвы, сохранившимся на том же уровне до начала весеннего снеготаяния. На площадке с эспарцетом 2-го года пользования, где почва была уплотнена в результате выпаса скота, наблюдался значительный сток (24,8 мм при коэффициенте стока 0,185). Из лесных полос в 1963 г. стока не было.

1963-64 г. Поздняя осень 1963 г. была очень влажная: в октябре выпало 62 мм, в ноябре 61 мм осадков и почва замерзла в сильно увлажненном состоянии. Зима установилась в конце ноября, однако высота снежного покрова первое время была небольшой и лишь в конце декабря возросла до 14-20 см. В декабре и в январе наблюдались оттепели, а во второй половине февраля и в марте морозы достигали 30-34°С. Глубина промерзания почвы варьировала (по кристалликам льда) от 90 до 125 см. Весна была поздняя, затяжная. Сток проходил с 6 по 19 апреля.

На основании данных табл. 24 можно отметить, что по характеру половодья 1964 год стоит в числе выдающихся за последнее десятилетие; он уступает в этом отношении лишь 1957 году. На слабо- и средне-смытой почве северо-западного склона при глубине вспашки 25-27 см сток равнялся 35,3 и 37,1 мм, а при глубине вспашки 20-22 см – 53 мм. На юго-восточном склоне сток с гребнистой зяби (глубина 25-27 см) был слабый – 11,5 мм, а по зяби с боронованием в два следа довольно сильный – 43,6 мм. Значительная разница в стоке на двух склонах связана главным образом с разницей в снегозапасах. Сток с озими и с целины (выгон) на северо-западном склоне был сильный, а на южном склоне с очень слабосмытой почвой в сети лесополос – умеренный.

Меньший сток на последнем объекте объясняется лучшими почвенными условиями, а также меньшими запасами здесь снеговой воды. Средний модуль стока с зяби варьировал от 0,54 до 0,90 л/с, а максимальный соответственно от 2,17 до 5,35 л/с с 1 га; средний модуль стока с озимой ржи равняется 1,03, максимальный 7,46 л/с, а с заборонованной зяби 1,81 и 12,74 л/с с 1 га. Это очень большие модули.

Смыв почвы на стоковых площадках, учтенный по твердому стоку, в 1964 г. был сравнительно небольшой. На обычной и выровненной зяби и на озимой ржи, где наблюдался наибольший сток, он составлял 514, 651 и 618 кг/га; средняя мутность сточной воды равнялась соответственно 0,97; 1,49 и 1,0 кг/м³. На других вариантах осенней обработки почвы и угодьях величины смыва были еще меньше. Это объясняется, с одной стороны, тем, что сток проходил по мерзлой почве, а с другой – равномерным распределением снежного покрова и приблизительно одновременным его сходом.

1964-65 г. Осенью 1964 г. выпало всего 52 мм осадков, и почва ушла в зиму в сильно иссушенном состоянии. В период с 8 ноября по 18 декабря стояла неустойчивая погода: выпадавший снег таял, и вода просачивалась в почву; на уплотненных угодьях образовалась несплошная ледяная корка. Устойчивый снежный покров сформировался 19 декабря. Глубина промерзания почвы (по кристалликам льда) к концу зимы на зяблевой пахоте колебалась от 35 до 66 см, а на пастбище составляла 70-72 см.

Сток проходил в период с 26 марта до 3 апреля. На обычной и глубокой зяби он отсутствовал или был очень слабый, с заборонованной зяби – слабый (12,2 мм). На участках стерни и на пастбищах сформировался умеренный и сильный сток. Смыв почвы в 1965 г. был небольшой: на зяблевой пахоте – вследствие незначительного стока, а на стерне и на пастбище – из-за слабой податливости почвы смыву. Средняя мутность воды не превышала 0,2 г/л.

Материалы, характеризующие элементы водного баланса и коэффициенты стока на сельскохозяйственных угодьях Поволжской АГЛЮС за период 1966-1970 гг., изложены в табл. 25.

1965-66 г. Осенью выпало 87 мм осадков (меньше нормы), зима была неустойчивая; холодная погода прерывалась сильными оттепелями, что способствовало дополнительному увлажнению почвы и ее замерзанию в сильноувлажненном состоянии; получила распространение ледяная корка. Глубина промерзания почвы, согласно показаниям мерзлотометров, составляла 130-140 см.

**Просачивание и сток на черноземах Поволжской АГЛОС
в период 1966-1970 гг.**

Агротехнический фон	Запас воды в снеге + осадки весны, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
<i>1966 г.</i>				
Зяблевая вспашка на 20-22 см	140	97,5	42,5	0,304
То же, на 28-30 см	132	119,8	12,2	0,092
Стерня	188	138,1	49,9	0,260
<i>1967 г.</i>				
Вспашка на 20-22 см	51	50,7	0,3	0,006
То же, на 28-30 см	51	51,0	0	0
Многолетние травы	108	86,2	21,8	0,202
Стерня кукурузы	112	98,8	13,2	0,118
<i>1968 г.</i>				
Вспашка на 20-22 см	67	37,7	29,3	0,434
То же, на 28-30 см	82	51,6	30,4	0,371
То же, на 25-27 см	177	163,3	13,7	0,077
Озимые	247	187,6	56,4	0,231
Многолетние травы	169	87,7	81,3	0,481
Пастбище	153	48,8	104,2	0,617
<i>1969 г.</i>				
Вспашка на 20-22 см	61	61,0	0	0
То же, на 28-30 см	54	54,0	0	0
Многолетние травы	74	68,0	6	0,081
<i>1970 г.</i>				
Вспашка на 20-22 см	91	74,8	16,2	0,178
То же, на 28-30 см	82	71,8	10,2	0,124
То же, на 23-25 см	120	97,0	23,0	0,191
Плоскорезная обработка поперек склона на 28-30 см	94	77,8	16,2	0,172
Безотвальное рыхление вдоль склона на 28-30 см	86	67,0	19,0	0,220
Стерня кукурузы	117	31,0	86,0	0,735
Средние: зябь на 20-22 см	96	79,2	16,8	0,175
зябь на 28-30 см	80	69,4	10,6	0,132
Уплотненная пашня	136	88,0	48,0	0,330

Примечание. Площадки с зяблевой пахотой: уклон 2-3°, почва средне- и сильносмытая, площадь 0,2 га; площадки с уплотненной пашней: уклон 1,5-2°, почва слабо- и среднесмытая, площадь 0,37 га.

На нормальной зяби сформировался сильный сток (в среднем 42,5 мм при коэффициенте стока 0,304), а на глубокой – слабый (12,2 мм). Сток с уплотненной пашни также был сильный (около 50 мм).

1966-67 г. Осень была очень засушливой, а зима холодной, без сильных оттепелей, поэтому почва оставалась в слабоувлажненном состоянии до начала весеннего снеготаяния, что благоприятствовало впитыванию талых вод (отрицательные температуры проникали в почву глубже 150 см). Сток с зяби в этом году практически отсутствовал, а на уплотненной пашне он был слабый и умеренный (13 и 22 мм) при сравнительно небольших коэффициентах стока.

1967-68 г. Сумма осадков в осенние месяцы составила 90 мм, однако значительная часть их выпала в предзимнее время и почва замерзла в сильноувлажненном состоянии. В дальнейшем из-за сильных оттепелей образовалась ледяная корка. Глубина промерзания почвы достигала 140-150 см и больше (по мерзлотомерам). Сток с зяби на средне- и сильноосмытых почвах составлял 30 мм (коэффициент стока 0,434 на нормальной пахоте и 0,371 на глубокой), а на слабосмытой почве под защитой лесной полосы, обеспечившей устойчивость снежного покрова во время оттепелей, 13,7 мм (коэффициент стока 0,077). Сток с уплотненной пашни варьировал от 56 до 104 мм, а коэффициенты стока от 0,231 (под защитой лесополосы) до 0,617.

1968-69 г. Гидрометеорологические условия этого года характеризовались очень засушливой осенью (сумма осадков 41 мм) и очень холодной зимой без существенных оттепелей при малом количестве зимних осадков. Отрицательные температуры проникали в почву глубже 150 см. Весенний сток с зяби полностью отсутствовал, а на уплотненной пашне он был очень слабый.

1969-70 г. Осадков осенью выпало больше нормы – 119 мм, и почва замерзла в увлажненном состоянии. Зимой имели место сильные оттепели, обусловившие образование ледяной корки, особенно на участках уплотненной пашни. Глубина промерзания почвы составляла (по мерзлотомерам) 136-147 см. Сток с зяби в 1971 г. был слабый и умеренный; на нормальной зяби он равнялся в среднем 16,2 и 23 мм, на глубокой 10,2 мм; по плоскорезной и безотвальной обработке он был несколько больше по сравнению с глубокой отвальной, однако плоскорезная обработка обеспечила большее задержание снега и дополнительное просачивание воды в почву. На стерне кукурузы сформировался очень сильный сток – 86 мм при коэффициенте стока 0,735. Средний за пери-

од 1966-1970 гг. сток с нормальной зяби составляет 16,8 мм, с глубокой зяби 10,6 мм и с уплотненной пашни 48 мм при коэффициентах стока соответственно 0,175, 0,132 и 0,330.

Смыв почвы на стоковых площадках, учтенный В. И. Пановым по твердому стоку, характеризуется данными табл. 26.

Таблица 26

Смыв почвы на сельскохозяйственных угодьях Поволжской АГЛЮС

Год	Агрофон	Вынос почвы, кг/га	Средняя мутность, кг/м ³	Год	Агрофон	Вынос почвы, кг/га	Средняя мутность, кг/м ³
1966	Зябь	240	1,10	1968	Озимь	100	0,18
	Стерня	680	1,36		Многолет. травы	153	0,19
1967	Стерня кукурузы	66	0,50	1970	Зябь	750	3,26
	Многолет. травы	30	0,14		Стерня кукурузы	1440	1,67

Из этих данных видно, что вынос почвы был сравнительно небольшой.

Осредненные показатели по влагозапасам и стоку на двух участках Заволжья представлены в табл. 27. Из этой, а также из вышеприведенных таблиц следует, что за период 1952-1958 гг. лишь в 1957 г. на зяби сформировался сильный и очень сильный сток; один год он был слабый и четыре года полностью отсутствовал или был очень слабый. Средняя его величина составляла 13,1 мм при коэффициенте стока 0,091. Средний сток с уплотненной пашни равнялся 64,6 мм, а коэффициент стока 0,470; отношение $K_n/K_p = 5,16$.

Период 1959-1965 гг. был очень маловодный, лишь в 1964 г. на зяби был умеренный и сильный сток, а в остальные годы его совсем не было или он был очень слабый (один год), и средняя за период его величина равнялась 5 мм при коэффициенте стока 0,031. На уплотненной пашне за четыре года эти показатели составляют соответственно 38 мм и 0,247. Последний пятилетний период был многоводный: три весны было со слабым и умеренным стоком с зяби и две весны практически без стока, средняя за период его величина на зяби равнялась 13,7 мм (коэффициент стока 0,119), а по уплотненной пашне 48 мм (коэффициент 0,330). Средний за 12 лет сток с зяби на Поволжской АГЛЮС составил 8,6 мм и с уплотненной пашни 43,5 мм, а средние за 18 лет по двум участкам – соответственно 10,1 мм и 52 мм; отношение K_n/K_p за весь период равно 4,9.

Средние показатели стока на черноземах Куйбышевского Заволжья

Год	Зябь			Уплотненная пашня		
	влагозапасы в снеге, мм	сток, мм	коэффициент стока	влагозапасы в снеге, мм	сток, мм	коэффициент стока
<i>Тимашевский участок ВНИАЛМИ</i>						
1952	120	1,5	0,012	110	4,7	0,043
1954	118	4,7	0,040	128	70,5	0,551
1955	99	10,0	0,101	93	80,3	0,863
1956	218	0	0	233	41,7	0,179
1957	163	60,1	0,375	179	155,2	0,867
1958	121	2,1	0,017	112	35,3	0,315
Средние	140	13,1	0,091	143	64,6	0,470
$K_n/K_p = 5,16$						
<i>Поволжская АГЛОС ВНИАЛМИ</i>						
1959	65	0	0	278	32,0	0,115
1960	78	0	0	-	-	-
1961	68	0	0	-	-	-
1962	51	0	0	-	-	-
1963	104	0	0	138	12,4	0,090
1964	170	33,6	0,198	140	58,5	0,418
1965	93	1,5	0,016	135	49,0	0,363
1966	136	27,3	0,198	188	49,9	0,260
1967	51	0,2	0,004	110	17,5	0,159,
1968	109	24,5	0,225	189	80,6	0,416
1969	58	0	0	74	6,0	0,081
1970	98	16,5	0,168	117	86,0	0,735
Средние	90	8,6	0,066	152	43,5	0,293
$K_n/K_p = 4,44$						

Примечание. За 1952 г. включены данные И. А. Кузника.

На рис. 10 представлены кривые обеспеченности стока с зяби и уплотненной пашни. Кривая, характеризующая зябь, показывает, что сток в 20 мм и больше обеспечен на 23%, а сток в 10 мм – на 33%. Иначе говоря, сток с зяби в 10 мм и больше на обыкновенных и типичных черноземах Заволжья, сформированных на сыртовых глинах и характеризующихся слабой и средней степенью смывости, наблюдается в среднем 3,3 раза в 10 лет; в остальные годы он очень слабый или отсутствует. Мы полагаем, что углублением зяблевой вспашки можно достичь значительного уменьшения стока и он в десятилетие будет лишь в 2-2,5 раза превышать 10 мм. На кривой для уплотненной пашни видно,

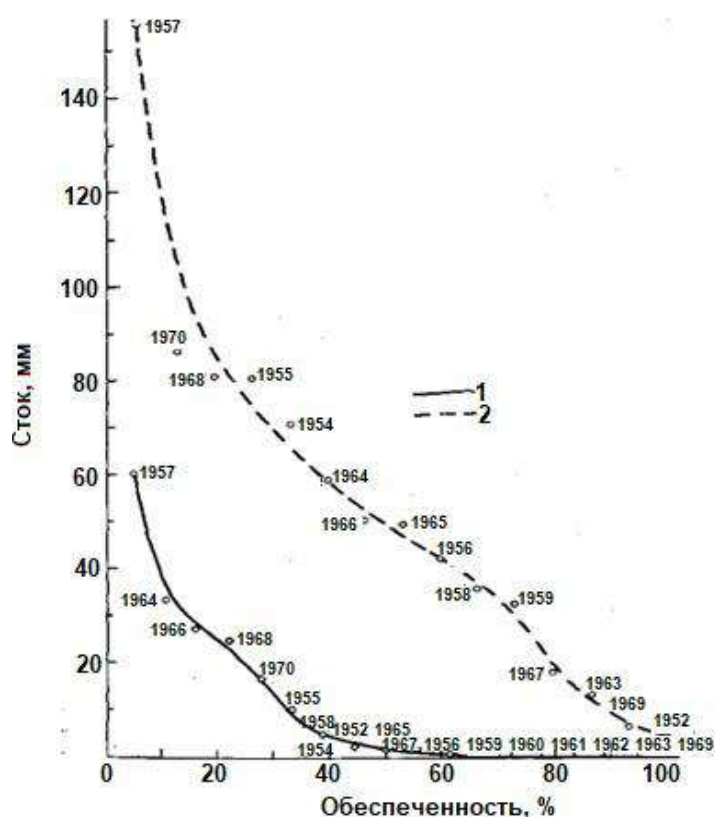


Рис. 10. Кривые обеспеченности стока на черноземах Куйбышевского Заволжья (сток: 1 – с зяби, 2 – с уплотненной пашни)

что сток 70%-ной обеспеченности превышает 33 мм, а 30%-ной обеспеченности больше 70 мм.

Сопоставим результаты экспериментальных исследований стока талых вод на черноземах Заволжья. Величины стока с зяби представляют собой среднее из наблюдений на пахоте поперек и вдоль склона, а также по пласту и на старопахотных участках. В последний период (1957-1970 гг.) они отражают сток с нормальной и более глубокой зяблевой пахоты. Поскольку стоковые площадки располагались на склонах, где залегают в разной степени смытые почвы, то полученные показатели стока несколько выше, чем они должны быть на целых водосборах в случае их распашки под зябь. Сток с уплотненной пашни является средним арифметическим из его величин с озимых, многолетних трав, стерни и залежи, а в некоторых случаях – величиной, найденной на одном из указанных видов пашни или угодий.

Было бы правильнее определить средневзвешенные показатели стока относительно площадей различных сельскохозяйственных угодий, но сделать это в настоящее время не представляется возможным. На основании табл. 16, характеризующей сток под Саратовом, можно заключить, что период 1924-1937 гг. был средним по водности, если давать оценку водности по стоку с зяби. В эти годы шесть вёсен было явно маловодных (сток на нормальной зяби в такие годы не формируется), в три другие весны сток с зяби предположительно был очень слабый и слабый и в три весны (1924, 1927 и 1929 гг.) умеренный и сильный. Можно полагать, что в условиях одинаковой культуры зем-

леделия указанный период был бы с такой же водностью, как 1952-1965 гг. в Куйбышевском Заволжье.

За последующий 10-летний период (1942-1951 гг.) сведений о стоке с зяби в Заволжье не имеется. 10-летний период 1950-1960 гг. по условиям формирования стока на южных черноземах охарактеризован лишь частично (см. табл. 17), причем, как уже отмечалось, на основании этих данных нельзя сделать правильного заключения о размерах среднего стока с зяби.

И. А. Кузник [86], проанализировав данные по стоку на черноземах и каштановых почвах (включая материалы Энгельсской опытно-мелиоративной станции) с охватом большого периода времени, пришел к выводу, что норма стока с зяби при пахоте поперек склона в Центральном Заволжье составляет 8-12 мм. М. И. Львович [92], используя также и материалы Института географии АН СССР по Ершовскому району Саратовской области, пришел к заключению, что средний сток с зяби за 1937-1940 и 1951-1956 гг. (10 лет) составляет 7 мм, а средний сток с залежи – 35 мм, т. е. в 5 раз больше. Средний сток с зяби на черноземах Куйбышевского Заволжья, сформировавшихся на сыртовых глинах, за период 1952-1970 гг. равняется 10,1 мм, т. е. близок к соответствующей величине по Саратовскому Заволжью.

Повышенный сток на зяби формируется три раза в 10-летие. Средний сток с уплотненной пашни по Куйбышевской области (52 мм) значительно больше, чем по Саратовской. На черноземах южной лесостепи (Кинель-СХИ), образовавшихся на коренных породах, сток с зяби намного больше: в период 1952-1956 гг. он равнялся 36,6 мм (см. табл. 18), причем умеренный и сильный сток здесь формировался через год. Сток с уплотненной пашни здесь также сильнее, чем на черноземах степей.

Согласно карте среднего весеннего стока Д. Л. Соколовского, величина стока для района южнее, восточнее и северо-восточнее Куйбышева варьирует от 65 до 70 мм, т. е. она намного больше, чем полученная на стоковых площадках. Если принять, что площадь зяблевой пахоты в настоящее время составляет около 60% площади пашни (остальное падает на озимые, многолетние травы, сады и др.), то средняя величина стока с сельскохозяйственных угодий (без выгонов и пастбищ) будет равняться в среднем примерно 28 мм; соответствующая величина по участку Кинель-СХИ составляет около 53 мм. Как видно, разница очень большая. Аналогичная картина имеет место и в

черноземном центре. Мы видели, что там за 14-летний период средний сток с зяби составляет 22,1 мм, а с уплотненной пашни 58,3 мм. Отсюда средневзвешенная величина его на сельскохозяйственных угодьях равняется 37 мм. Согласно же карте, средний весенний сток в этом районе выражается величиной 55-60 мм.

Причины столь значительных расхождений, на наш взгляд, кроются в следующем. Во-первых, средние величины весеннего стока на карте Д. Л. Соколовского, представленные изолиниями, получены в результате замеров паводковых расходов стока в малых реках и поэтому характеризуют сток с водосборов в целом, включая эродированные выгонные земли, гидрографическую сеть и овраги, дороги, населенные пункты и т. д., отличающиеся, с одной стороны, повышенной снегонакопительной, а с другой – стокообразующей способностью. Равномерное распределение слоя стока на всю площадь водосбора приводит к значительному увеличению его на пашне. Во-вторых, в последние полтора-два десятилетия значительно повысилась культура земледелия, в частности увеличилась глубина основной вспашки, что способствовало существенному сокращению стока по сравнению с предшествующим периодом. Некоторое влияние на возникновение указанной разницы в стоке могли оказать и причины методического характера.

3. Каштановые почвы

Весенний сток, на темно-каштановых почвах Саратовского За-волжья

Условия формирования стока талых вод на каштановых почвах, которые распространены в зоне сухих степей, имеют свои особенности. С одной стороны, почвенный покров здесь характеризуется слабой водопропускной способностью структуры и способностью легко заплывать под влиянием дождевых осадков и талых вод, что благоприятствует формированию стока; с другой стороны, засушливость климата и значительный дефицит почвенной влаги в предзимний период создают благоприятные условия для просачивания талой воды в мерзлую почву, что нередко исключает сток. Однако наличие зимних оттепелей в ряде случаев компенсирует недостаточное предзимнее увлажнение почвы. Поэтому и на каштановых почвах в некоторые годы наблюдается довольно сильный сток с зяби, не говоря уже об уплотненной пашне.

Рассмотрим имеющиеся литературные данные, характеризующие сток на темно-каштановых и каштановых почвах. Весенний сток с раз-

личных сельскохозяйственных угодий в Саратовском Заволжье изучался Энгельсской опытно-мелиоративной станцией (ЭОМС) [85, 86] и Институтом географии АН СССР в колхозе им. XVIII партсъезда Ершовского района [91, 92, 106]. Результаты исследований сведены в табл. 28.

Таблица 28

**Средние показатели стока с зяби и уплотненной пашни
на темно-каштановых почвах Саратовской области**

Год	Зябь (пласт и старопашка)			Уплотненная пашня и залежь		
	влагозапасы в снеге, мм	сток, мм	коэффициент стока	влагозапасы в снеге, мм	сток, мм	коэффициент стока
<i>Энгельсская опытно-мелиоративная станция [86]</i>						
1951	61	4,5	0,074	95	76,0	0,80
1952	98	4,2	0,049	69	17,5	0,254
1953	65	0	0	74	19,3	0,261
1954	27	0,6	0,022	29	0,6	0,021
1955	73	7,1	0,097	95	62,9	0,662
1955	97	0	0	170	35,0	0,206
Средние	70	2,7	0,039	89	35,2	0,367
$K_n/K_p = 9,2$						
<i>Колхоз им. XVIII партсъезда Ершовского района [106]</i>						
1953	82	4,6	0,056	120	118,0	0,983
1954	62	0,5	0,008	71	19,6	0,276
1955	77	30,5	0,393	101	76,5	0,764
1956	145	2,5	0,017	91	62,2	0,683
Средние	91	9,5	0,119	96	69,1	0,676
$K_n/K_p = 5,7$						

Примечание. На ЭОМС сток изучали на стоковых площадках размером преимущественно 1-2 га и на водосборах от 5 до 19,8 га; уклон площадок колебался от 0,2 до 0,5°. В колхозе размеры стоковых площадок 0,75 га, уклон 1,4-1,8°.

На основании этих данных можно считать, что четыре года из шести сток с обычной зяби был очень слабый или его практически не было. 1955 год выделяется: в этом году сток варьировал от слабого до сильного, что связано с различными запасами снеговой воды и широким распространением ледяной корки.

Средняя величина стока с зяби на ЭОМС составила 2,7 мм при среднем коэффициенте стока 0,039, а в колхозе им. XVIII партсъезда 9,5 мм (коэффициент стока 0,119); средние показатели стока с уплотненной пашни и залежи равняются соответственно 35,2 мм (коэффициент стока 0,367) и 69,1 мм (коэффициент стока 0,676). Большое превы-

шение средних показателей стока с зяби по указанному колхозу по сравнению с ЭОМС произошло главным образом за счет 1955 г., а с уплотненной пашни – за счет 1953 г., когда сток с залежи составил 118 мм; сыграли свою роль особенности почв и особенности гидрометеорологических условий на двух участках.

По данным Н. В. Разумихина и Г. В. Назарова [116], смыв почвы на Ершовском стационаре Института географии АН СССР, учтенный по твердому стоку, был небольшой; в среднем за четыре года он составил с зяблевой пахоты 69 кг/га, с уплотненной пашни 100 кг/га. Наибольший вынос почвы был в 1955 г. – с зяби 233 кг/га, с уплотненной пашни 164 кг/га.

Сток талых вод на каштановых почвах правобережья Нижней Волги (Камышинский опорный пункт)

Сток талых вод изучали на Камышинском опорном пункте ВНИАЛМИ и прилегающих городских землях. В 1946-1949 гг. эту работу проводил А. П. Шапошников, в 1948-1952 гг. – Г. П. Сурмач. Экспериментальные исследования в этот период велись преимущественно на западном склоне, падающем к суходолу Климушину, в районе Шитовского сада и в самом саду. После значительного перерыва начиная с 1960 г. возобновили изучение стока на пункте и проводили его на участке «Свешников». Работу выполняли под руководством автора М. Д. Антипов (1960-1962 гг.) и Н. Е. Богулина (1963-1965 гг.). Учитывая, что систематические визуальные наблюдения дают возможность установить наличие или отсутствие стока с зяби и, кроме того, позволяют составить общее представление об интенсивности и размерах стока с других сельскохозяйственных угодий, мы приводим наряду с точными экспериментальными материалами и результаты визуальных наблюдений, фиксированных в полевых дневниках.

Почвенный покров окрестностей г. Камышина, включая опорный пункт, характеризуется чрезвычайной пестротой литологического состава, что связано с очень сложным геологическим строением местности [8, 99, 137] и разнообразием материнских пород. На склонах, падающих к глубоко врезающейся гидрографической сети, к поверхности выходят и служат материнскими породами трещиноватые опоки нижне-сызранского и верхне-сызранского ярусов; на них образовались в разной степени щебенистые каштановые почвы. Выше залегают пески саратовской и камышинской свит саратовского яруса

палеоцена с прослоями синевато-серых глин и глауконитовых песчанников. В связи с этим и механический состав делювиальных отложений, покрывающих склоны, варьирует от тяжелых до легких суглинков и местами до супесей. На возвышенных водораздельных площадях пески уже в историческое время подвергались перевеванию вследствие разбивания дернины копытами животных, в связи с чем образовались котловины выдувания.

Все это наложило отпечаток на характер почвенного покрова: сформировались суглинистые, щебенисто-суглинистые, супесчаные, песчаные, щебенисто-песчаные и погребенные слоем песка почвы, сменяющие друг друга на коротком расстоянии. Поэтому сток изучался в весьма сложных почвенных условиях, на пашне, в саду, на выгонах, на залежи и целине. Поскольку наибольшее распространение на склонах имеют супесчаные и песчаные почвы, а также погребенные слоем песка каштановые суглинки, то преимущественно на них и закладывались стоковые площадки. Значительное внимание было уделено изучению стока в саду, заложенном в 1936 г. на крутых западном и северо-западном склонах по методу профессора Шитта; в нем ленты 10-метровой ширины с двумя рядами плодовых деревьев и кустарников (преимущественно яблоня, чередующаяся с золотистой смородиной) расположены через 20-метровые промежутки, которые постоянно содержались в черном пару.

В целях установления связи стока с гидрометеорологическими условиями его формирования в табл. 29 представлена выборка нужных данных об осадках по метеостанции Камышин за период 1950-1965 гг. В ней изложены материалы о количестве и характере осадков поздней осени и холодного периода. Анализируя данные этой таблицы с учетом сведений об оттепелях, можно распределить зимы указанного периода на четыре основных типа.

К первому типу (холодные и умеренно холодные без сильных оттепелей) можно отнести зимы 1952, 1953 и 1954 гг., ко второму типу (со значительным стаиванием во время оттепелей снежного покрова) зимы 1951, 1959, 1960, 1961, 1962, 1964 и 1965 гг., к третьему типу (с неустойчивым снежным покровом и слабым промерзанием почвы) зимы 1955 и 1958 гг. и к четвертому типу (с резкими переходами от сильных оттепелей к холодной погоде) зимы 1956, 1957 и 1963 гг. Наибольший сток талых вод при достаточно больших влагозапасах в снеге формируется после зимнего сезона с погодой четвертого типа. В

такие годы и по зяблевой пахоте наблюдается значительный сток. Соотношение жидких и твердых осадков за ноябрь-март бывает различ-

Таблица 29

Распределение твердых и жидких осадков осени и холодного периода по данным метеостанции Камышин за 1950-1965 гг.

Год наблюдений	Октябрь, мм	Количество осадков холодного периода по месяцам, мм						Количество осадков за период апреля)	
		ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	мм	%
1950-51	63,7	$\frac{23,5}{9,2}$	$\frac{18,0}{11,7}$	$\frac{9,3}{18,5}$	$\frac{0}{3,2}$	$\frac{17,1}{7,9}$	-	$\frac{67,9}{50,5}$	$\frac{57,3}{42,7}$
1951-52	32,2	$\frac{11,5}{13,0}$	$\frac{2,8}{4,0}$	$\frac{0}{13,3}$	$\frac{0}{15,1}$	$\frac{11,4}{17,1}$	$\frac{6,8}{2,0}$	$\frac{25,7}{62,5}$	$\frac{29,1}{70,9}$
1952-53	41,5	$\frac{2,6}{1,4}$	$\frac{1,1}{34,5}$	$\frac{5,4}{10,6}$	$\frac{0,2}{15,9}$	$\frac{0,8}{9,9}$	$\frac{25,9}{0}$	$\frac{10,2}{72,3}$	$\frac{12,3}{87,7}$
1953-54	2,6	$\frac{0}{14,8}$	$\frac{9,4}{11,4}$	$\frac{0}{21,8}$	$\frac{0}{1,8}$	$\frac{7,1}{1,0}$	$\frac{51,3}{0}$	$\frac{16,5}{50,8}$	$\frac{24,5}{75,5}$
1954-55	56,4	$\frac{34,1}{0}$	$\frac{5,9}{23,6}$	$\frac{35,7}{13,3}$	$\frac{31,6}{8,0}$	$\frac{7,6}{2,4}$	$\frac{37,7}{0}$	$\frac{114,9}{47,3}$	$\frac{70,8}{29,2}$
1955-56	49,5	$\frac{21,4}{13,7}$	$\frac{7,8}{17,6}$	$\frac{44,6}{10,3}$	$\frac{0}{11,9}$	$\frac{2,9}{5,2}$	$\frac{20,4}{0,2}$	$\frac{76,7}{58,7}$	$\frac{56,6}{43,4}$
1956-57	46,8	$\frac{19,9}{38,3}$	$\frac{16,2}{3,9}$	$\frac{1,1}{15,3}$	$\frac{26,5}{1,5}$	$\frac{10,0}{24,2}$	$\frac{0,7}{0}$	$\frac{73,7}{83,2}$	$\frac{47,0}{53,0}$
1957-58	19,6	$\frac{4,1}{13,7}$	$\frac{14,0}{14,2}$	$\frac{12,2}{30,0}$	$\frac{16,2}{22,7}$	$\frac{19,9}{23,4}$	$\frac{22,9}{0}$	$\frac{66,4}{104,0}$	$\frac{39,0}{61,0}$
1958-59	6,5	$\frac{10,1}{2,4}$	$\frac{17,1}{33,4}$	$\frac{1,5}{35,2}$	$\frac{0}{11,4}$	$\frac{12,9}{5,4}$	$\frac{22,5}{0}$	$\frac{41,6}{87,8}$	$\frac{32,1}{67,9}$
1959-60	24,0	$\frac{1,1}{3,3}$	$\frac{0,6}{21,7}$	$\frac{5,3}{30,9}$	$\frac{10,1}{20,6}$	$\frac{0,2}{7,9}$	$\frac{16,4}{0}$	$\frac{17,3}{84,4}$	$\frac{17,0}{83,0}$
1960-61	40,0	$\frac{14,0}{2,9}$	$\frac{4,5}{14,5}$	$\frac{0}{36,0}$	$\frac{0}{16,3}$	$\frac{27,5}{8,1}$	$\frac{15,7}{0}$	$\frac{46,0}{77,8}$	$\frac{37,2}{62,8}$
1951-62	10,2	$\frac{8,4}{41,6}$	$\frac{10,9}{28,9}$	$\frac{0,6}{10,9}$	$\frac{4,5}{16,7}$	$\frac{22,6}{11,11}$	$\frac{25,7}{0}$	$\frac{47,0}{109,2}$	$\frac{30,1}{69,9}$
1962-63	10,2	$\frac{15,7}{0,4}$	$\frac{20,8}{19,2}$	$\frac{29,6}{31,7}$	$\frac{3,4}{7,3}$	$\frac{4,2}{29,9}$	$\frac{4,0}{0,7}$	$\frac{73,7}{88,3}$	$\frac{45,5}{54,5}$
1953-64	56,9	$\frac{41,9}{7,0}$	$\frac{25,6}{22,9}$	$\frac{2,0}{9,3}$	$\frac{0}{37,2}$	$\frac{7,8}{7,0}$	$\frac{17,3}{0}$	$\frac{77,3}{83,4}$	$\frac{48,1}{51,9}$
1964-65	4,4	$\frac{16,1}{10,8}$	$\frac{7,2}{12,1}$	$\frac{1,2}{7,0}$	$\frac{9,0}{24,4}$	$\frac{31,0}{2,3}$	$\frac{9,3}{6,5}$	$\frac{73,8}{56,6}$	$\frac{56,6}{43,4}$
Средние	31,0	$\frac{15,0}{11,5}$	$\frac{10,8}{18,2}$	$\frac{9,9}{19,6}$	$\frac{6,8}{14,2}$	$\frac{12,2}{10,8}$	$\frac{18,4}{0,6}$	$\frac{55,2}{74,5}$	$\frac{42,6}{57,4}$

Примечание. В числителе – жидкие осадки, в знаменателе – твердые.

ное; в среднем за этот период в виде снега выпадает 57,4%, в виде дождя – 42,6%. Главная масса жидких осадков выпадает в ноябре, декабре и марте, но значительная их часть в некоторые зимы приходится также на январь и февраль.

До сих пор считалось, что на песчаных и супесчаных почвах сток талых вод значительно меньше, чем на суглинистых. О причинах формирования на легких почвах более сильного стока с зяби мы будем говорить ниже при анализе стока на светло-каштановых почвах. Материалы по стоку за период 1946-1952 гг. сведены в табл. 30 (данные за 1946 и 1947 гг. заимствованы из работы А. П. Шапошникова [179]). Из нее следует, что сток с зяби три года полностью отсутствовал (1949, 1950, 1952), три года (1946, 1947 и 1951) был очень слабый и один год (1948) слабый. Однако и при слабом стоке на нижних отрезках склонов возможен значительный смыв почвы. На уплотненной пашне в 1946 г. сформировался слабый и умеренный сток (в пределах 18-27 мм), а на залежи сильный (более 50 мм). Аналогичная картина наблюдалась в 1947 г. и близкая к ней в 1948 г. В саду, где почва в течение лета содержалась в пару, а осенью мелко перепахивалась, сток был намного больше, чем на полях с нормальной зябью, и в ряде случаев больше по сравнению с его показателями на стерне и озимых.

Таблица 30

**Показатели стока талых вод на каштановых почвах
Камышинского опорного пункта ВНИАЛМИ**

Угодья и агротехнический фон	Крутизна склона, град.	Запас воды в снеге + осад- ки весны, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
1	2	3	4	5
<i>1946 г. Осадки холодного периода (по осадкомеру) 136 мм</i>				
Зяблевая пахота	Сток очень слабый и слабый			
Озимые	2,1	55	18,2	0,331/0,134
Люцерна 2-го года	1,5	57	27,6	0,484/0,203
Залежь	2,5	68	50,3	0,740/0,371
<i>1947 г. Осадки холодного периода 97 мм</i>				
Зяблевая пахота	1,5	77	2,5	0,032 0,026
Стерня	2,1	103	17,5	0,170
Люцерна 3-го года	1,5	74	15,6	0,211/0,160
Залежь	2,5	81	40,4	0,499/0,414
Сад. Черный пар с мелкой осенней перепашкой	5,8	52	48,9	0,940/0,502

1	2	3	4	5
То же + лента из двух рядов	6,2	76	47,3	0,622/0,485
Люцерна между лентами сада	5,3	86	61,0	0,709/0,626
<i>1948 г. Осадки холодного периода 158 мм</i>				
Зябрь (почва песчаная)	1,5	57	10,1	0,177/0,064
То же + крестование	1,5	44	14,5	0,330/0,092
Стерня (почва песчаная)	2,1	52	21,0	0,403/0,133
Стерня (почва супесчаная)	2,5	59	42,0	0,712/0,266
Залежь (почва песчаная)	2,5	58	36,0	0,621/0,228
Сад. Черный пар с осенней перепашкой + одна лента из ирги	5,8	57	49,2	0,863/0,311
То же + две ленты из ирги	4,2	66	42,0	0,636/0,266
Сад. Зябрь (почва легкосуглинистая и супесчаная)	5,7	56	12,5	0,223/0,079
Сад. Зябрь (почва легкосуглинистая)	4,9	44	5,1	0,116/0,032
Сад. Зябрь (почва супесчаная)	4,9	47	27,5	0,585/0,174
Виноградник. Зябрь	8,0	46	10,0	0,217/0,063
Целина (почва песчаная)	3,4	74	44,7	0,604/0,283
Целина (почва суглинистая)	10,9	80	20,1	0,251/0,127
Выгон (почва щебенисто-суглинистая)	5,5	53	46,4	0,875/0,294
<i>1949 г. Осадки холодного периода 47 мм</i>				
Зябрь (почва супесчаная, 6 определений)	1,5-5	31	0	0
Сад (разные участки, среднее из 11 определений)	4-9,7	50	2,8	0,056
Целина (почва песчаная)	3,4	72	0	0
Выгон (почва суглинистая; 5 определений)	8-11	73	67,8	0,107

1950 г. и 1952 г. – стока с зяби нет. 1951 г. – стока с зяби нет или очень слабый.

Примечание. Размеры стоковых площадок на зяби, многолетних травах и озимых в 1946-1948 гг. колебались в пределах 1,7-3,5 га, а в 1949 г. в пределах 0,28-0,33 га, на стерне занимали 0,85 га, на многолетней залежи и целине 0,47-0,51 га, в саду 0,16-0,34 га, на выгонах 0,020-0,075 га.

Весна 1948 г. была одной из наиболее многоводных за рассматриваемый период. Максимальные расходы воды в р. Камышинке в створе ниже устья суходола Климушина в некоторые дни достигали 25-28 м³/с, в то время как, например, в 1949 г. не превышали 3 м³/с, обычно же держались на уровне 1 м³/с. Большое половодье наблюдалось также в 1946 и 1947 гг. и значительное в 1951 г. В 1950 и 1952 гг. паводок, как в 1949 г., был очень слабый.

В 1960-1965 гг. сток изучали на каштановых легко- и среднесуглинистых преимущественно слабосмытых почвах, подстилаемых на глубине 1,5-2 м слоистыми супесями и песками в сети молодых лесных

полос, достигших высоты 2-4 м. Участок, называемый «Свешников», представляет собой северо-восточный склон; верхняя часть его более крутая (3-3,5°), средняя и нижняя, имеющие в профиле прямую форму, падают полого (1,5-2°). Этот участок в течение многих лет использовался под бахчевой культурой, и почвы здесь значительно распылены.

Сток изучали также на поросшем раkitником участке песчаной целины, окаймленном со всех сторон лесом (заповедный участок в 12-м квартале), и в сосновом лесу посадки 1904 г. Рассмотрим полученные материалы по годам. Они представлены в табл. 31.

1959-60 г. Осенью 1959 г. стоковые площадки на участке «Свешников» были построены на двух полях: вышележащее по склону поле было вспахано под зябь в августе на глубину 23-25 см; почва здесь была сильно иссушена рожью. Нижележащее поле было занято бахчевой культурой (арбузы), поэтому подъем зяби произвели здесь в октябре; почва более влажная. Одна площадка была заложена на поле с черным паром (озимые не посеяли).

Осень была очень засушливая, зима относительно теплая. Снег во время оттепелей частично стаивал, почва увлажнялась. Сток проходил с 26 по 31 марта. Из табл. 31 видно, что сток с различной зяби был очень слабый, а с парового поля (равноценно озими) сильный (47 мм при коэффициенте стока 0,59). Смыв почвы на различных участках парового поля вне площадок при уклоне 1,5-2° достигал 34 м³/га (учтен по методу водоройн), что объясняется дополнительным поступлением талой воды с вышележащей части склона (залежь).

1960-61 г. Осадки осени составили 80 мм; зима была неустойчивой с многочисленными оттепелями; за холодный период выпало всего 110 мм осадков, но к началу весеннего снеготаяния влагозапасы в снеге составляли около 40-50 мм. Снеготаяние проходило в период с 14 по 20 марта. Сток с нормальной зяби составил в среднем 2,6 мм, с заборонованной в два следа 8,5 мм и с залежи 22,9 мм. С песчаной целины стока не было.

1961-62 г. После засушливой осени последовала зима с неустойчивой погодой, в виде дождя выпало 38 мм. Почва промерзла на глубину до 60-70 см, что создало условия для формирования небольшого стока. Интенсивное весеннее снеготаяние проходило в период с 5 по 9 марта. Из табл. 31 следует, что сток с нормальной зяби был незначительный, с заборонованной в два следа – несколько больше (5,8 и 7,8 мм). Со стерни суданки он составил 12,6 мм, с житняка (залежь) 25,8 мм.

Просачивание и сток талых вод на каштановых легко- и среднесуглинистых почвах (Камышинский опорный пункт)

Агротехнический фон	Запасы снеговой воды + осадки весны, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
<i>1960 г. Сумма осадков холодного периода 110 мм</i>				
Вспашка (в августе) на 23-25 см	87	85,7	1,3	0,015/0,012
То же + боронование в 2 следа	87	82,2	4,8	0,055/0,044
Вспашка (в октябре) на 25-27 м (4)	87	80,8	6,2	0,071/0,056
Пар черный (в 1959 г.)	80	33,0	47,0	0,589/0,427
Целина с кустарником (раkitник, почва песчаная)	152	152,0	0	0
<i>1961 г. Сумма осадков холодного периода 110 мм</i>				
Вспашка на 25-27 см (5)	46	43,4	2,6	0,052/0,024
То же + боронование в два следа	44	35,5	8,5	0,193/0,077
Житняк 7-го года (залежь)	50	27,1	22,9	0,458/0,208
<i>1962 г. Сумма осадков холодного периода 148 мм</i>				
Вспашка на 22-24 см (3)	37	35,3	3,7	0,100/0,025
То же + боронование в 2 следа	36	28,2	7,8	0,217/0,053
Вспашка на 26-28 см	37	35,8	1,2	0,032/0,008
То же + боронование в 2 следа	34	28,2	5,8	0,171/0,039
Стерня суданки	48	35,4	12,6	0,263/0,085
Житняк 8-го года	46	20,2	25,8	0,561/0,174
Целина с кустарником	57	57,0	0	0
<i>1963 г. Сумма осадков холодного периода 147 мм</i>				
Вспашка на 27-30 см (2)	89	89,0	0	0
То же + боронование в агрегате	84	75,7	8,3	0,099/0,056
Вспашка вдоль склона на 20-23 см	82	81,6	0,4	0,005/0,003
То же + боронование в агрегате	83	67,2	15,8	0,190/0,107
Вспашка вдоль склона на 12-15 см	90	62,5	27,5	0,306/0,187
То же, на 17-18 см	79	67,8	11,2	0,142/0,076
Житняк 9-го года	107	19,5	87,5	0,818/0,595
Целина с кустарником	121	42,0	79,0	0,653/0,537
<i>1964 г. Сумма осадков холодного периода 119 мм</i>				
Вспашка на 27-30 см	61	59,9	1,1	0,018/0,009
То же + боронование в 2 следа	73	66,6	6,4	0,088/0,054
То же	65	55,8	9,2	0,142/0,077
То же + боронование в 4 следа	58	34,8	23,2	0,404/0,195
Житняк 10-го года жизни	87	83,1	3,9	0,044/0,033
Целина с кустарником	122	122,0	0	0

В целом можно считать, что в 1962 г. сток был несколько сильнее, чем в предыдущие два года.

1962-63 г. Почва ушла в зиму в иссушенном состоянии, но в декабре во время оттепелей ее влажность увеличилась. 7-9 января стояла глубокая оттепель с дождями, поля в значительной степени обнажились от снега; с выгонов и залежей наблюдался сток (первый зимний паводок). После оттепели на выгонах и озимых образовалась ледяная корка, способствовавшая в дальнейшем формированию значительного стока. 18-20 февраля установилась оттепель с туманами и дождями, во время которой имел место второй зимний паводок. В марте было три периода с оттепелями, насчитывающими всего 8 дней; во все эти дни наблюдался сток. Глубина промерзания почвы в январе и феврале варьировала от 25-30 до 70 см. Завершающее снеготаяние проходило с 3 по 9 апреля. Из табл. 31 видно, что показатели стока с зяби были различными. При глубине вспашки 27-30 и 20-23 см стока практически не было; на мелкой пахоте сформировался значительный сток: 11,2 мм при глубине 17-18 см и 27,5 мм при глубине 12-15 см. Резкое повышение здесь стока связано не только с глубиной вспашки, но и с режимом снегоотложения и снеготаяния в зимний период. Сток с уплотненной пашни и выгонов был сильный и очень сильный.

1963-64 г. Почва к началу зимы хорошо увлажнилась на 35-40 см; 18 и 20 декабря были две оттепели с дождями, в дальнейшем зима была устойчивая, с сильными морозами. Глубина промерзания почвы на полях с зябью и житняком при мощности снежного покрова 30-37 см достигала 65-70 см, на поляне с кустарником (высота снега 47 см) 30 см. Весна 1964 г. была затяжная, прохладная. Сток с зяби при глубине вспашки 27-30 см отсутствовал или был незначительный, с заборонованной в два следа равнялся 6,4 мм и 9,2 мм, а в четыре следа – 23,2 мм (коэффициент стока 0,4). На залежи (житняк 10-го года жизни) в условиях 1964 г. сток был очень слабый – около 4 мм, а на песчаной целине его совсем не было. Большую роль в уменьшении и ликвидации стока с залежи и целины сыграло раннее формирование на них снежного покрова, обеспечившее свободное просачивание вглубь избыточной гравитационной воды. В 1965 г. сток с зяби полностью отсутствовал.

В табл. 32 приводятся средние показатели запасов снеговой воды и стока за период 1946-1952 и 1960-1964 гг. Для некоторых весен первого периода сток характеризуется приблизительно, на основании

визуальных наблюдений и анализа гидрометеорологических условий. Средняя величина стока с зяби за 1946-1952 гг. составляет 3,6 мм; три весны из семи были без стока, в три другие сток был очень слабый и в одну весну слабый. Средний за четыре года сток с уплотненной пашни, залежей и выгонов составил 28,3 мм при коэффициенте стока 0,439. Вёсны 1950-1952 гг. отличались меньшим половодьем по сравнению с предыдущими годами (исключая 1949 г.), поэтому указанная средняя величина стока для всего семилетнего периода была бы завышенной. Среднее отношение коэффициентов стока K_n/K_p равняется 9,3; оно несколько завышено, поскольку средний коэффициент стока с уплотненной пашни получен для более многоводных вёсен, а с зяблевой пахоты – для всего периода.

Таблица 32

Средние показатели стока на каштановых почвах (Камышин)

Год	Зябь			Уплотненная пашня и залежь		
	запасы снеговой воды, мм	сток, мм	коэффициент стока	запасы снеговой воды, мм	сток, мм	коэффициент стока
1946	-	7,0	0,120	60,0	32,0 ± 9,5	0,533
1947	77	2,5	0,032	79,0	38,5 ± 6,9	0,487
1948	50	13,0 ± 3,1	0,260	62,0	37,7 ± 4,0	0,608
1949	31	0	0	57,0	4,9 ± 1,4	0,086
1950	-	0	0	-	Слабый	
1951	-	До 3 мм	(До 0,05)	-	Умеренный	
1952	-	0	0	-	Слабый и умеренный	
Среднее		3,6	0,047	64,5	28,3	0,439
$K_n/K_p = 9,3$						
1960	90	3,7	0,041/0,034	80,0	47,0	0,589/0,427
1961	46	2,4 ± 0,9	0,052/0,022	50,0	22,9	0,458/0,208
1962	37	3,7 ± 1,0	0,100/0,025	47,0	19,2	0,407/0,130
1963	85	3,9 ± 3,7	0,046/0,027	107,0	87,5	0,818/0,595
1964	61	1,1	0,018/0,009	71,0	11,7	0,165/0,097
Среднее	64	3,0	0,047/0,024	71,0	37,7	0,531/0,298
$K_n/K_p = 11,3$						

В период 1960-1964 гг. наиболее многоводный был 1963 г., когда наблюдался самый сильный сток с залежи (в среднем 87,5 мм). Что касается зяблевой пахоты, то во все годы этого периода сток был очень слабый, за исключением участков с мелкой зяблевой пахотой.

Средняя за пять лет величина стока с зяби составила 3 мм, а с уплотненной пашни и залежи 37,7 мм. Отношение K_n/K_p равняется 11,3, т. е оно выше, чем для первого периода. Это объясняется, с одной стороны, увеличением глубины зяблевой пахоты, а с другой – большей водностью последнего периода.

Интересно и важно было бы восстановить картину весеннего стока за промежуточный семилетний период (1953-1959 гг.), когда систематических наблюдений не проводилось. Мы делаем попытку приблизительно охарактеризовать сток этого периода, на основании анализа гидрометеорологических условий и сопоставления показателей стока по Саратовской области и по району Волгограда (данные излагаются дальше). Такая характеристика его приводится в табл. 33.

Таблица 33

Сток на каштановых почвах за период 1953-1959 гг. (Камышин)

Год	Зябь	Уплотненная пашня и залежь
1953	0	Слабый и умеренный
1954	0	Слабый
1955	до 5	Умеренный
1956	до 12	Умеренный
1957	до 27	Сильный и очень сильный
1958	до 7	Слабый и умеренный
1959	0	Слабый и умеренный

В отношении 1953, 1954 и 1959 гг. можно с полной уверенностью сказать, что стока с зяби не было; в другие годы периода, исключая 1957 г., он был предположительно очень слабый и слабый. Сток с зяби в 1957 г. предположительно был слабый и умеренный (условно принимаем его равным 27 мм). Приведенные в табл. 33 значения стока с зяби заведомо несколько преувеличены. На уплотненной пашне и залежи сток в указанный период колеблется предположительно от слабого до сильного и очень сильного.

На рис. 11 приведены кривые обеспеченности стока на каштановых почвах правобережья Нижней Волги. На кривой 1 видно, что сток 20%-ной обеспеченности составляет около 7 мм, а 70%-ной обеспеченности около 1 мм. В 10-летнем периоде в среднем лишь две весны бывает со стоком 7 мм и больше; пять лет слой стока с зяби изменяется от 1 до 7 мм и три года он практически отсутствует. На уплотненной пашне и залежи сток 70%-ной обеспеченности превышает 22 мм,

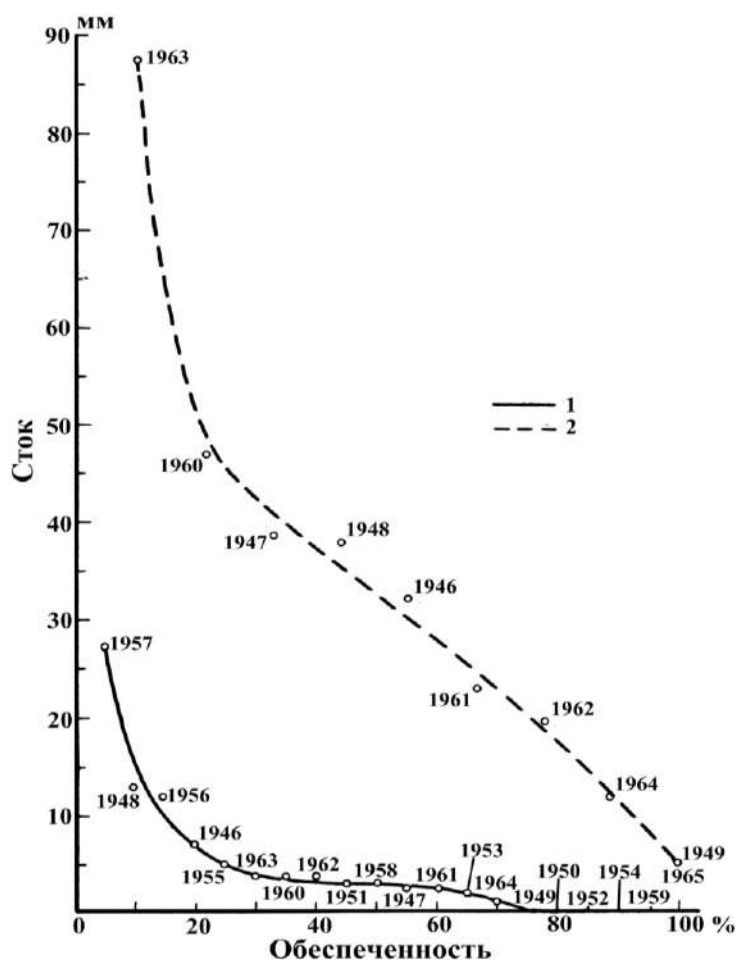


Рис. 11. Кривые обеспеченности стока на каштановых почвах (Камышинский опорный пункт ВНИАЛМИ):

сток: 1 – с зяби, 2 – с уплотненной пашни

табл. 34. Из этой таблицы следует, что за указанный период наиболее многоводные вёсны были в 1953 г. и особенно в 1956 г. Авторы считают, что в 1956 г. было выдающееся весеннее половодье на притоках Нижнего Дона с повторяемостью приблизительно 1 раз в 100 лет. В 1951 г. весеннее половодье было умеренным, в 1952 и 1957 гг. слабое, а в остальные вёсны сток был очень слабый или практически отсутствовал.

А. И. Чеботарев и С. И. Харченко пришли к выводу, что в многоводные годы (коэффициент стока более 0,8-0,9) и в маловодные годы (коэффициент стока менее 0,2) сток с зяби практически не уменьшается по сравнению с нераспаханными водосборами или водосборами, занятыми озимыми и многолетними травами: «для средних по условиям формирования стока и водности лет ($\varphi = 0,4 \div 0,7$) уменьше-

20%-ной обеспеченности он больше 50 мм. Лишь в трех годах из 10 слой стока колеблется от 5 до 22 мм.

Сток талых вод на каштановых почвах левобережья Нижнего Дона.

Для характеристики стока на каштановых почвах юга (восточная часть Ростовской области) воспользуемся данными Дубовской научно-исследовательской гидрологической лаборатории (ДНИГЛ), расположенной в Сальских степях, и Государственного гидрологического института (ГГИ). Данные ДНИГЛ по стоку с водосборов лощин и суходолов за 1949-1958 гг., обобщенные А. И. Чеботаревым и С. И. Харченко [174], представлены в

ние стока составляет 25-90% от стока с водосборов, не распаханых под зябь» [174, с. 38]. Опираясь на исследования стока в других пунктах степной зоны, согласно которым коэффициент стока с уплотненной пашни в маловодные и средние по водности годы в 3-4 раза и более превышает коэффициент с зяби, можно утверждать, учитывая данные табл. 34, что в этот период 8 вёсен характеризовались очень слабым стоком с зяби или практически отсутствием его, а в 1953 и 1956 гг. сток был умеренный и сильный.

Таблица 34

Сток с водосборов по наблюдениям ДНИГЛ [174]

Год	Запасы воды в снеге + осадки весны, мм	Просочилось в почву, мм	Средний по всем водосборам слой стока полуводья, мм	Коэффициент стока	Дефицит влажности метрового слоя почвы, % объема	Глубина промерзания почвы, см	Максимальный модуль весеннего стока, л/с с 1 км ²
1949	17	13,4	3,6	0,21	27	55	43,0
1950	88	87,8	0,2	0,0	36	0	0,9
1951	3 ± 40 = 43	18,0	25,0	0,58	24	55	552,0
1952	101 ± 24 = 125	106,0	19,0	0,15	26	65	209,0
1953	90 ± 7 = 97	32,0	65,0	0,67	17	105	1150,0
1954	61 ± 35 = 96	93,3	2,7	0,03	32	120	13,7
1955	20 ± 53 = 73	72,4	0,6	0,01	24	20	1,7
1956	64 ± 8 = 72	7,0	65,0	0,90	11	110	1460,0
1957	29 ± 13 = 42	31,0	11,0	0,26	18	80	245,0
1958	30 ± 43 = 73	68,0	5,0	0,07	16	30	135,0
Среднее	50 ± 22 = 72	53,3	19,7	0,28	23	64	381,0

Сток талых вод на светло-каштановых почвах правобережья Нижней Волги (район Волгограда)

Сток талых вод изучали на Волгоградской агролесомелиоративной и садововиноградной опытной станции (АГЛИСВОС) ВНИАЛМИ, а после переезда ВНИАЛМИ в Волгоград в опытном хозяйстве института. Земли хозяйства раскинулись на возвышенной территории Волго-Донского междуречья и на восточном склоне к волжской долине, а также частично на Хвалынской террасе. В пределах землепользования этот склон расчленен тремя суходолами: Горная поляна, Пахотина и Купоросный (последний имеет постоянный ручей); поэтому земли здесь представлены преимущественно восточными, южными и северными склонами.

Согласно исследованиям [99, 182], геологическое строение местности представляется в следующем виде. На отложениях палеогеновой системы с преимущественным развитием глинистых песков и песчаников (Царицинский ярус эоцена), а также глинистых мергелей и песчаных глин (Киевский ярус эоцена) залегают морские так называемые мелеттовые засоленные глины серовато-синего или голубоватого цвета (харьковский, по Архангельскому, или майкопский, по Милановскому, ярус олигоцена); их мощность колеблется от 1-2 до 10-30 м. Эти глины на склонах местами выходят к дневной поверхности и являются почвообразующими породами, обуславливая вследствие своей засоленности развитие почв солонцово-солончакового комплекса. Мелеттовые глины покрываются ергенинскими песками различной мощности (до 25 м), относящимися к неогеновой системе (миоцен). Занимая возвышенные приводораздельные участки территории со слабо развитым элювием-делювием, эти пески в прошлом подвергались развеванию, в результате в некоторых местах образовались песчаные арены. Вследствие большого разнообразия по литологическому составу напластований геологических пород литологический состав делювиальных отложений на склонах также отличается значительной пестротой: суглинистые и тяжело-суглинистые прослои чередуются с супесчаными и песчаными.

Все это наложило отпечаток и на характер почвенного покрова. Поэтому в опытном хозяйстве ВНИАЛМИ велико разнообразие светло-каштановых почв: по засоленности и солонцеватости, по механическому составу и степени эродированности, по содержанию гумуса и по другим показателям. Пахотный горизонт на части площади опесчанен вследствие наноса и навевания песка с вышележащей площади, подвергшейся частичному развеванию. По механическому составу почвы участка варьируют от песчаных до среднесуглинистых как пространственно, так и по профилю в глубину. Содержание гумуса изменяется от 0,5-0,8% на песчаных и супесчаных разностях до 1,2-1,4% на эродированных легко и среднесуглинистых.

Почвенные разности характеризуются также большой плотностью: объемный вес их в слое 0-50 см составляет в среднем около 1,51-1,63, в слое 0-100 см – 1,54-1,65 и в 1,5-метровой толще около 1,58-1,67 г/см³. Наименьшая влагоемкость (НВ), также недоступная или мало доступная влага (влажность завядания, ВЗ), которая определена в соответствии с рекомендацией А. А. Роде [121] взятием образцов на влажность непосредственно после уборки урожая в зависимости от механического состава и сочетания песчаных и суглинистых прослоек по глубине и пространственно колеблется в широких пределах (табл. 35).

Значения наименьшей влагоемкости и малодоступной влаги в полях почвозащитного севооборота опытного хозяйства ВНИАЛМИ (Волгоград)

Номер поля	Местоположение	Категория влаги	Толщина слоя, см			
			0-50	0-100	0-150	0-200
I	<i>Вышележащая по склону часть поля</i>					
	точка 1	НВ	80	147	263	487
		ВЗ	14	41	62	-
	точка 2	НВ	85	177	281	383
		ВЗ	23	62	127	-
	точка 3	ВН	55	146	226	349
	<i>Нижележащая по склону часть поля</i>					
	точка 1	НВ	105	205	304	454
		ВЗ	30	60	132	-
	точка 2	НВ	111	210	385	579
ВЗ		29	69	191	-	
<i>Середина поля</i>						
II	точка 1	НВ	126	260	390	493
	точка 2	НВ	97	202	312	-

Как видно из табл. 35, наименьшая влагоемкость в смежных точках значительно варьирует от слоя к слою, то увеличиваясь, то уменьшаясь; для верхнего 0,5-метрового слоя наибольшая разница достигает 30 мм, для метрового 21-58 мм, для 1,5-метрового 78-81 мм и для 2-метрового 104-138 мм. Если определить эту константу в большем количестве точек, то пределы вариации значительно расширятся. С другой стороны, содержание в почве малодоступной влаги (ВЗ) колеблется в меньших пределах, что свидетельствует о различной емкости запасов продуктивной влаги в смежных точках. Это значит, что просочившаяся в почву талая вода в одних пунктах сосредоточивается в слое меньшей, а в других – в слое большей толщины, и большая глубина промачивания почвы еще не означает, что в нее просочилось больше талой воды. Все это затрудняет, а порою делает невозможным точное определение запасов просочившейся в почву воды.

Стоковые площадки закладывали в полях севопольного почвозащитного севооборота, организованного под руководством С. И. Сильвестрова в 1948 г. Поля площадью 5-6 га окаймлены лесными полосами, посаженными в 1948 г. и частично в 1953 г. Ширина лесных полос 10-30 м, расстояния между ними (ширина разных полей) 50, 90-100 и 200-220 м (рис. 12) Схема ротации севооборота начиная с 1961 г. была

принята в следующем виде: I поле – пар, II поле – озимые, III-V поля – многолетние травы, VI и VII – яровые зерновые.

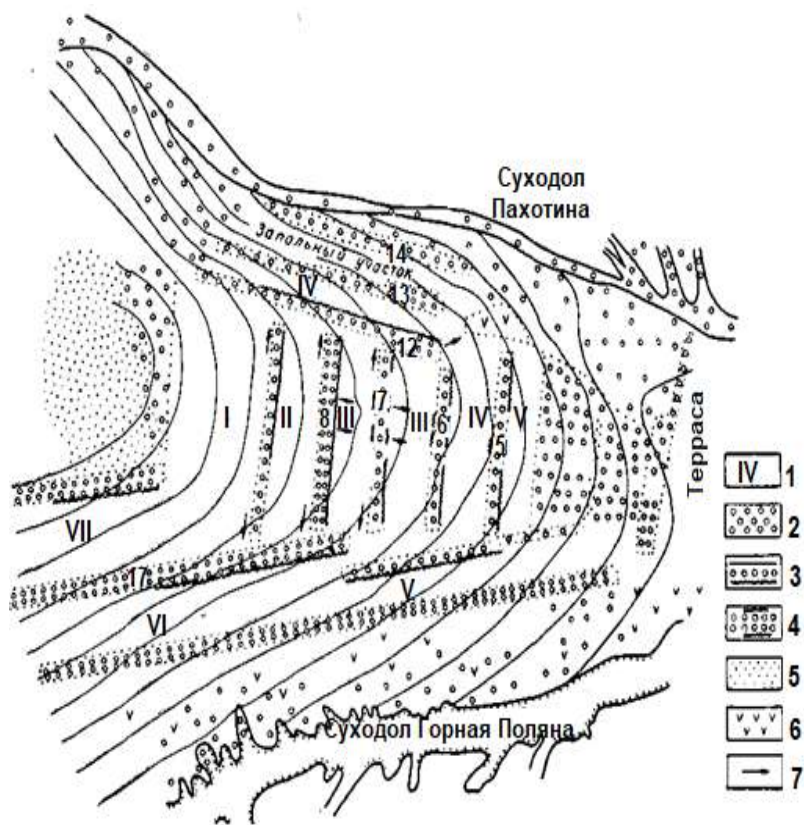


Рис. 12. Размещение защитных лесонасаждений и полей почвозащитного севооборота на эродированном участке Волгоградского опытного хозяйства ВНИАЛМИ (1 – поля севооборота, 2 – площадь, покрытая лесом, садом, лесные полосы, 3 – лесная полоса, обвалованная по нижнему краю, 4 – валы в ложбине по верхней и нижней опушкам полосы, 5 – заросшие пески, 6 – площадь, покрытая естественной травянистой растительностью или посевами трав, 7 – направление стока. Цифры внутри лесных полос – их номера)

Рассмотрим гидрометеорологические условия и имеющиеся данные по стоку талых вод за 10-летний период (1950-1959 гг.). В 1950-1955 гг. наблюдения над стоком проводил Ю. Н. Коблев [66]. За 1956 и 1957 гг. имеются лишь данные визуальных наблюдений; кроме того, о характере стока за эти годы можно судить на основании анализа условий погоды. В период 1958-1959 гг. сток изучал под руководством автора Г. С. Бобров.

О гидрометеорологических условиях указанного периода дают представление данные табл. 36. Согласно 10-летним данным метеостанций г. Волжского и Волгоград-СХИ и 5-летним данным метеостанции ВНИАЛМИ, осадки холодного периода (ноябрь-март) составляют в среднем 30-35% их годовой суммы (около 95-126 мм из 318 мм). За 1949-1959 гг. в виде снега в среднем выпало около 71,5% осадков холодного периода, а с учетом последующих лет (до 1964 г.) – около 66%; остальное приходится на жидкие осадки. Эта величина по годам колеблется в широких пределах – от 43,5 до 99,1 %.

**Распределение осадков осени и холодного периода
по данным метеостанций "Волгограда и ВНИАЛМИ**

Годы	Сентябрь, мм	Октябрь, мм	Количество осадков холодного периода						
			по месяцам, мм					за весь период	
			ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	мм	%
1949-50	7,0	14,3	<u>13,9</u> 0	<u>2,5</u> 1,4	<u>0</u> 18,9	<u>0</u> 18,4	<u>0,4</u> 14,4	<u>16,8</u> 53,1	<u>24,0</u> 76,0
1950-51	19,7	54,1	<u>10,0</u> 8,8	<u>0</u> 12,6	<u>0</u> 16,4	<u>0</u> 13,2	<u>24,0</u> 9,1	<u>34,0</u> 60,1	<u>36,2</u> 63,8
1951-52	16,3	14,4	<u>38,6</u> 0	<u>6,9</u> 0	<u>0</u> 20,6	<u>0</u> 21,1	<u>18,4</u> 48,4	<u>63,9</u> 90,1	<u>41,6</u> 58,4
1952-53	19,3	36,0	<u>0,3</u> 1,7	<u>0</u> 53,0	<u>0</u> 25,5	<u>0</u> 50,5	<u>0</u> 30,9	<u>0,3</u> 16,6	<u>0,2</u> 59,8
1953-54	17,2	7,1	<u>0</u> 13,2	<u>0,7</u> 14,5	<u>0</u> 18,5	<u>0</u> 0,7	<u>0,9</u> 3,7	<u>1,6</u> 50,6	<u>3,0</u> 97,0
1954-55	18,2	65,9	<u>0,9</u> 0	<u>4,4</u> 21,1	<u>7,1</u> 20,2	<u>21,4</u> 14,4	<u>5,5</u> 1,6	<u>39,3</u> 57,3	<u>40,7</u> 59,3
1955-56	19,7	28,2	<u>39,4</u> 0	<u>2,0</u> 22,4	<u>25,7</u> 57,5	<u>0</u> 16,9	<u>0</u> 9,5	<u>67,1</u> 106,3	<u>38,7</u> 61,3
1956-57	37,5	34,7	<u>27,0</u> 26,1	<u>15,3</u> 2,4	<u>0</u> 13,0	<u>10,5</u> 6,8	<u>8,7</u> 10,3	<u>61,5</u> 58,6	<u>51,2</u> 48,8
1957-58	19,9	43,1	<u>11,0</u> 17,0	<u>11,0</u> 34,2	<u>13,0</u> 18,9	<u>26,9</u> 8,2	<u>10</u> 36,0	<u>71,9</u> 114,3	<u>38,7</u> 61,3
1958-59	8,3	6,8	<u>6,7</u> 0	<u>1,9</u> 45,4	<u>0</u> 24,8	<u>0</u> 10,9	<u>0,9</u> 2,2	<u>9,5</u> 83,3	<u>10,3</u> 89,7
1959-60	42,5	27,5	<u>0</u> 6,4	<u>4,7</u> 20,3	<u>37,7</u> 10,6	<u>21,6</u> 14,4	<u>0</u> 0,4	<u>64,0</u> 52,1	<u>51,5</u> 48,5
1960-61	28,7	27,6	<u>10,9</u> 10,6	<u>7,3</u> 9,1	<u>0</u> 23,4	<u>0</u> 4,4	<u>23,8</u> 20,9	<u>42,0</u> 68,4	<u>38,0</u> 62,0
1961-62	16,7	6,2	<u>55,1</u> 25,5	<u>12,3</u> 31,0	<u>9,0</u> 13,4	<u>0</u> 41,0	<u>15,5</u> 0	<u>91,9</u> 110,9	<u>45,3</u> 54,7
1962-63	15,6	23,5	<u>14,4</u> 0	<u>22,8</u> 8,6	<u>42,0</u> 31,8	<u>4,3</u> 3,8	<u>7,2</u> 25,6	<u>90,8</u> 69,8	<u>56,5</u> 43,5
1963-64	2,8	41,9	<u>24,3</u> 3,7	<u>14,0</u> 36,9	<u>0</u> 12,9	<u>6,0</u> 28,3	<u>0,6</u> 0,5	<u>44,9</u> 82,3	<u>35,3</u> 64,7
Средние	19,3	28,8	<u>16,8</u> 7,5	<u>7,1</u> 20,9	<u>9,0</u> 21,8	<u>6,0</u> 16,9	<u>7,7</u> 14,2	<u>46,6</u> 81,5	<u>34,1</u> 65,9

На основании данных табл. 36 и анализа среднедекадных данных о температуре воздуха можно полагать, что в вёсны 1950, 1953, 1954 и 1959 гг., когда в предшествующие зимние месяцы почти не

выпадало или было мало жидких осадков и зимы были холодные и умеренно холодные, стока талых вод с зяби совсем не было. Это подтверждается и прямыми наблюдениями над стоком, результаты которых изложены в табл. 37 и 38.

Таблица 37

**Показатели стока талых вод на светло-каштановых
легкосуглинистых почвах в 1950-1955 гг.**

Год	Агротехнический фон	Крутизна склона, град.	Влагозапасы в снеге + осадки весны, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
1950	Зяблевая вспашка	5-7	35	0	0
1951	Люцерна 2-го года	3-4	45	12,0	0,267/0,171
	Вспашка поперек склона	2,5	31	21,7	0,700/0,236
1952	То же	3	101	4,2	0,041/0,027
1953	То же	3,5	28	0	0
1954	То же	3	36	0	0
1955	Стока с зяби не было				

Таблица 38

Показатели стока талых вод на светло-каштановых почвах в 1957-1959 гг.

Показатели	Крутизна склона, град.	Зябрь			Многолетние травы		
		30/ХП, 1957 г.	8/П, 1958 г.	всего за сезон	14 и 30/ХП, 1957 г.	8/П, 1958 г.	всего за сезон
Запасы воды в снеге, мм	5 и 8	24 + 11	12,00	47,00	22 + 8	10,00	40,00
Сток, мм	5	2,80	4,20	7,00	14,80	7,50	22,80
	8	3,30	5,10	8,40	19,00	8,40	27,40
Коэффициент стока	5	0,25	0,35	0,15	0,49	0,75	0,57
	8	0,30	0,42	0,18	0,63	0,80	0,68
<i>1959 г.</i>							
Запасы воды в снеге, мм	5			93,00			92,00
	8			93,00			101,00
Сток, мм	5			0			46,00
	8			0			55,60
Коэффициент стока	5			0			0,50
	8			0			0,55

Обратимся к данным Г. С. Боброва за 1957-58 и 1959 гг. (см. табл. 38). Опыты проводились на северном склоне, имеющем; крутизну в разных местах 5 и 8°. На участке крутизной 5° залегает светло-

каштановая легкосуглинистая среднесмытая: почва, а на участке крутизной 8° – сильносмытая. В 1957-58 г. наблюдалось три зимних паводка – два в декабре и один в феврале. Они были вызваны резким потеплением и дождями и сопровождались почти полным сходом снега. Первый паводок (14 декабря 1957 г.) был слабый, стока с зяби в это время не было; он наблюдался лишь с многолетних трав – 10,1 и 13,5 мм. Во время второй оттепели с дождями (30 декабря 1957 г.) уже наблюдался сток с зяби, причем он мало отличался от стока с многолетних трав. Во время третьего тура интенсивного снеготаяния, сопровождавшегося дождями (8 февраля 1958 г.), также был сток с зяби и многолетних трав. В дальнейшем стояла относительно теплая погода, почва промерзла слабо к выпадавшие осадки просачивались в почву, не образуя стока. Суммарные величины стока с зяби составили 7 и 8,4 мм, а с многолетних трав 22,8 и 27,4 мм. Следует подчеркнуть, что они получены на средне- и сильносмытой почве при значительной крутизне склона на менее смытых почвах сток с зяби должен быть меньше.

В 1959 г. стока с зяби совсем не было, а на многолетних травах он был сильный.

Обратимся к материалам за следующий период. В 1962-1963 гг. в экспериментальной работе принимали участие М. Е. Лобачева, В. И. Бреус и М. В. Беганская, в 1964-1968 гг. работу выполнял под руководством и при участии автора А.Т. Барабанов, а в 1969-1970 гг. В. П. Борец. Исследование стока и процессов эрозии проводилось на полях того же почвозащитного севооборота. При изучении специальных приемов водозадержания гребнистая вспашка производилась тракторным плугом с увеличенным отвалом на одном из его корпусов, поделка лунок на зяби осуществлялась микролиманоделателем отдела механизации ВНИАЛМИ (А. В. Селезнев, М. С. Горовой), а в самое последнее время ЛОД-10; щелевание выполнялось при помощи навесного культиватора КЗУ-0,3В с узкорыхлящими лапами. Боронование зяби проводилось после выпадения дождей в два следа. Размеры стоковых площадок 0,16-0,20 га, а на V и VII полях 0,12 га.

В целях удобства вначале сделаем обзор материалов за период 1960-1962 гг. (табл. 39), затем в отдельности за 1963 г., отличавшийся исключительной сложностью погодных условий и многоводностью, и за другие годы.

1959-60 г. Осенью 1959 г. стоковые площадки были заложены на V и VI полях почвозащитного севооборота, расположенных на южном

склоне; почва светло-каштановая легкосуглинистая средне- и сильноосмытая на среднем лёссовидном суглинке. V поле вышло из-под ячменя, VI – из-под суданской травы. Почва ушла в зиму в умеренно влажном состоянии (сумма осадков осени 70 мм против нормы 84 мм). Зима установилась в начале ноября, а в январе и феврале насчитывалось пять длительных оттепелей, когда равномерно выпадали дожди (64 мм); вода просачивалась в почву. В первой декаде февраля сформировался снежный покров, почва промерзла на 30-35 см. Во время глубокой оттепели с дождями 14-19 февраля наблюдался значительный паводок. Остатки снега постепенно растаяли к середине марта, и талая вода почти полностью впиталась в почву на всех сельскохозяйственных угодьях. В февральскую оттепель наблюдался сток с озимых, с участков многолетних трав и с выгонов; с нормальной зяби стока не было, а с заборонованной он составил 4,1 и 9,4 мм.

Таблица 39

**Просачивание и сток талых вод на светло-каштановых почвах
Волгоградского опытного хозяйства ВНИАЛМИ**

Агротехнический фон	Крутизна склона, град.	Запасы снеговой воды + осадки весны, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
<i>1960 г. Сумма осадков холодного периода 116 мм</i>					
Зяблевая вспашка на 25-27 см	7,5	39	39,0	0	0
То же + боронование	7,5	38	33,9	4,1	0,108/0,035
Вспашка на 20-25 см	6,0	35	35,0	0	0
То же + боронование	6,0	35	25,6	9,4	0,269/0,081
<i>1961 г. Сумма осадков холодного периода 100 мм</i>					
Вспашка на 25-27 см (3)	7,5	21	20,9	0,1	0,005/0,001
То же + боронование	7,5	21	18,6	2,4	0,114/0,024
Травы 2-го года	6,3	18	4,9	13,1	0,728/0,131
<i>1962 г. Сумма осадков холодного периода 190 мм</i>					
Вспашка на 20-22 см и 27-30 см (3)	3,3	74	72,7	1,3	0,018/0,007
Двойная вспашка на 27-30 см	3,3	74	70,1	3,9	0,053/0,022
Зябь на 27-30 см + боронование	3,5	70	52,2	17,8	0,255/0,094
Травосмесь 3-го года (почва супесчаная и легкосуглинистая)	6,3	83	61,1	21,9	0,264/0,115
То же (почва песчаная)	4,0	78	42,2	35,8	0,459/0,188
Озимая рожь	6,0	73	34,3	38,7	0,532/0,204

1960-61 г. Опыты проводились на VI (зябь) и VII (люцерно-житняковая травосмесь) полях почвозащитного севооборота. VII поле

расположено также на южном склоне; в верхней его половине почва песчаная, подстилаемая слоистым песком с суглинистыми прослойками, в нижней части – супесчаная и частично легкосуглинистая среднесмытая. Зима 1960-61 г. была еще более теплая и неустойчивая, чем в предыдущем году. Выпадавший снег стаивал во время частых оттепелей, почва многократно замерзала на глубину до 10-20 см и вновь оттаивала. Лишь в период с 6 по 11 марта сформировался сплошной снежный покров. Но уже 12 марта началось интенсивное снеготаяние, и поля в этот же день обнажились от снега. Из табл. 39 следует, что при глубине вспашки 25-27 см, независимо от ее направления, стока с зяби практически не было; по заборонованной зяби сток равнялся 2,4 мм, а с многолетних трав 13,1 мм.

1961-62 г. Опыт проводился на III (зяблевая пахота), V (озимые) и VII полях почвозащитного севооборота. III поле находится на восточном склоне, почва здесь светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднесмытая. Поздняя осень была влажная, зима неустойчивая со слабыми морозами, преимущественно пасмурная с частыми оттепелями (26 дней с оттепелью). Дождевая и талая вода просачивалась в почву. Устойчивый снежный покров сформировался лишь в феврале. Глубина промерзания почвы при высоте снежного покрова 10-12 см достигала 65-80 см, а при высоте 20-25 см почва была практически талая. Это определило различную величину стока с разных угодий и элементов рельефа. В лесных полосах и приопушечной зоне со снежными шлейфами, а также в ложбинах снеговая вода просочилась в почву. Во время сильной оттепели 13-16 февраля имел место небольшой сток с озимых и многолетних трав. Весеннее снеготаяние началось 2 марта, а сток наблюдался с 3 по 6 марта. В это время в виде дождя выпало 8 мм осадков.

Как видно из табл. 39, и весной 1962 г. сток с зяби на среднесуглинистой почве практически отсутствовал или был очень слабым. На заборонованной в два следа зяби он оказался намного больше (17,8 мм). При сравнении показателей стока с заборонованной зяби за три последних года видно, что в 1962 г. он был наибольший, что указывает на большую водность этого года. Повышенный сток с такой зяби объясняется главным образом уплотненностью верхнего 7-8-сантиметрового слоя почвы, уменьшением его скважности и сокращением инфильтрационной способности почвы в мерзлом состоянии. Аналогичный эффект дает перепашка зяби (в связи с более плотной упаковкой почвен-

ных агрегатов), что также приводит к некоторому увеличению стока, хотя и в меньшей степени, чем боронование в два следа.

В 1962 г. отчетливо выявилось влияние механического состава почвы на величину стока с зяби. Детальными визуальными наблюдениями установлено, что на I поле, которое до этого находилось под многолетними травами и осенью 1961 г. было вспахано на 25-27 см (пласт), на участках с песчаной и супесчаной почвой имел место значительный сток, в то время как на части этого же поля с суглинистой почвой при больших уклонах стока не было. Его не было также и на других полях со светло-каштановыми суглинками, где проводилась более глубокая пахота, о чем сказано выше.

Показатели стока с разных участков многолетних трав весной 1962 г. были различные: в верхней половине VII поля с песчаной почвой 35,8 мм, в нижней его половине, где почва супесчаная, 21,9 мм. Однако в последнем случае уменьшение стока объясняется наличием в нижней части этой площадки снежного шлейфа от лесополосы, защитившего почву от промерзания и тем способствовавшего хорошему просачиванию здесь талой воды. Сток с озими был несколько больше, чем с многолетних трав.

1962-63 г. В подзоне светло-каштановых почв 1963 год был выдающимся по размерам половодья. Опыты проводились на I и VII полях. Почвенный покров на I поле сильно варьирует по механическому составу; в верхней половине поля (на восточном склоне) залегает преимущественно песчаная и супесчаная почва, местами подстилаемая на глубине 35-50 см суглинистыми прослойками; в нижней его половине почва супесчаная и легкосуглинистая, подстилаемая на разной глубине средним суглинком. На южном отрезке склона, входящем в I поле, почва среднесуглинистая солонцеватая.

Почва ушла в зиму слабо увлажненной, но в период оттепелей с дождями 16-19 и 28-29 декабря и 1 января 1963 г. она дополнительно увлажнилась и затем замерзла на глубину 25-30 см. В период 7-10 января стояла глубокая оттепель (четвертая) с сильными дождями и туманами: сумма осадков за эти дни составила 42 мм. Снежный покров в это время полностью сошел с полей, на озимых, многолетних травах и на выгонах осталась тонкая ледяная корка на площади около 30-40%. 7-9 января наблюдался довольно сильный паводок, и были случаи прорыва плотин прудов и дамб водосбросов. В дальнейшем холодная погода с умеренными и сильными морозами еще неоднократно

но прерывалась оттепелями: 17-23 февраля; 8-9, 14-15 и 27-30 марта; всего за зиму насчитывалось 25 дней с оттепелью. Все эти оттепели сопровождалась паводками. Завершающее весеннее снеготаяние проходило со 2 по 5 апреля это был шестой паводок.

Почва в течение первого периода зимы несколько раз замерзала и частично или почти полностью оттаивала. В дальнейшем, будучи сильно влажной, она промерзла на глубину 47-53 см и во время оттепелей слабо оттаивала лишь сверху, поэтому паводки проходили преимущественно по мерзлой почве.

Условия проведения опытов и результаты наблюдений изложены в табл. 40 и 41. В период оттепели 7-10 января стока с обычной зяби не было. Как установлено приблизительно, на заборонованной зяби и там, где после боронования провели бороздование, лункование и щелевание, его величина составляла на песчаной и супесчаной почве около 15-18 мм, а на суглинистой – около 10 мм. На многолетних травах сток равнялся примерно 22 мм и на травах со щелеванием примерно 7 мм. В первом случае образовавшаяся к концу оттепели ледяная корка занимала около 30-40% площади, во втором – около 20%, однако щели заполнились льдом, что сказалось на их дальнейшей работе. Меньшее распространение ледяной корки на щелеванных участках объясняется тем, что талая вода перехватывается щелями и в меньшем объеме замерзает на поверхности почвы; вследствие этого водопроницаемость почвы здесь сохраняется на более высоком уровне.

Данные за период оттепели 17-23 февраля (а также 15-16 марта) показаны в графах 3 и 4 табл. 40. Они представляют большой интерес с точки зрения выявления эффективности различных приемов зяблевой обработки, так как при повторении паводков влияние разных агрофонов сглаживается и различия между ними как бы стираются. В верхнем ярусе поля сток был значительно меньше, чем в нижнем, где на стоковые площадки накладывался шлейф от лесной полосы. Направление вспашки не оказало существенного влияния на величину стока. При глубине вспашки 20-23 см сток увеличился по сравнению с глубокой пахотой в верхнем ярусе на 4,9 мм, в нижнем на 10,1 мм. На площадках с лункованием и прерывистым бороздованием (13 и 12) показатели стока мало отличались от показателей на контроле (площадка 14). На суглинистой почве сток был меньше, чем на песчаной и супесчаной разностях.

По заборонованной зяби с щелеванием коэффициент стока также ниже, чем в аналогичном варианте на почве с легким механическим

Таблица 40

Просачивание и сток на светло-каштановых почвах в зимне-весенний период 1963 г.

Номер плошадки	Агротехнический фон	Оттепели 17-23/II и 8-15/III						Снеготаяние 27/III-6/IV				Суммарные показатели				Всего просочилось в почву, мм
		сток, мм	коэффициент стока	4	5	6	коэффициент стока	сток, мм	коэффициент стока	7	8	9	10	11		
															3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>I поле. Восточный склон, верхний ярус, крутизна 3,5-3,8°. Почва песчаная и супесчаная</i>																
6	Вспашка поперек склона на 27-30 см	9,0	0,28	21,8	0,53	78/156	47,2	30,8	0,39/0,20	125,2						
9	Вспашка вдоль склона на 27-30 см	11,1	0,38	24,1	0,56	78/156	42,8	35,2	0,45/0,23	120,8						
8	Вспашка вдоль склона на 20-23 см	16,0	0,45	28,1	0,65	82/160	37,9	44,1	0,54/0,28	115,9						
5	Вспашка поперек склона на 27-30 см + боронование в два следа	17,3	0,50	21,7	0,52	81/159	42,0	39,0	0,48/0,25	105,0						
4	То же	16,9	0,40	18,2	0,43	87/165	51,9	35,1	0,40/0,21	114,9						
3	То же + снегозадержание (хворостом)	17,8	0,53	24,2	0,59	80/158	38,0	42,0	0,53/0,27	101,0						
		28,1	0,52	27,4	0,54	104/182	48,5	55,5	0,53/0,30	111,5						
<i>Нижний ярус, крутизна 3,5-4°. Почва супесчаная и частично легкоуглинистая</i>																
15	Вспашка поперек склона на 27-30 см	20,7	0,43	24,2	0,58	94/172	49,1	44,9	0,48/0,26	127,1						
18	Вспашка вдоль склона на 27-30 см	15,9	0,47	22,3	0,53	80/158	41,8	38,2	0,48/0,24	119,8						

Продолжение табл. 40

1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	11
16	Двойная вспашка на 27-30 см (вдоль, затем поперек склона)	21,4	0,51	23,3	0,58	85/163	40,3	44,7	0,53/0,27	118,3
17	Вспашка вдоль склона на 20-23 см	26,8	0,74	26,3	0,61	84/162	30,9	53,1	0,63/0,33	108,9
14	Заборонованная зябь, вспашка на 27-30 см	25,8	0,54	25,5	0,61	94/172	42,7	51,3	0,55/0,30	102,7
13	То же + лункование	25,2	0,53	22,6	0,50	92/170	44,2	47,8	0,52/0,28	107,2
12	То же + бороздование через 3,5-4 м	26,7	0,51	23,0	0,50	100/178	50,3	49,7	0,50/0,28	113,3
1	То же, часть взрыхлена плоскорезом	21,3	0,53	21,9	0,52	86/164	42,8	43,2	0,50/0,26	105,8
11	Заборонованная зябь + щелевание на 40 см с расстоянием 0,8 м	18,8	0,49	24,0	0,57	83/161	40,2	42,8	0,50/0,27	103,2
<i>Южный склон, крутизна 6°. Почва суглинистая</i>										
10	Заборонованная зябь + щелевание (3,5°)	20,9	0,40	14,7	0,36	95/173	59,4	35,6	0,37/0,21	127,4
19	Двойная вспашка (почва солонцеватая)	19,1	0,35	17,8	0,36	103/181	66,1	36,9	0,36/0,20	144,1
20	То же, почва слабосолонцеватая	12,4	0,25	16,3	0,36	100/178	71,3	28,7	0,29/0,16	149,3
<i>VII поле. Южный склон, крутизна 4,1-4,4°. Почва песчаная</i>										
25	Травы 4-го года	28,3	0,65	25,5	0,58	86/165	32,2	53,8	0,63/0,46	89,2
26	То же	26,6	0,67	20,4	0,46	85/164	38,0	47,0	0,55/0,42	95,0
<i>Южный склон, крутизна 6,3°. Почва супесчаная</i>										
23	То же (контроль)	27,7	0,57	32,0	0,62	91/169	31,3	59,7	0,66/0,48	87,3
24	То же + щелевание с расстоянием 0,8 м	15,5	0,39	32,9	0,63	89/167	40,6	48,4	0,54/0,33	111,6

Примечание. В графе 7 знаменатель – сумма осадков холодного периода с учетом переотложения снега.

Осредненные показатели стока на светло-каштановых почвах за 1963 г.

Почвенная разность	Влагозапасы в снеге + осадки, мм	Суммарный сток, мм		Коэффициент стока
		в январскую оттепель	за период 17/11-6/1V	
<i>Зяблевая пахота поперек склона на 27-30 см</i>				
Песчаная и супесчаная	78	0	30,8	0,394/0,197
Супесчаная и легкосуглинистая	94	0	44,9	0,477/0,261
Среднее	86	0	37,9	0,441/0,231
<i>Пахота вдоль склона на 27-30 см</i>				
Песчаная и супесчаная	78	0	35,2	0,451/0,226
Супесчаная и легкосуглинистая	80	0	38,2	0,477/0,242
Среднее	79	0	36,7	0,465/0,234
<i>Пахота вдоль склона на 20-23 см</i>				
Песчаная и супесчаная	82	0	44,1	0,537/0,276
Супесчаная и легкосуглинистая	84	0	53,1	0,632/0,328
Среднее	83	0	48,6	0,586/0,302
<i>Заборонованная зябь (глубина вспашки 27-30 см)</i>				
Песчаная и супесчаная	88	15,0	42,9	0,488/0,349
Супесчаная и легкосуглинистая	94	18,0	51,3	0,546/0,402
С поделкой микрорельефа и щелеванием	92	15,0	46,8	0,509/0,363
Средневзвешенные показатели	90	15,7	45,5	0,506/0,366
Суглинистая (с щелеванием)	95	10,0	35,6	0,374/0,263
<i>Зябь двойная вспашка</i>				
Суглинистая слабосолонцеватая	100	0	28,7	0,287/0,161
То же, сильносолонцеватая	103	0	36,9	0,358/0,204
Среднее	102	0	32,8	0,322
<i>Люцерно-житняковая травосмесь</i>				
Песчаная	85	22,0	50,4	0,593/0,439
Преимущественно супесчаная	91	22,0	59,7	0,656/0,483
Средневзвешенные показатели	87	22,0	53,5	0,615/0,455
Супесчаная (с щелеванием)	89	7,0	48,4	0,540/0,332

составом. Значения коэффициентов стока, колеблющиеся в зависимости от запасов снеговой воды, на нормальной зяби были меньше 0,5, а в вариантах с заборонованной зябью превышали 0,5. На суглинистой почве они во всех случаях были намного меньше 0,5. Щелевание многолетних трав обусловило уменьшение стока.

Сопоставляя показатели стока за период с 27 марта по 6 апреля, можно отметить, что они более или менее выровнялись в вариантах с

глубокой нормальной и заборонованной зябью. Направление вспашки также не оказало существенного влияния на сток, а по глубокой пахоте сток был значительно меньше, чем по мелкой. На площадках с лунками, прерывистыми бороздами и щелеванием сток был почти одинаковый и немного меньше, чем на контроле. На суглинистой почве сток меньше на 7-10 мм по сравнению с песчаной и супесчаной разностями. 28 марта модули стока достигали следующих значений: на песчаной и супесчаной почвах в вариантах с заборонованной зябью 9-12 л/с с 1 га, на супесчаной и легкосуглинистой, где было больше снега, около 14 л/с; на песчаной и супесчаной почвах в вариантах с обычной глубокой зябью 7,5-8 л/с, на супесчаной и легкосуглинистой почве 8,5-11,6 л/с; на этих же почвах с более мелкой пахотой 10-11,8 л/с.

На суглинистой почве наибольшие модули колебались от 6,4 до 6,8 л/с.

Суммарные за зимне-весенний период коэффициенты стока с заборонованной зяби в верхнем ярусе варьировали от 0,403 до 0,533, а среднее значение их составляло $0,485 \pm 0,037$ ($p = 3,5\%$). Наибольшая величина и коэффициент стока были на площадке со снегозадержанием. Средний из шести определений коэффициент стока с заборонованной зяби в двух ярусах равнялся $0,498 \pm 0,015$ ($p = 3,8\%$). На площадках с лунками, прерывистыми бороздами и щелеванием значения коэффициента стока близки между собой. Интересно отметить, что в условиях повторяющегося снеготаяния и стока задержанная в бороздах и лунках талая вода после некоторого стояния просачивалась в почву, т. е. микрорельеф «работал» несколько раз. Тем не менее в конечном счете его эффективность оказалась невысокой, около 7,5 мм.

Осредненные показатели стока талых вод за 1963 г. представлены в табл. 41. На песчаной и супесчаной почвах они несколько меньше, чем на супесчаной и легкосуглинистой. Это связано не только с меньшими запасами снеговой воды в верхнем ярусе I поля, но и с несколько повышенной инфильтрационной способностью более опесчаненной почвы. На суглинистой почве показатели стока значительно меньше, чем на легких разностях.

Вопрос о влиянии механического состава почвы на величину весеннего стока с зяби в литературе не освещался с привлечением экспериментальных материалов; широко распространено мнение, что на песчаных и супесчаных почвах сток ниже, чем на суглинистых. Однако нашими исследованиями установлено, что в каштановой зоне (мы

полагаем, что это же относится и к черноземам) на легких почвах формируется более сильный сток талых вод с зяби, чем на суглинках; превышение достигает 30-40%. Это объясняется, с одной стороны, бесструктурностью почв легкого механического состава, их свойством быстро уплотняться после вспашки, что приводит к частичной закупорке почвенных пор ледяными тромбами, а с другой стороны, способностью суглинистых почв в большей степени сохранять свою скважность, созданную зяблевой обработкой, что обеспечивает лучшую инфильтрацию в них талой воды. Суммарные показатели стока с многолетних трав на песчаной почве меньше, чем на супесчаной, главным образом в связи с меньшими снегозапасами здесь и более ранним исчезновением ледяной корки перед последним сроком снетаяния. На площадке с щелеванием сток уменьшился на 23 мм.

Давая общую характеристику стока за 1963 г., можно отметить, что на легких почвах при глубине зяблевой вспашки 27-30 см он был умеренный и сильный (при повышенных снегозапасах), а на заборонованной зяби, в том числе с поделкой микрорельефа – сильный, приближаясь к очень сильному; при глубине вспашки 20-23 см он также был сильный. На суглинистых почвах сток был значительно меньше, чем на аналогичных вариантах обработки песчаных и супесчаных почв. На многолетних травах сформировался сильный и очень сильный сток; он был больше, чем в любом другом году 22-летнего периода, о котором у нас имеются сведения. Мы полагаем, что это был сток 3%-ной обеспеченности. По мере продвижения на север он уменьшался: в районе Камышина сток был намного слабее, а в Куйбышевской области, даже на уплотненной пашне, он был слабый или отсутствовал.

1963-64 г. Почва ушла в зиму во влажном состоянии. В дни с оттепелью 17-18 и 21-22 декабря выпало в виде дождя еще 22 мм. На озимых и многолетних травах в эти дни наблюдался небольшой сток (около 2 мм). В оттепель 21 февраля прошел дождь (9 мм). Влажная почва затем промерзла на 70-75 см, что создало условия для формирования значительного весеннего паводка. Однако весна была затяжной, и сток с нормальной и заборонованной зяби был очень слабый и слабый (до 12,8 мм), а на многолетних травах умеренный (23,2 мм и 30,4 мм) (табл. 42).

1964-65 г. Осенью выпало всего 43 мм осадков, но в дальнейшем до 7 января стояла осенняя погода с морозящими дождями и мокрым снегом; затем установилась зима. В оттепель 1-2 февраля в виде дождя выпало 9 мм, после чего увлажненная почва промерзла до

52-78 см. К началу весеннего снеготаяния снега осталось мало и сток с обычной зяби составил 4,2 мм, а с заборонованной в среднем 10,7 мм; на озимых и многолетних травах он был умеренный (25,8 и 24,4 мм). 1965 год для подзоны светло-каштановых почв характеризовался умеренным половодьем.

Таблица 42

Просачивание и сток талых вод на светло-каштановых почвах в 1964 и 1965 гг.

Агротехнический фон	Влагозапасы в снеге + осадки весны, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
<i>1964 г. Сумма осадков холодного периода 119 мм. Верхний ярус I поля; крутизна 3,6-3,8; почва песчаная и супесчаная; площадки 0,19-0,20 га</i>				
Зябь, вспашка на 27-30 см (3)	44	42,1	1,9	0,043/0,016
То же + боронование (2)	49	37,5	9,3	0,185/0,078
Вспашка на 20-22 см вдоль склона	48	42,6	5,4	0,112/0,045
<i>Нижний ярус. Крутизна 3,5-3,8°; почва супесчаная; площадки 0,13-0,14 га и легкосуглинистая</i>				
Вспашка поперек склона на 27-30 см	47	46,1	0,9	0,019/0,008
То же+боронование	48	38,4	9,6	0,201/0,082
Вспашка вдоль склона на 20-22 см	66	58,5	7,5	0,114/0,065
Травы 5-го года (VII поле, 5,5°)	54	30,8	23,2	0,430/0,195
<i>II поле. Крутизна 3-3,5°; почва легкосуглинистая; площадки 0,13-0,15 га</i>				
Вспашка на 27-30 см (6)	70	68,7	0,3	0,019/0,003
То же + боронование (2)	55	42,2	12,8	0,233/0,108
Травы 3-го года (V поле, 4°)	94	63,6	30,4	0,324/0,256
<i>1965 г. Сумма осадков холодного периода 118 мм. Крутизна склона 5-6°, почва легкосуглинистая, площадки 0,10 га супесчаная; площадки 0,14 (зябь); крутизна 3,8°, почва 0,14 га (озимые)</i>				
Вспашка поперек склона на 25-27 см	31	26,8	4,2	0,136/0,036
То же + боронование	28	17,3	10,7	0,382/0,091
Озимая пшеница по черному пару (2)	39	13,2	25,8	0,662/0,219
Травы 4-го года	45	20,6	24,4	0,541/0,20

Рассмотрим материалы по стоку за 1966-1970 гг. (табл. 43).

1965-66 г. Погода в зимний период отличалась крайней неустойчивостью. Осадки выпадали частично в виде снега, но больше в виде дождя. Всего с середины ноября по февраль выпало 192 мм осадков, а включая март – 233 мм. Глубина промерзания почвы на 31 января составляла 24-39 см при мощности снежного покрова 7-8 см и 18-34 см при его мощности 10-11 см. Во время глубокой оттепели 7-

10 и затем 13-14 февраля почти весь снег растаял. В эти дни с многолетних трав и с заборонованной зяби наблюдался небольшой сток, около 7,5 мм (см. табл. 43), за счет таяния остатков снега и за счет дождя; стока с обычной зяби не было или он был незначительный. 1966 г. был маловодный.

Таблица 43

**Просачивание и сток талых вод на светло-каштановых почвах
Волгоградского опытного хозяйства ВНИАЛМИ в 1966-1970 гг.**

Агротехнический фон	Влагозапасы в снеге + осадки вес- ны, мм	Просочи- лось в почву, мм	Сток, мм	Кoeffици- ент стока
<i>1966 г. Крутизна склона 3-3,5°; почва песчаная и супесчаная; площадки 0,15-0,20 га</i>				
Зяблевая вспашка на 25-27 см	15	15,0	0	0
То же + боронование	15	12,2	2,8	0,184/0,015
Вспашка на 20-22 см	15	14,8	0,2	0,013/0,001
<i>Крутизна склона 5,3° (зябрь); почва легкосуглинистая; площадки 0,10 га</i>				
Вспашка поперек склона на 25-27 см	15	14,4	0,6	0,040/0,003
То же + боронование	15	7,5	7,5	0,50/0,039
Травы 6-го года (крутизна 12°)	15	7,7	7,3	0,48/0,038
<i>1967 г. Крутизна 3-3,5°; почва супесчаная и легкосуглинистая</i>				
Зяблевая вспашка (5)	143	143,0	0	0
Травы 3-го года	189	189,0	0	0
То же	241	239,8	1,2	0,005
<i>1968 г. Крутизна 5,5-6°; почва супесчаная и легкосуглинистая</i>				
Зяблевая вспашка на 25-27 см (5)	44	28,1	15,9	0,265/0,075
Травы 2-го года (2)	150	125,5	29,5	0,197/0,09
<i>1969 г. Крутизна 3,5-3,8°; почва супесчаная и легкосуглинистая</i>				
Зяблевая вспашка на 25-27 см	11	11,0	0	0
Травы 3-го года	17	8,4	2,6	0,253/0,035
<i>1970 г. Крутизна 3,5-4°; почва легко и среднесуглинистая</i>				
Вспашка на 27-30 см (2)	129	122,5	6,5	0,050
Полупаровая обработка	120	95,3	24,7	0,206
То же + позднеосенняя перепашка	140	135,2	5,8	0,040
Озимые (2)	128	99,6	28,4	0,221
Травы (крутизна 4 и 6°) (2)	144	101,2	42,8	0,297

1966-67 г. После засушливой осени с 3 декабря 1966 г. установилась зима, характеризовавшаяся устойчивой погодой, без сильных оттепелей. В декабре выпало в виде снега 122 мм осадков, а всего за декабрь-март 215 мм. Мощность снежного покрова составляла 40-52 см. Иссушенная почва промерзла слабо и создались весьма благоприятные условия для поглощения почвой талых вод. Сток с зяби отсутствовал, а с многолетних трав он был очень незначительный, лишь в местах снежных сугробов (см. табл. 43).

1967-68 г. Осень была очень засушливая. В дальнейшем с середины ноября по март выпало в виде снега и дождя 297 мм. В оттепель 7-13 декабря ранее выпавший снег растаял, после этого образовался новый снежный покров, который частично сошел в оттепель 26-28 декабря; в это время наблюдался небольшой сток с озимых. В третью оттепель с 31 декабря по 5 января весь снег стаял, на озимых сформировался значительный сток. Затем проходили снегопады. Глубина промерзания почвы колебалась от 32-52 до 100 см при несильной льдистости. В оттепель с 16 по 25 февраля снег постепенно таял, при этом наблюдался небольшой сток на травах. В марте снеготаяние проходило в два периода: с 8 по 12 и с 15 по 21, когда полностью растаял весь снег. Площадки с зяблевой вспашкой в этом году располагались на южном склоне преимущественно с супесчаной почвой, а с травами – на восточном. Как видно из табл. 43, сток с зяби составил в среднем 15,9 мм при коэффициенте стока 0,265/0,075, а с многолетних трав 29,5 мм при коэффициенте 0,197/0,099. 1968 г. был довольно многоводный.

1968-69 г. Осадки за период сентябрь – ноябрь составили 113 мм, в декабре их было 14 мм, в январе и феврале всего 13 мм. Начиная с 20 ноября, стал формироваться снежный покров, но в оттепель 19-29 декабря снег полностью растаял. В дальнейшем стояла очень холодная погода, и обнаженная от снега почва промерзла на глубину 150-180 см. Лишь в первой Декаде марта сформировался снежный покров мощностью около 9 см. Из-за малого количества снега на полях сток практически отсутствовал или был очень слабый.

1969-70 г. За осенние месяцы выпало 108 мм осадков, и почва ушла в зиму при повышенном увлажнении; сумма осадков за холодный период (декабрь-март) составила 266 мм (225% нормы), в том числе в виде дождя 124 мм. Зима характеризовалась переменной погодой с глубокими оттепелями, сопровождавшимися зимними паводками. Паводки наблюдались в январе (16-17), феврале (6-7, 11-12 и 16-19) и в марте (13-14, 17-

18 и 29-30). Во время оттепелей снег, как правило, почти полностью ставивал; в периоды похолоданий формировался новый снежный покров. Глубина промерзания почвы на обычной зяби колебалась в пределах 60-80 см, а на площадках с плоскорезной обработкой, где было больше снега, около 50 см; льдистость почвы была умеренная. 17-18 и 29-30 марта выпало в виде дождя соответственно 30,9 и 32,5 мм осадков.

Из табл. 43 видно, что суммарный сток с нормальной зяби равняется в среднем 6,5 мм (коэффициент стока 0,05), а с участков полупаровой обработки, состоявшей из боронования в два следа и трехкратной культивации зяби (по мере появления сорняков), 24,7 мм (коэффициент стока 0,206). Перепахка полупара поздней осенью, приведшая пахотный горизонт в рыхлое состояние, обусловила резкое уменьшение стока на 18,9 мм.

Сток с озимых был умеренный (28,4 мм), а с многолетних трав сильный (42,8 мм). Приведенные данные показывают, что 1970 г., как и 1968 г., был многоводный.

Данные по стоку талых вод на светло-каштановых почвах за период 1950-1970 гг. сведены в табл. 44. В ней представлены средние показатели стока с песчаных, супесчаных и суглинистых разностей почв. Величины и коэффициенты стока с зяби получены в результате их осреднения для пахоты вдоль и поперек склона при глубине 20-22 и 25-30 см.

Из табл. 44 следует, что за последний 21 год умеренный и сильный сток с зяби наблюдался лишь один раз весной 1963 г., умеренный два раза – в 1951 и 1956 гг. и слабый один раз – в 1968 г. В остальные 17 лет семь вёсен было с очень слабым стоком (от 1,3 до 4,2 мм) и 10 вёсен практически без стока.

На кривой обеспеченности (рис. 13) видно, что сток с зяби больше 20 мм обеспечен на 18%, т. е. бывает в среднем два раза в 10 лет; в остальные 8 лет он очень слабый или отсутствует. Сток с уплотненной пашни за 14 лет наблюдений два раза был сильный, шесть раз умеренный, три раза слабый, три раза очень слабый или стока не было. Напомним, что и слабый сток (8-20 мм) может вызвать на крутых склонах значительную эрозию. Средний слой стока с зяби за 21-летний период составляет 6,2 мм при коэффициенте стока 0,117/0,044, а с уплотненной пашни за 14 лет соответственно 24,8 мм и 0,427/0,176. Коэффициент стока с уплотненной пашни в среднем в 3,7-4 раза, а его величина в 4,4 раза больше, чем с зяби.

**Средние показатели стока талых вод на светло-каштановых почвах
опытного хозяйства ВНИАЛМИ (Волгоград)**

Год	Осадки холодного периода, мм	Зяблевая обработка			Уплотненная пашня		
		влагозапасы в снеге + осадки, мм	сток, мм	коэффици- ент стока	влагозапасы в снеге + осадки, мм	сток, мм	коэффици- ент стока
1950	70	35	0	0	45	12,0	0,267/0,171
1951	94	31	21,7	0,70/0,236	-	-	
1952	154	101	4,2	0,041/0,027	-	-	
1953	162	28	0	0	-	-	
1954	52	55	0	0	-	-	
1955	97	22	0	0	-	-	
1956	134	55	26,0	0,473/0,194	-	-	
1957	93	26	4,0	0,154/0,043	-	-	
1958	175	47	7,7	0,164/0,044	40	25,1	0,628/0,143
1959	86	93	0	0	92	50,8	0,552
1960	116	16	0	0	16	10,2	0,637/0,088
1961	100	21	0,3	0,014/0,003	18	13,1	0,728/0,131
1962	190	74	1,3	0,018/0,007	77	33,8	0,439/0,178
1963	167	92	35,9	0,390/0,215	137	75,5	0,551/0,452
1964	103	61	2,1	0,034/0,020	74	26,8	0,362/0,260
1935	118	31	4,2	0,136/0,036	41	25,3	0,617/0,214
1966	192	15	0,3	0,020/0,002	15	7,3	0,487/0,038
1967	215	143	0	0	189	0	0
1968	297	44	15,9	0,265/0,075	150	29,5	0,197/0,099
1969	76	11	0	0	17	2,6	0,253/0,035
1970	266	129	6,5	0,050/0,024	136	35,6	0,262/0,134
Средние	141	54	6,2	0,117/0,044	75	24,8	0,427/0,176
$K_n/K_p = 3,7 \div 4,0$							

Познание закономерностей формирования стока талых вод с сельскохозяйственных угодий и фактических его показателей позволяет более правильно подойти к вопросу задержания и регулирования стока на зяблевой пахоте и других угодьях и имеет важное значение для учета водных ресурсов земледелия.

Выше мы видели, что в период 1960-1962 гг. сток талых вод и смыв с зяби практически отсутствовал или был небольшой. Существенный интерес представляют данные по смыву за 1963 г., когда наблюдался сильный сток (табл. 45). При рассмотрении данных табл. 45 бросается в глаза их разнорядность. На площадках 1-5 с заборонованной зябью вели-

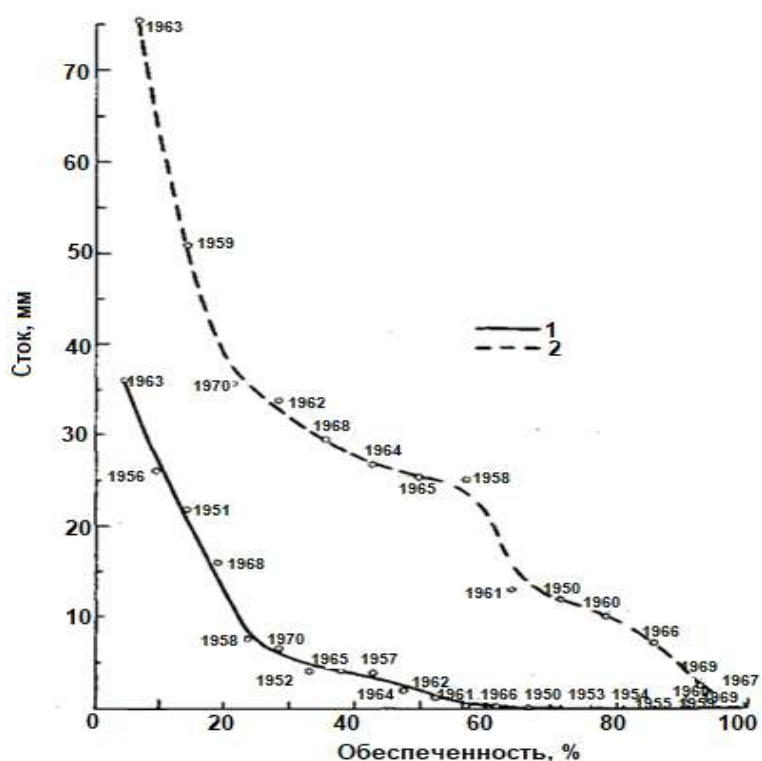


Рис. 13. Кривые обеспеченности стока на светло-каштановых почвах (Волгоградское опытное хозяйство ВНИАЛМИ):
сток: 1 — с зяби, 2 — с уплотненной пашни

чины смыва колебались от 9,8 до 26 м³/га, причем они не коррелируют с величинами стока. Например, на площадке 4 сток был наименьший — 35,1 мм, а с учетом стока в январскую оттепель — 50 мм, смыв же наибольший — 26 м³/га. На одних площадках самый большой смыв замерен в нижней их части, а на других — в средней. Все это объясняется погрешностями метода. Они происходят и от неравномерного обнажения от снега разных участков площадок, что приводит к различному выносу почвы с этих участков, и от наличия микрорельефа поверхности, обуславливающего различную интенсивность смыва в разных местах, и от того, что вода прокладывает русла, используя готовые бороздки и депрессии, но это невозможно учесть при замерах водороев, и от неточности конкретных измерений, и от других причин.

Несмотря на разнообразие цифр, в них проявляется и определенная закономерность, связанная с характером прохождения стока. В условиях, когда почва оттаяла сверху лишь на несколько сантиметров, в ряде случаев при более концентрированном прохождении одного и того же объема воды происходит меньший вынос почвы, чем при рассеянном стоке. Наибольший смыв зафиксирован на площадке 7 (верхний ярус) — 28,6 м³/га и на площадке 16 (нижний ярус) — 93,5 м³/га; однако это не истинные величины смыва. Названные две площадки два раза вспаханы: сначала поперек, а затем вдоль склона,

и при повторной вспашке между ними образовались хорошо выраженные гребни и бороздки, суживающиеся книзу. Их края поднимаются ручейками, и почва укладывается на дно; в результате образуются более широкие русла. Раскопкой установлено, что в каждом из них имеется наслоение переотложений почвы толщиной от 0,5 до 2 см. Очевидно, что большая часть сечения каждой водороины среди гребней образуется за счет пустого пространства борозд, в результате подмыва стенок. Поэтому величины смыва на площадках, вспаханных вдоль склона, в огромной степени преувеличены, особенно на дважды вспаханных. Но они сильно завышены и на всех других площадках.

Таблица 45

Смыв светло-каштановых почв в 1963 г. (учтен по водороинам)

Номер площадки	Сток, мм	Смыв, м ³ /га				Расчетная средняя КТС, кг/м ³
		верх	середина	низ	среднее	
<i>Почва песчаная и супесчаная</i>						
6	30,8	5,0	8,0	16,5	9,8	31,8
9	35,2	7,0	17,4	24,2	16,2	46,0
7	-	-	28,6	-	28,6	-
8	44,1	6,8	7,0	24,4	12,7	28,8
5	15 + 39,0	5,5	15,3	8,5	9,8	18,9
4	15 + 35,1	16,7	21,1	43,0	26,0	51,9
3	15 + 55,0	8,4	22,3	11,0	13,9	19,9
2	15 + 42,0	7,4	17,3	14,5	13,1	23,0
<i>Почва супесчаная и частично легкосуглинистая</i>						
15	44,9	5,8	8,4	4,9	6,3	14,0
18	38,2	7,4	16,2	9,6	11,1	29,1
16	44,7	-	93,5	-	93,5	209,2
17	53,1	2,7	6,3	15,4	8,1	15,3
14	15 + 51,3	4,8	5,3	14,0	8,0	12,1
13	12 + 47,8	8,0	13,9	10,5	10,8	18,1
12	12 + 49,7	5,2	9,3	20,3	11,6	17,2
1	7 + 43,2	4,8	25,9	20,3	17,0	33,9
11	12 + 42,8	7,8	15,6	9,3	10,9	19,9
<i>Почва суглинистая</i>						
10	10 + 35,6	4,1	1,4	4,7	3,4	7,5

Сопоставим данные по смыву, изложенные в табл. 45, с мутностью сточной воды, найденной 28 марта 1963 г., когда она была наиболее высокой (табл. 46). Как видно, наибольшая мутность воды на последнем этапе снеготаяния была около 10 кг/м³. Допустив, что

во все периоды снеготаяния вода имела среднюю мутность 5 г/л, получим величину смыва, например, на 4-й площадке 2,5 т/га при суммарном стоке около 50 мм, а вместе с осадками, отложившимися перед водосливом, около 3,2 т/га. Величина же смыва при замере водородин составила 26 м³/га, а в весовом выражении около 39 т/га. Метод водородин в ряде случаев дает сильно искаженную картину смыва. На площадках с многолетними травами смыв в 1963 г. не превышал 0,5-1 м³/га. В 1964 г. смыв на зяби колебался в пределах 2,2-3,8 м³/га, а по твердому стоку не превышал 390 кг/га. На многолетних травах смыва практически не было. В 1965 г. при замерах по водородинам он варьировал от 4,2 м³/га на нормальной зяби до 12,1 м³/га на заборонованной, а по твердому стоку не превышал соответственно 200 и 760 кг/га. Смыв с озимых равнялся 1,1 м³/га (учтен по водородинам).

Таблица 46

Мутность сточной воды по замерам 28 марта 1963 г.

Номер площадки	Время, ч, мин	Расход, л/с	Мутность	
			г в 300 см ³	кг/м ³
6	14 ³⁰	1,4	1,07	3,5
6	15 ⁰⁰	0,9	3,04	10,1
5	14 ³⁰	1,3	2,14	7,1
5	15 ⁰⁰	1,1	1,45	4,8
4	14 ²⁰	1,3	2,93	9,7

В течение последних пяти лет сток проходил преимущественно по мерзло-талой почве растянута во времени, поэтому смыв был сравнительно небольшой: в 1966 г. он наблюдался лишь на заборонованной зяби и равнялся при замерах по водородинам около 3,8 м³/га, а по твердому стоку около 700 кг; в 1968 г. вынос почвы с зяби составлял около 470 кг (по твердому стоку); в 1970 г. он колебался на разных полях в широких пределах – от 1,6 до 7,6 м³/га (по водородинам), а в отдельных случаях достигал 10 м³/га.

Анализируя материалы влажности, мы пришли к выводу, что в условиях неоднородного литологического состава почв их влажность и запасы влаги распределяются неравномерно по профилю; они значительно колеблются по слоям и сильно варьируют в разных точках по площади [151]. На большие отклонения влагозапасов метрового слоя почвы в разных точках водосбора с неоднородным составом почвогрунтов указывает А. Р. Константинов [79].

Определения влажности, проведенные в 1962-63 г., показали еще более пеструю картину: запасы весенней влаги в почве были намного меньше, чем осенней; дефицит в 1,5-метровом слое почвы колебался от 14 до 50 мм и достигал иногда 344 мм. Отсутствие закономерной картины в распределении влаги объясняется большой пестротой литологического состава почв. Когда при определении осенней влажности из скважин в данной точке случайно вынимаются буром образцы более тяжелого механического состава, а весной — более легкого (с соответствующих глубин), получается большая «убыль» влаги, при обратном сочетании — «излишки» ее.

Данные по влажности за 1963-64 г. также не согласуются с другими статьями водного баланса почвы. Приведем результаты определения влажности (из материалов А. Т. Барабанова) лишь на одной из площадок II поля, где она бралась в пяти точках (в 3-кратной повторности) на расстоянии 15-20 м одна от другой (табл. 47). В данном случае на каждые 300 м² площади приходится одна точка. Из табл. 47 видно, что при одном и том же агрофоне прибавка влаги по слоям колеблется в больших пределах.

Таблица 47

**Влажность почвы и запасы влаги осенью и весной
на площадке с заборонованной зябью по слоям**

Номер точки	0-50 см			0-100 см			0-150 см		
	осень 1963 г.	весна 1964 г.	прибавка	осень 1963 г.	весна 1964 г.	прибавка	осень 1963 г.	весна 1964 г.	прибавка (+) или дефицит (-)
1	<u>11,2</u> 91,5	<u>13,2</u> 107,3	<u>2,0</u> 15,8	<u>9,7</u> 158,4	<u>13,3</u> 216,0	<u>3,6</u> 57,6	<u>10,9</u> 268,1	<u>12,4</u> 306,0	<u>+15,0</u> +38,9
2	<u>10,7</u> 87,1	<u>12,4</u> 100,6	<u>1,7</u> 13,5	<u>10,7</u> 173,9	<u>12,4</u> 202,2	<u>1,7</u> 28,3	<u>12,0</u> 295,6	<u>11,3</u> 278,0	<u>-0,7</u> -17,6
3	<u>9,8</u> 80,1	<u>11,9</u> 97,2	<u>2,1</u> 17,1	<u>7,5</u> 122,9	<u>9,9</u> 161,1	<u>2,4</u> 38,2	<u>7,5</u> 183,7	<u>8,9</u> 219,1	<u>+1,4</u> +35,4
4	<u>10,5</u> 85,2	<u>11,1</u> 90,6	<u>0,6</u> 5,4	<u>8,3</u> 135,2	<u>9,2</u> 150,0	<u>0,9</u> 24,8	<u>10,1</u> 248,8	<u>8,1</u> 199,5	<u>-2,0</u> -49,3
5	<u>10,9</u> 38,8	<u>14,9</u> 121,2	<u>4,0</u> 32,4	<u>13,0</u> 211,5	<u>14,9</u> 228,8	<u>1,9</u> 17,3	<u>13,5</u> 276,5	<u>14,0</u> 287,0	<u>+0,5</u> +10,5

Вариационно-статистические показатели точности определения запасов влаги в почве (мм) даются в табл. 48. Для слоя почвы 0-50 см с более однородным литологическим составом варьирование влагозапасов меньше при указанной частоте точек (одна на 300 м²) и точность определения более высокая, особенно в осенний период, когда почва

иссушена. Для слоя 0-100 и 0-150 см, чтобы повысить точность ответа до 5%, нужно увеличить количество точек на указанную площадь до 11-19, что практически невыполнимо.

Таблица 48

Вариационно-статистические показатели точности определения запасов влаги в почве по слоям

Показатель	0-50 см		0-100 см		0-150 см	
	осенью	весной	осенью	весной	осенью	весной
Среднее арифметическое M , мм	86,5	103,4	160,4	191,6	254,5	257,9
Основное отклонение σ , мм	4,9	11,6	34,8	31,3	43,0	46,0
Средняя ошибка m , мм	2,2	5,2	15,5	14,0	19,2	20,5
Вариационный коэффициент V , %	5,7	11,3	21,7	16,3	16,9	17,8
Точность опыта p , %	2,5	5,0	9,7	7,3	7,5	7,9
Требуемое количество точек, чтобы точность ответа равнялась 5%	-	5,0	19,0	11,0	11,0	13,0

Таким образом, определение влажности в условиях неоднородного литологического состава почв не позволяет с достаточной точностью находить запасы влаги в ней и давать оценку гидрологической эффективности различных агротехнических приемов. Для этого требуется прямое определение стока как важнейшей статьи водного баланса.

4. Сток и факторы его формирования

Зоны повышенной водности

Под зоной повышенной водности мы понимаем полосу земли, на которой формируется более сильный весенний сток с зяби (а иногда и с уплотненной пашни), чем на полосах, прилегающих к ней с севера и юга или с северо-запада и юго-востока. Согласно карте среднего весеннего стока, Д. Л. Соколовского, сток постепенно уменьшается с севера на юг и юго-восток, что связано с уменьшением количества осадков и осеннего увлажнения почвы, а также повышением температуры воздуха. Однако если проследить по отдельным годам изменение стока с зяби в зональном разрезе, то в ряде случаев не обнаруживается та картина плавных переходов, которая изображена изолиниями на карте; в некоторые годы выявляется своеобразная инверсия в его широтном и долготном распределении.

Для лучшего обзора представим это распределение в виде схематических графиков, отображающих слой стока на территории по годам.

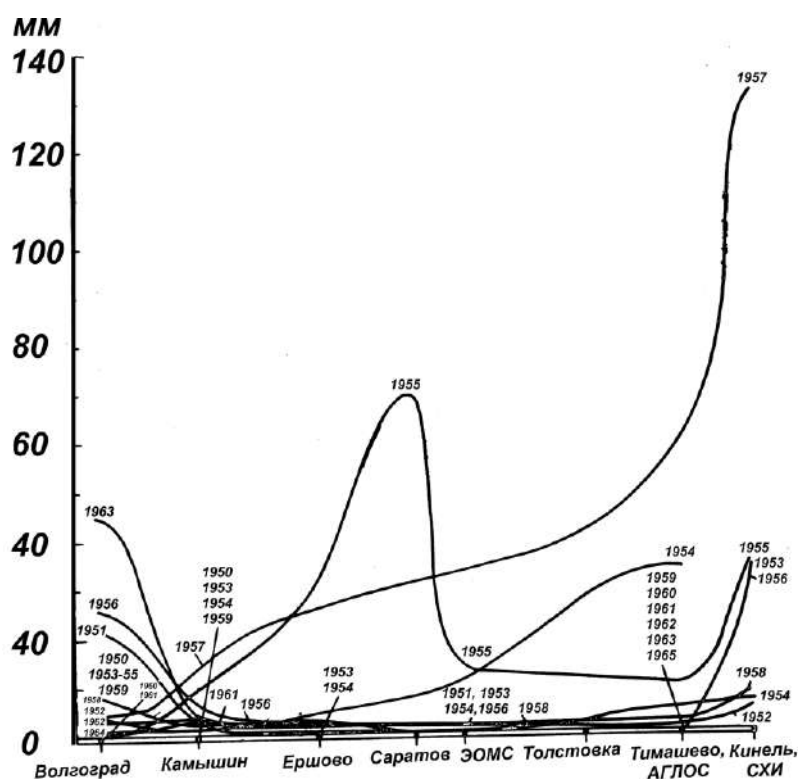


Рис. 14. Распределение стока с зяби в Среднем и Нижнем Поволжье (широтное)

В настоящее время имеется возможность такого изображения стока лишь на трех профилях, проходящих в виде ломаных линий через пункты, где изучали сток. Первый (поволжский) профиль проходит в общем с севера на юг и юго-запад по линии Кинель, Тимашево, АГЛОС Куйбышевской области гидрологические станции Саратовской области – район Камышина – район Волгограда (рис. 14); второй (центральный) профиль идет с севера на юг по линии Загорский и Серебряно-прудский районы Московской области – Новосильская АГЛОС Орловской области – Ивановский, Льговский и Курский районы Курской области – Каменная степь Воронежской области – ст. Персиановка и Дубовское Ростовской области; третий профиль простирается с запада на восток и северо-восток по линии Курская область – Каменная степь – Балашовская сельскохозяйственная опытная станция – район Саратова (Гусельская станция) – Толстовская станция – Поволжская АГЛОС (и Тимашево) – Кинель (рис. 15). Эти графики лишь схематично рисуют картину распределения стока с зяби и его изменений по зонам, так как полученные характеристики его в каждом пункте еще недостаточно отражают многообразие почвенно-грунтовых условий, степени эродированности почв и уровня агротехники.

Анализируя графики и другие материалы, мы попытались разделить годы по характеру распределения на территории слоя стока с зяби на три группы: 1) годы с нормальным его распределением, когда в северных районах степной зоны он выше, а по мере продвижения на юг и юго-восток постепенно уменьшается; 2) годы с равномерным рас-

пределением стока по всей степной зоне и 3) годы с резко выраженной инверсией стока, когда формируются зоны повышенной водности.

Последняя группа включает две подгруппы: а) годы с широтной инверсией, когда ось зоны повышенной водности простирается в общем с запада на восток, т. е. сток с зяби увеличивается до некоторого предела по мере продвижения на юг зоны, после чего начинает уменьшаться; б) годы с долготной инверсией, когда сток увеличивается в восточном или северо-восточном направлении и ось зоны повышенной водности имеет направление в общем с севера на юг или северо-запада на юго-восток. Для четкого выявления границ зон повышенной водности в ряде случаев недостает материалов и о них можно лишь догадываться.

Нормальное распределение стока (1-я группа лет) обуславливается влиянием зональных климатических факторов, связанных с различным притоком солнечной энергии, а также влиянием морей и океанов: на него оказывают влияние и почвенные условия того или иного района. К 1-ой группе в пределах лесостепной и степной зон относятся годы с повышенной водностью и многоводные годы, т. е. 1952 г. (по центральному профилю) и 1957 г. (по поволжскому профилю). Равномерное распределение стока с зяби (2-я группа) обуславливается несколько иным взаимодействием климатических и почвенных, а также агротехнических факторов; здесь в большинстве случаев почвенному фактору принадлежит ведущая роль. Так, при переходе от серых лесных почв к черноземам слой стока резко падает. К 2-ой группе относится большинство лет, которые отличаются отсутствием или очень слабым стоком с зяби по всей степной зоне, включая и щелоченные черноземы лесостепи. Это 1950, 1954, 1958, 1959, 1960,

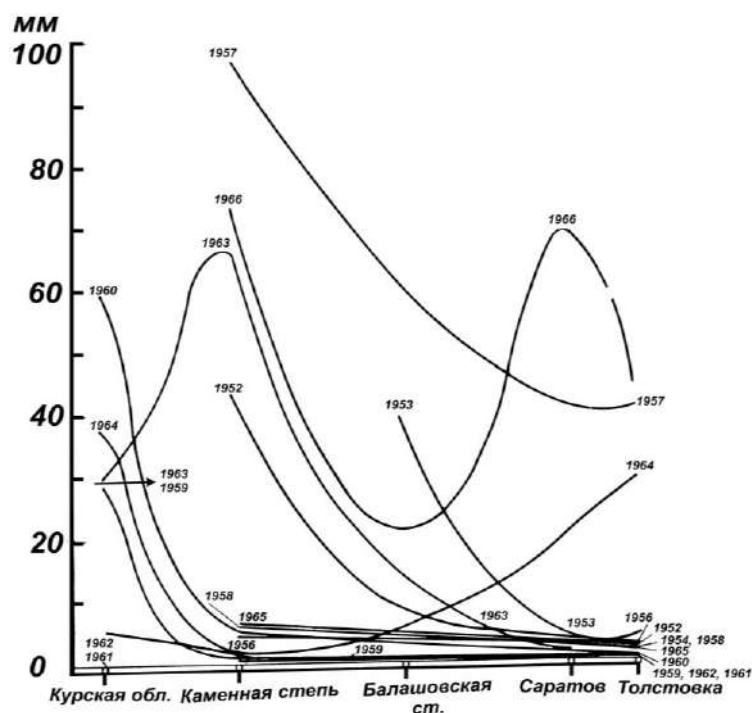


Рис. 15. Распределение стока с зяби в районах Центра и Поволжья (долготное)

1961, 1962 и 1965 гг.; 1954, 1958, 1961 и 1962 гг. характеризуются малой водностью не только в пределах степей, но в лесостепи и даже в лесной зоне. В данном случае гидрометеорологические факторы (сухая осень, теплая зима, слабое промерзание почвы) сыграли решающую роль, обусловив формирование незначительного стока.

Инверсия в распределении стока с зяби и наличие зон повышенной водности (3-я группа лет) обуславливаются своеобразным сочетанием гидрометеорологических элементов на обширных территориях степи и лесостепи. В 3-ю группу входят 1951, 1955, 1956, 1957, 1963, 1964 гг. В 1951 и 1956 гг. зона повышенной стока находилась в южных районах преимущественно с каштановыми и особенно светло-каштановыми почвами. В 1963 г. зона высокой водности распространилась намного севернее, чем в 1951 и 1956 гг., охватив громадную площадь черноземного центра, Юга и Нижнего Поволжья; ее ось проходила с северо-запада на юго-восток. В 1955 г. сток в южных и юго-восточных районах был слабый; зона высокой водности распространилась далеко на север, вытянувшись с запада на восток в основном через Воронежскую и Саратовскую области. Так, на северо-запад от Воронежа в Черниговской лесостепи сток был намного меньше, чем в Каменной степи, а в Куйбышевской области он был меньше, чем в районе Саратова. В 1957 г. широкая зона повышенной водности распространилась далеко на север, вытянувшись по линии Воронеж – Куйбышев, но сведений о северном скате этой зоны в Поволжье не имеется.

Говоря о зонах повышенной водности, мы имели в виду главным образом формирование стока на зяблевой пахоте. Но в отдельные годы сток и на уплотненной пашне распределяется согласно той же закономерности, т. е. в условиях степей наблюдаются зоны повышенной водности. В качестве примера могут служить 1956 и особенно 1963 гг., когда в Нижнем Поволжье сформировался гораздо более сильный сток, чем в Среднем Поволжье (Куйбышевская область). В большинстве же лет сток с уплотненной пашни распределяется нормально, т.е. уменьшается в направлении с севера на юг и юго-восток. Этот вопрос новый и нуждается в дальнейшем изучении.

В чем же причина появления зон повышенной водности главным образом в степях и их смещения из года в год? Она заключается в характере осени и предзимнего увлажнения почвы, но в большей степени – в характере зимы или совместном влиянии обоих сезонов. Средняя степная полоса обычно является ареной столкновения северных и южных элементов климата и своеобразного сочетания черт се-

верной и южной зимы. Погода с сильными морозами может сменяться глубокими оттепелями со всеми вытекающими отсюда последствиями. Создаются условия для формирования повышенного стока с зяби и с других сельскохозяйственных угодий. Резкая смена зимней погоды в степной зоне происходит не каждый год, причем в одних случаях такими влияниями охватываются более южные, а в других более северные районы степей или даже лесостепи.

В соответствии с этим в разные годы возникают зоны повышенного стока то в южных, то в более северных районах степной и лесостепной зон.

Влияние запасов снеговой воды на сток

Среди многих факторов, влияющих на размеры поверхностного стока, запасам воды в снеге принадлежит важное место.

Влияние влагозапасов в снеге оценивается по-разному. Одни исследователи считают, что при их увеличении коэффициент, а также величина стока уменьшаются, так как почва промерзает меньше и лучше поглощает талую воду; другие, напротив, полагают, что с увеличением запасов снеговой воды величина и нередко коэффициент стока возрастают. Правильное понимание этого вопроса является важной предпосылкой к оценке влияния на сток различных агротехнических и других мероприятий и приемов.

С. И. Небольсин [107] пришел к выводу, что между запасами снеговой воды и коэффициентом стока существует обратная зависимость, однако материалы Небольсина позволяют строго судить о влиянии влагозапасов на коэффициент стока лишь за 1923 и 1924 гг., когда наблюдения проводились на двух участках с залежью (табл. 49).

Таблица 49

Влияние запасов снеговой воды на коэффициент стока на подзолистой почве

Показатель	1-й участок, уклон 0,020		2-й участок, уклон 0,023	
	1923 г.	1924 г.	1923 г.	1924 г.
Запасы снеговой воды, мм	71,00	128,00	79,00	141,00
Коэффициент стока	0,73	0,42	0,80	0,48

Таким образом, в сравнимых условиях налицо прямая связь между количеством снеговой воды и коэффициентом весеннего стока.

Г. Ф. Басов [10], проанализировав результаты многолетних наблюдений над стоком на двух водосборах в Каменной Степи Воро-

нежской области, отмечает, что с повышением запасов снеговой воды коэффициент стока увеличивается. И. П. Сухарев считает, что «с увеличением запасов снега на полях почти всегда значительно уменьшается коэффициент стока, а при благоприятных условиях снеготаяния – и величина стока» [159, с. 156]. Однако вывод Сухарева наиболее справедлив в приложении к шлейфовой зоне лесных полос, где обычно в начале зимы накапливается снежный покров достаточной мощности.

И. А. Кузник заключает, что «гидрологическая роль снегозадержания и, в частности, влияние снегозадержания на сток талых вод остается неясной» [86, с. 110]. Он делает вывод, раннее оазисное снегозадержание может способствовать ликвидации стока; при повсеместном его проведении мощность снежного покрова на полях может быть повышена в среднем на 3-4 см, что «существенно не отразится на коэффициенте стока» [86, с. 220]. А. И. Чеботарев и С. И. Харченко [174] на основании анализа материалов Дубовской гидрологической лаборатории пришли к выводу, что запасы воды в снеге перед началом снеготаяния являются одним из стокообразующих факторов весеннего половодья.

Обратимся к экспериментальным материалам (табл. 50). Отметим, что не всегда можно выделить в чистом виде влияние снегозапасов на сток, иногда накладывается действие других факторов. Из табл. 50 следует, что с увеличением запасов снеговой воды сток, как правило, возрастает. Одновременно с этим во многих случаях повышается и коэффициент стока. По материалам за 1957 г. (район Тимашево Куйбышевской области) представилась возможность охарактеризовать зависимость коэффициента стока от влагозапасов в снеге [см. уравнение (10)].

Таблица 50

Влияние запасов снеговой воды на сток

Год	Почва	Агротехнический фон	Влагозапасы в снеге, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Автор
1	2	3	4	5	6	7
1959	Серая лесная	Зябрь	135	97,8	0,72	Г. П. Сурмач
			166	131,0	0,79	В. Н. Дьяков
1951	То же	Озимая рожь	135	71,7	0,53	А. С. Шамшин [177]
		То же	145	76,4	0,53	
		Травосмесь	134	85,0	0,61	
			182	151,7	0,88	
1963	Серая лесная	Зябрь	61	49,2	0,80	Э. Д. Введенская [21]
			88	67,5	0,77	

1	2	3	4	5	6	7
1959		Озимь	35	27,0	0,77	А. М. Грин [36]
			59	46,0	0,78	
1963	Чернозем выщелоченный	Зябрь с микролиманами	71	29,4	0,41	Э. Д. Введенская [21]
			77	35,0	0,46	
		Зябрь с лунками	39	31,6	0,81	
			46	33,8	0,73	
1952	Чернозем обыкновенный	Озимая пшеница	124	102,0	0,82	И. П. Сухарев [159]
Травы		83	49,0	0,59		
1954		Озимая пшеница	31	10,9	0,35	И. П. Сухарев [159]
		Стерня	91	20,6	0,23	
1960		Зябрь	100	11,4	0,11	М. А. Шевченко [180]
			11	2,2	0,20	
1952	Чернозем мощный	Зябрь (вдоль склона)	78	14,8	0,19	И. А. Кузник [85]
		То же	55	9,6	0,17	
1956	Чернозем типичный		243	0	0	Г. П. Сурмач
			273	15,7	0,060	
			452	108,0	0,240	
1957	То же	Зябрь	91-174	44,2-103,5	0,48-0,59	
			124	1,0	0,008	
1958			140	2,2	0,016	
			205	126,0	0,610	
1957			222	136,0	0,61	И. А. Кузник [86]
			80	8,0	0,100	
1940			Чернозем южный	267	21,0	
1955	Темно-каштановая	Зябрь (поперек склона)	60	15,7	0,260	Г. В. Назаров [106]
		Зябрь (вдоль склона)	95	45,5	0,480	
1964	Каштановая	Зябрь с бороздованием	52	0	0	Н. Е. Богулина
			65	2,4	0,040	
			73	6,4	0,090	
			65	9,2	0,140	
1963	Светло-каштановая	Зябрь с боронованием	83	38,7	0,470	Г. П. Сурмач
104			55,5	0,530		
1964				46	8,5	0,185
	51,0	10,0	0,197			

В некоторых случаях с увеличением запасов снеговой воды коэффициент стока остается приблизительно на том же уровне, а в других случаях он имеет обратную связь с влагозапасами. Таким обра-

зом, при разнообразии гидрометеорологических условий и агротехники взаимосвязь между мощностью снежного покрова и стоком проявляется по-разному. Зависимость коэффициента стока от снеготазпасов приходится дифференцировать в первую очередь относительно видов пашни, а затем в связи с особенностями гидрометеорологических условий года. На зяблевой пахоте она проявляется иначе (особенно по мере продвижения с севера на юг), чем на уплотненной пашне и особенно на выгонах и пастбищах. В черноземно-степной и каштановой зонах чаще наблюдаются следующие случаи.

1. Снег ложится на иссушенную или умеренно влажную почву и покрывает землю в течение всей зимы; сильные оттепели отсутствуют. В этих условиях вся талая вода просачивается в почву независимо от глубины ее промерзания (проникновения отрицательных температур) и сток с зяби (а в некоторых случаях и с уплотненной пашни) отсутствует как при малой или нормальной, так и при повышенной мощности снежного покрова. В такие годы (в условиях степей их большинство) снеготаздержание обеспечивает значительное накопление влаги в почве, не приводя к формированию или увеличению стока; оно может проводиться в течение всей зимы.

Однако большие скопления снега, например, в шлейфовой зоне около слабо продуваемых лесных полос, а также в сильно выраженных ложбинах, могут и в такие годы вызвать образование небольшого, а иногда значительного стока. Это иллюстрируется, например, данными за 1956 г. по району Тимашево, а также за 1959 г. по Поволжской АГЛОС (см. табл. 24). Принципиальная зависимость коэффициента стока с зяби от тазпасов, а в условиях очень маловодного года (приблизительно 50% обеспеченности) характеризуется кривой 1 на рис. 16.

2. Почва уходит в зиму во влажном состоянии, снежный покров устойчив и сохраняется в течение всей зимы. Это условия лет с несколько повышенной водностью, когда на нормальной зяби формируется очень слабый или слабый сток. По мере увеличения мощности уровня. Снеготаздержание в такие годы способствует повышению влажности почвы при некотором увеличении стока с зяби (см. рис. 16, снежного покрова в рамках обычных снеготазпасов на полях сток повышается, а его коэффициент остается приблизительно на том же кривая 2). Однако с повышением глубины зяблевой вспашки талые воды на черноземах и каштановых почвах степей, как правило, будут полностью просачиваться в почву и дополнительно накопленный снег

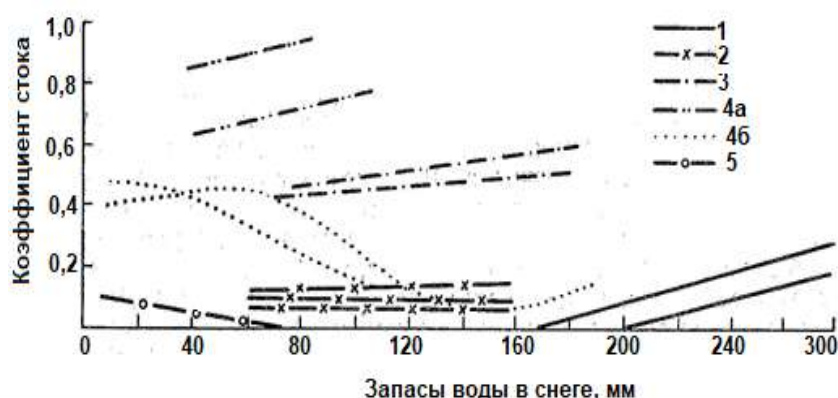


Рис. 16. Схема зависимости коэффициента стока с зяби от запасов воды в снеге (1 — первый случай; 2 — второй случай; 3 — третий случай; 4a и 4б — четвертый случай (два варианта); 5 — пятый случай)

пойдет на формирование урожая. На уплотненной пашне, а в более северных районах на оподзоленных черноземах и серых лесных почвах и на зяблевой пахоте увеличение мощности снежного покрова в таких условиях сопровождается значительным увеличением объема стока и некоторым повышением его коэффициента.

3. Снег выпал на переувлажненную в предзимний период и замерзшую почву и сохраняется в течение всей зимы. Вследствие этого в период весеннего снеготаяния почва обладает слабой инфильтрационной способностью и на зяби формируется умеренный и сильный сток, не говоря уже об уплотненной пашне и выгонах. Такой случай имеет место в условиях северных степей в лесостепи. По мере увеличения запасов снеговой воды объем и коэффициент стока с зяби и особенно с уплотненной пашни повышаются.

Возрастание коэффициента стока с зяби в данном случае связано с тем, что насыщение талой водой пахотного горизонта и частичное замерзание ее по мере просачивания в почву при одновременном повышении интенсивности снеготаяния приводит к уменьшению скорости инфильтрации и увеличению доли потерь воды на сток. В качестве примера можно сослаться на наши данные за 1957 г., полученные в районе Тимашево (см. рис. 16, кривая 5); такая же картина имела место на Поволжской АГЛОС в многоводном 1964 г. Снегозадержание в такие годы приводит к увеличению объема стока при значительном возрастании его коэффициентов. Вёсны с сильным стоком можно предвидеть; в целях защиты почвы от эрозии снегозадержание следует проводить в первую очередь на нижних отрезках склонов.

4. Почва уходит в зиму различно увлажненной; зимой холодная или умеренно холодная погода прерывается глубокими оттепелями с дождями, вызывающими частичное или полное стаивание снежного по-

крова. В дальнейшем почва замерзает в переувлажненном состоянии и теряет способность интенсивно впитывать талую воду, вследствие чего выпадающие осадки в большей своей части идут на сток и коэффициент стока с увеличением снеготаяния повышается (см. рис. 16, кривая 4а); в результате формируются сильные паводки. Примерами могут служить 1955 и 1963 гг. (Волгоградская и другие области). Посевы озимых в такие годы повреждаются вследствие развития ледяной корки.

Очень важно в начале зимы накопить больше снега. В местах, где в течение всей зимы сохраняется снежный покров мощностью не менее 20-25 см (например, в приопушечной зоне лесных полос), вся талая вода во время оттепелей просачивается в почву и исключается возможность образования поверхностной ледяной корки. Эти участки и в период завершающего весеннего снеготаяния могут поглощать талую воду, способствуя тем самым сокращению стока. В таких условиях слой и коэффициент стока имеют обратную связь с запасами снеговой воды (см. рис. 16, кривая 4 б).

Однако теоретически возможны и в действительности имеют место случаи, когда снег, выпавший в начале зимы, затем полностью стаивает как в местах, где он имел малую мощность, так и на участках с повышенной мощностью, соответственно увлажняя почву. В дальнейшем с образованием нового снежного покрова при прочих равных условиях больший сток формируется на тех участках полей, где первоначально был более мощный слой снега и где при его таянии лучше увлажнилась почва.

В некоторых случаях в этом коренится причина резких различий в стоке на одинаковых агрофонах или вариантах обработки почвы.

5. Почва уходит в зиму при различном увлажнении; зимний период характеризуется неустойчивой погодой. Периоды умеренного похолодания сменяются оттепелями, осадки выпадают преимущественно в виде снега и дождя, почва слабо замерзает и вновь оттаивает, снежный покров неустойчивый. Весенний сток с зяби в такие годы отсутствует или бывает очень слабый (см. рис. 16, кривая 5), а с других сельскохозяйственных угодий – очень слабый и слабый до умеренного. Сочетание указанных условий наблюдалось в 1961, 1962 и 1966 гг. с охватом обширных районов степи и лесостепи, а в районах сухой степи также в 1955 и в другие годы.

Подведем итоги рассмотренному. Снежный покров утепляет почву, предохраняет от образования поверхностной ледяной корки и обес-

печивает нормальную перезимовку озимых; снег играет громадную роль в накоплении влаги в почве и формировании высокого урожая. Эффективность снегозадержания в большой степени зависит от сроков его проведения. Снегозадержание в начале зимы обеспечивает сохранность снежного покрова во время оттепелей, защиту почвы от промерзания в переувлажненном состоянии и в конечном счете резкое уменьшение стока с зяби и нормальную перезимовку озимых. В условиях лесостепи значительная часть снеговой воды теряется на сток и снегозадержание здесь играет меньшую роль в формировании урожая. Его целесообразно проводить главным образом на снегосдуваемых склонах, стремясь к повышенному снегонакоплению на нижних более крутых отрезках с целью защиты почв от сильного смыва.

Все изложенное по данному вопросу позволяет сделать важное заключение методического характера. Поскольку с ростом влагозапасов в снеге величина, а в ряде случаев и коэффициент стока повышаются, необходимо при оценке водозадерживающей эффективности различных агротехнических приемов величины стока на сопоставляемых вариантах приводить к одинаковым влагозапасам путем перемножения коэффициента стока одной из площадок на запасы снеговой воды другой. При этом надо по возможности исключать те случаи, при которых благодаря благоприятному сочетанию гидрометеорологических условий указанная тенденция не имела места.

Анализ литературных и экспериментальных данных по стоку с учетом различных условий его формирования, выявление связей стока с гидрометеорологическими условиями осенне-зимне-весеннего периода и с характером обработки почвы позволили автору [149] разработать схему прогнозирования стока. Данные прогноза можно использовать для регулирования стока и борьбы с эрозией, подготовки к паводку различных гидротехнических, дорожных и хозяйственных сооружений и устройств, определения ресурсов и перспектив использования местного стока и других целей.

Регулирование снеготаяния

Под регулированием снеготаяния понимают применение приемов, способствующих неравномерному сходу снежного покрова и обогащению почвы в разные сроки в целях сокращения стока и эрозии и повышения влажности почвы. К таким приемам относятся зачернение, распахивание, мульчирование и уплотнение снега полосами по-

перек склона перед началом весеннего снеготаяния. Эти приемы до последнего времени без достаточного обоснования безоговорочно рекомендовались в масштабе всей страны, где формируется снежный покров, на всех сельскохозяйственных угодьях. Автор [146, 153] в результате многолетних исследований и анализа литературных данных, пришел к следующим выводам.

Полосное зачернение снега на полях при обычной мощности снежного покрова не дает ощутимых положительных результатов в отношении уменьшения стока, увеличения влажности почвы и повышения урожаев сельскохозяйственных культур. Как показали наши эксперименты на черноземах Тимашевского участка Куйбышевской области, при большой его мощности (50-80 см и больше), например, в зоне снежных шлейфов, и высокой льдистости лишь верхней части пахотного горизонта этот прием может способствовать повышению просачивания воды в почву, но применять его на шлейфах не имеет смысла.

На серых лесных почвах Новосильской АГЛЮС весной 1959 г. на одной стоковой площадке с полосным зачернением снега сток уменьшился на 9,6 мм (7%) по сравнению с контролем, на другой увеличился на 9 мм (7%); на двух других площадках с полосным снегопаханием сток увеличился на 4,1 и 8,9 мм (3 и 7%). Согласно данным А.Т. Барбанова, на той же станции в период 1967-1970гг. лишь весной 1967 г., когда мощность снежного покрова была велика и льдистость верхней части пахотного горизонта большая, на площадке с полосным зачернением снега наблюдалось уменьшение стока (128 мм при коэффициенте стока 0,64 против 150 мм и коэффициенте 0,76). В остальные годы зачернение снега не сказалось на стоке. Вместе с тем в связи с более ранним обнажением почвы от снега при полосном его зачернении значительно увеличивается вынос мелкозема.

Вопрос о целесообразности полосного зачернения снега на участках, где рано формируется под снегом ледяная корка (пастбищные угодья), требует дополнительного изучения.

Полосное обнажение почвы от снега перед началом снеготаяния также не оказывает заметного влияния на сокращение стока и повышение влажности почвы. В отличие от зачернения снега, при котором на зачерненных полосах талая вода просачивается в почву в той степени, в какой последняя способна ее воспринять, при полосном снятии снега обнаженные полосы лишаются собственной снеговой воды; лишь частично ее запасы могут быть восполнены за счет «транзитной» воды

при наличии стока. В результате в засушливых условиях полосное снятие снега на зяби ведет, с одной стороны, к хорошему и избыточному увлажнению почвы в местах, куда надвигается или наваливается снег, так что талая вода просачивается за пределы корнеобитаемого слоя и не полностью используется растениями, а с другой – к сильному обеднению почвы влагой на обнаженных от снега полосах. В конечном счете это обуславливает пестроту и общее снижение урожая. Поэтому рассматриваемый прием в случае его применения на черноземах и каштановых почвах степей таит в себе серьезную опасность снижения урожая, не говоря уже о бесполезных затратах, связанных с его выполнением.

Распашка снега в течение зимы в целях снегозадержания является полезным приемом и его следует широко применять. Вопрос о весенней полосной распашке снега и разрушении ледяной корки, где она часто формируется (например, на пастбищах), подлежит изучению.

Полосное замедление снеготаяния посредством мульчирования снега соломой или другими материалами в мелиоративном отношении достаточно эффективно, оно способно в значительной степени зарегулировать и сократить сток, уменьшить эрозию и повысить влагообеспеченность полей. Однако в настоящее время мульчирование требует больших затрат труда и много мульчматериалов, поэтому оно пока не находит широкого применения в практике. Но в случае создания дешевой непрозрачной пленки или порошкообразного вещества, задерживающего таяние снега, этот прием может быть усовершенствован коренным образом. Тогда был бы положительно решен вопрос регулирования стока на озимых и других стокообразующих угодьях, особенно если бы мульчирование пленкой или порошком сочеталось с внесением удобрений.

Полосное уплотнение снега перед началом снеготаяния, как правило, не дает положительных результатов, так как уплотненный полосами снег при одинаковой его массе сходит одновременно с неуплотненным [146]. Лишь когда после полосного уплотнения его масса вследствие новых снегопадов увеличивается (происходит снегозадержание), он стаивает несколько позднее. В природе наблюдаются также случаи, когда талая вода, поступающая вследствие своеобразного дренажа из снежного покрова с большей мощностью на участки с меньшей мощностью или туда, где снег полностью отсутствует, замерзает о время сильных ночных заморозков с образованием наледи, при благоприятных условиях аналогичная картина образования большой наледи может иметь место и при полосном уплотнении снега, что

может привести к более позднему сходу снега и льда (вследствие большой их массы) на уплотненных полосах.

Однако указанный процесс наблюдается довольно редко, преимущественно в северных районах. Полосное уплотнение снега прикатыванием целесообразно применять в течение зимы как прием снегозадержания.

О влиянии механического состава почвы на сток талых вод

Хорошо известно, что почвы легкого механического состава (песчаные и супесчаные) в теплое время года обладают лучшей инфильтрационной способностью, чем суглинистые и особенно глинистые. Процессы просачивания талых вод в мерзлые почвы различного механического состава обуславливаются совокупным влиянием многих как гидрометеорологических, так и агротехнических факторов. Это накладывает отпечаток на формирование стока на них в зональном разрезе; на уплотненной пашне эти особенности менее выражены, чем на зяблевой пахоте.

В § 3 главы II показано, что на каштановых песчаных и супесчаных почвах формируется больший сток с зяби, чем на каштановых суглинках. Там же дано объяснение этому факту: бесструктурность легких почв, их способность к быстрому уплотнению после вспашки под влиянием атмосферных осадков и силы тяжести. Мы полагаем, что указанная закономерность справедлива лишь для почв преимущественно степного ряда – черноземов, каштановых и бурых. На подзолистых и серых лесных почвах, где слой и коэффициент стока с зяблевой пахоты мало отличаются от этих показателей на уплотненной пашне, легкий механический состав способствует уменьшению стока, о чем свидетельствуют некоторые материалы, изложенные в § 1 главы II. Принципиальную зависимость стока талых вод с зяби от механического состава почв в зональном плане можно представить в виде схемы (рис. 17).

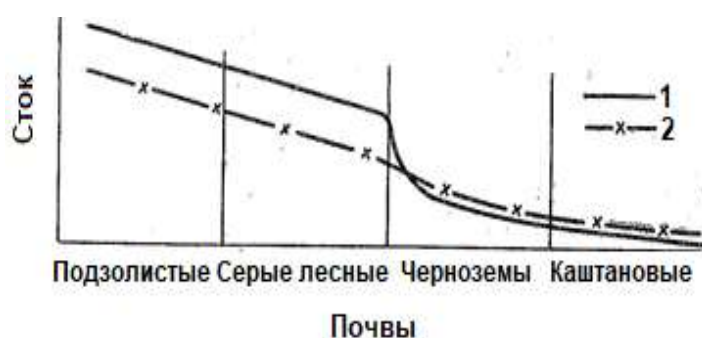


Рис. 17. Принципиальная зависимость стока талых вод с зяби от механического состава почв (1 – на суглинистых и глинистых почвах, 2 – на песчаных и супесчаных почвах)

По нашим предварительным выводам, в условиях степей соотношение скоростей просачивания талых вод в уплотненные почвы различного механического состава лишь в некоторой степени приближается к соотношению скоростей просачивания воды в летний период. Поэтому размеры стока с уплотненной пашни на песчаных и супесчаных почвах в указанных условиях такие же или несколько меньшие, чем на суглинистых.

Влияние уклона на сток

Вопрос о влиянии уклона на сток талых и ливневых вод обсуждается в литературе давно, но и в настоящее время значение уклона расценивается по-разному. Многие ученые до недавнего времени придавали уклону большое значение. В экспериментах Дьюли и Хейса [185], В. Б. Гуссака [41], Ф. П. Серика [125] и других исследователей эта закономерность выявилась достаточно отчетливо. В. Б. Гуссак на основании своих экспериментов на монолитах заключает, что при увеличении угла наклона ливневый сток растет прямо пропорционально \sqrt{i} , где i – уклон, т. е. с увеличением уклона в 4 раза сток возрастает в 2 раза. И. Н. Торгушников [161] в результате экспериментов на небольших стоковых площадках получил данные, показывающие, что ливневый сток не зависит от уклона. В экспериментах Г. А. Харитонова [169] на стоковых площадках влияние уклона на сток талых вод также не выявилось. М. И. Львович [90] на основании своих исследований и обобщения отечественной и зарубежной литературы пришел к выводу, что объем склонового стока не зависит или почти не зависит от уклона.

А. И. Чеботарев и С. И. Харченко [174] пришли к заключению, что в многоводные вёсны с коэффициентом стока более 0,25 различия в уклонах водосборов не влияют на величину стока, а в более маловодные влияние заметное. Однако это заключение сделано без учета особенностей агрофона полей на сравниваемых водосборах. В опытах П. И. Аксенова [2] и Э. Д. Введенской [21] в некоторых случаях обнаруживалась связь коэффициента стока талых вод с уклоном, однако при этом не учитывалось значение степени смытости почвы на отрезках склона разной крутизны, поэтому трудно судить о действительном влиянии уклона. В других случаях его влияние совсем не выявилось. Х. Беннетт [14], обобщив литературу по данному вопросу в США, пришел к выводу, что уклон практически не влияет на сток.

Анализируя приведенные выше материалы (см. табл. 3, 4, 38 и др.), можно заключить, что уклон не оказывает сколько-нибудь замет-

ного влияния на сток талых вод. По данным табл. 38 можно судить о небольшом возрастании стока на более крутой части склона, но при повышенной смывности здесь почвы. Мы рассчитали увеличение стока на 1° крутизны склона; эти сведения представлены в табл. 51.

Таблица 51

Увеличение стока на 1° крутизны склона

Год	Зябрь		Многолетние травы	
	сток, мм	коэффициент стока	сток, мм	коэффициент стока
1957-58 (среднее за 3 паводка)	0,47	0,01	1,53	0,038
1949	0	0	1,53	0,037

Таким образом, величина и коэффициент стока возросли незначительно. При сохранении указанного соотношения в широком диапазоне уклонов разница в 10° в условиях 1957-58 г. привела бы к увеличению стока с зяби на 4,7 мм, а с многолетних трав на 15,3 мм. На такую же величину возрос бы сток с трав и в 1949 г. (при одинаковых влаготпахах в снеге). Как уже отмечено, на более крутом отрезке склона почва смывта сильнее, поэтому указанное увеличение стока большей частью связано с уменьшением инфильтрационной способности почвы. Прямое влияние уклона в чистом виде могло сказаться незначительно.

А. Т. Барабанов провел искусственное дождевание микроплощадок на светло-каштановых почвах при помощи дождевальной установки [143], дающей крупнокапельный дождь. Материалы, характеризующие влияние уклона и состояния поверхности почвы на сток, представлены в табл. 52. Из нее видно, что влияние уклона в различных конкретных условиях проявляется по-разному. Так, на площадках, взрыхленных с поверхности (проведена культивация пара), благодаря чему обеспечивается хороший контакт воды с почвой, оно сказалось незначительно; лишь при очень большой интенсивности дождя (2,1 мм/мин) и значительной предшествующей влажности почвы оно повысилось. На посевах ячменя, где уже появились всходы, и почва с поверхности успела уплотниться, уклон довольно сильно повлиял на увеличение стока. На многолетних травах его влияние было намного слабее в связи с тем, что травостой увеличивает затопление поверхности почвы. На целине с неполностью сомкнутым травяным покровом из-за различной смывности почвы на отрезках разной крутизны нельзя проследить влияния уклона на сток. Однако здесь обращает на себя внимание то

обстоятельство, что срезание травы довольно сильно увеличило сток и коэффициент стока: на отрезке склона крутизной 6° соответственно на 3,3 мм и 80%, на отрезке 12° – на 5,8 мм и 26%. Отсюда следует, что увеличение густоты травостоя обеспечивает уменьшение стока и влияния уклона на его показатели. При подаче воды в виде мелкокапельного дождя значение уклона будет меньше, чем дождя с крупной каплей, особенно на незащищенной почве.

Таблица 52

Влияние крутизны склона и состояния поверхности почвы на показатели стока при искусственном дождевании

Агротехнический фон	Средняя скорость впитывания 75 мм воды при затоплении, мм/мин	Влажность 30-см слоя почвы перед дождеванием, %	Сток, мм, и коэффициент стока при дождях интенсивностью			
			1,1-1,2 мм/мин в течение 58-63 мин		1,9-2,1 мм/мин в течение 33-38 мин	
Пар закультивирован	1,92	9,4-8,7	Крутизна склона			
			3°	5°	3°	5°
			<u>15,0</u> 0,214	<u>16,5</u> 0,231	<u>20,8</u> 0,297	<u>27,0</u> 0,386
То же	6,25	5,6	<u>18,0</u> 0,204	<u>18,5</u> 0,213	<u>27,1</u> 0,312	<u>28,9</u> 0,333
			5°	7°	5°	7°
Ячмень, всходы	3,75	6,5-5,9	<u>12,0</u> 0,171	<u>19,0</u> 0,272	<u>16,7</u> 0,238	<u>26,1</u> 0,373
Многолетние травы 5-го года	1,17	5,6	<u>27,5</u> 0,393	<u>35,8</u> 0,511	<u>33,3</u> 0,476	<u>37,4</u> 0,535
			6°, почва слабосмытая	12°, почва среднесмытая		
Целина, полусомкнутый травостой	1,19	12,0	<u>4,1</u> 0,058	<u>22,5</u> 0,321	Не определяли	
То же, трава срезана	1,19	12,0	<u>7,4</u> 0,106	<u>28,3</u> 0,404	То же	

Обращаясь к теоретической стороне вопроса, отметим существенную разницу во влиянии уклона на сток ливневых и талых вод, откуда следует и необходимость его отдельного анализа. Рассмотрим сначала связь стока ливневых вод с уклоном.

Прямого влияния на впитывание воды в почву уклон, конечно, не оказывает, так как инфильтрационная способность почвы не зависит от

уклона. Однако ее реальная водопроницаемость (реальное водопоглощение) во время дождей зависит от него [137]. Его влияние в конечном счете сводится к уменьшению площади затопления почвы и, следовательно, к сокращению интенсивности впитывания ею воды. Непосредственно это выражается, во-первых, в уменьшении емкости нано- и микрорельефа поверхности, связанной с ее наклоном, и, во-вторых, в увеличении энергетической способности струй воды усиленно разрушающих и сглаживающих микронеровности, что приводит к большей концентрации стока и сокращению площади затопления почвы. Все это снижает скорость впитывания воды и увеличивает сток.

Из сказанного следует, что при различном состоянии поверхности влияние уклона на сток проявляется по-разному: на незащищенной уплотненной пашне оно должно выражаться сильнее, на хорошо задерненной или имеющей устойчиво рыхлый поверхностный слой – значительно слабее. Иначе говоря, наличие густого травостоя, рыхлой лесной подстилки и всевозможной мульчи сильно уменьшает или сводит на нет влияние уклона. При высоких стокообразующих интенсивностях ливней максимальная водопроницаемость почвы также сказывается на степени влияния уклона на сток: чем она выше, тем значение уклона больше.

Все сказанное по данному вопросу позволяет заключить, что влияние уклона на сток дождевых вод изменяется в широких пределах в зависимости от агрофона территории и от химических и водно-физических свойств почвы, следовательно, и в зональном разрезе.

В отношении влияния уклона на сток талых вод мы, как и М. И. Львович и др., считаем, что оно весьма незначительно или вовсе отсутствует. Такой вывод обосновывается следующими соображениями: во-первых, интенсивность впитывания талых вод почвой мало зависит от нанорельефа поверхности, наличия травостоя и других вышеуказанных факторов, так как роль основного фактора, обеспечивающего контакт воды с почвой (ее затопление), выполняет снежный покров [147]; во-вторых, при отсутствии снежного покрова вследствие пониженной инфильтрационной способности мерзлой почвы уклон также очень слабо влияет на величину стока.

Все это позволяет заключить, что на участках уплотненной пашни влияние уклона на сток талых вод практически отсутствует, а на зяблевой пахоте оно может слабо проявляться в маловодные (но со стоком) и в средние по водности вёсны.

Глава III. МЕРОПРИЯТИЯ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ СТОКА И БОРЬБЕ С ЭРОЗИЕЙ ПОЧВ

Эрозия почв обусловлена влиянием многих природных факторов и хозяйственной деятельности человека. Поэтому для эффективной борьбы с эрозией требуется применение комплекса организационно-хозяйственных, агротехнических, лесо- и лугомелиоративных и гидротехнических мероприятий, охватывающих целые водосборы.

1. Агронимические мероприятия

Влияние глубины зяблевой вспашки и окультуривания почв на сток талых вод

Глубина основной вспашки является одним из важных показателей культуры земледелия. Положительная роль более глубокой пахоты в накоплении влаги в почве и повышении урожаев известна давно. Виднейшие русские ученые и агрономы С.М. Усов, А. Н. Шишкин, П. Ф. Бараков, А. А. Измаильский, И. А. Стебут, Д. И. Менделеев, К. А. Тимирязев и другие еще в прошлом столетии придавали большое значение более глубокой вспашке. Экспериментальными исследованиями многих опытных станций на полях дореволюционной России, расположенных в разных почвенно-климатических зонах, установлено, что более глубокая зяблевая вспашка способствует накоплению влаги в почве и повышению урожая сельскохозяйственных культур [103]. Однако под мелкой в то время понималась вспашка на 9-10 см, а глубокой считалась вспашка на 18-20 см. В дореволюционный период, а также в первые полтора два десятилетия Советской власти, когда обработка почвы проводилась в основном на конной тяге, более глубокая вспашка не могла получить значительного распространения. С 1938 г. была введена как обязательная вспашка на глубину 20-22 см. В настоящее время такая вспашка считается нормальной, а под глубокой понимается вспашка на 25-27 см и глубже.

Следует отметить, что в прежних работах главное внимание уделялось изучению общеагротехнической эффективности глубокой зяби; вопрос о ее водорегулирующей роли, влиянии на сокращение стока та-

лых вод и эрозию до недавнего времени не разрабатывался. Впервые на эту сторону проблемы обратил внимание Б. В. Поляков [111]. Б. В. Поляков, а затем М. И. Львович [91] пришли к выводу, что углубление пахотного горизонта до 20-22 см способствовало сокращению стока в Заповжье на 20-25%. В последние 15-20 лет повысился интерес к изучению этого важного вопроса, и он нашел отражение в работах ряда исследователей [47, 54, 60, 106, 159, 180 и др.]. Положительное влияние глубокой обработки почвы на склонах на уменьшение стока и повышение урожая пшеницы установлено и в США [188].

Просачивание талой воды в почву определяется внутренними почвенными и внешними факторами. К внутренним относятся структурность почвы, сложение (рыхлое или плотное) и мощность пахотного горизонта, определяющие в условиях сильного увлажнения степень закупорки почвенных пор льдом (льдистость). К внешним факторам можно отнести микрорельеф поверхности и снежный покров [147].

Выше мы видели на примере большого фактического материала, что рыхлое сложение пахотного горизонта обуславливает хорошую инфильтрацию талой воды в мерзлую почву. Сущность этого явления заключается в следующем. Как известно, поровое пространство вспаханной под зябь почвы состоит из капиллярных и некапиллярных пор и скважин. При замерзании даже сильно увлажненной почвы часть этого пространства (наиболее крупные поры и полости) остается свободной ото льда, и почва в той или иной степени сохраняет способность впитывать и фильтровать вниз талую воду. Н. А. Качинский [62] установил, что вода в крупных порах замерзает «пристенно». При замерзании же почвы в уплотненном состоянии (озимые, многолетние травы и др.), когда ее поровое пространство представлено преимущественно в виде капиллярной системы пор, в порах образуются ледяные пробки, и инфильтрационная способность почвы резко понижается¹. Это в свою очередь в ряде случаев приводит к образованию во время зимних оттепелей, а в некоторых случаях и в период весеннего снеготаяния поверхностной ледяной корки, что усиливает сток. Такая картина нередко наблюдается на многолетних травах, озимых и других сельскохозяйственных угодьях.

Таким образом, главнейшим агротехническим мероприятием, обуславливающим наилучшее просачивание в почву талых вод, является высококачественная зяблевая вспашка. Именно рыхление создает

¹См. также И. Б. Ревут Физика почв. Л. «Колос» 1972, 366 с. *Прим. ред.*

благоприятные условия для инфильтрации талой воды в почву. Направление вспашки не влияет на инфильтрационную способность почвы, и поэтому зяблевой вспашке поперек склона принадлежит скромная роль в задержании талых вод.

Рассмотрим влияние глубины вспашки на сток талых вод. Литературные данные и экспериментальные материалы ВНИАЛМИ, характеризующие это влияние, сведены в табл. 53 и 54 [Исследования в опытной сети ВНИАЛМИ проводили под руководством и при участии автора; на Новосильской станции В. Н. Дьяков (1959-1961 гг.), В. Л. Сухов (1962 и 1963 гг.) и Л. Я. Королева (1964-1966 гг.), в совхозе «Динамо» Волгоградской области В. Ф. Агеев, на Камышинском опорном пункте Д. Антипов и Н. Е. Богулина, в опытном хозяйстве ВНИАЛМИ в Волгограде А. Т. Барабанов.] Для повышения сопоставимости цифрового материала сток в необходимых случаях приводили к одинаковым влагозапасам в снеге (его величины показаны в графе «Сток» в скобках). Поправка рассчитывалась для глубокой и очень мелкой пахоты путем умножения величины запасов снеговой воды на контрольных площадках (с нормальной вспашкой) на коэффициент стока, полученный при глубокой или мелкой их вспашке.

В табл. 53 и 54 помещены также расчетные величины уменьшения стока на 1 см углубления пахоты (рыхления); они характеризуют водопоглощающую эффективность различной по глубине пахоты.

Таблица 53

**Влияние глубины зяблевой вспашки на сток талых вод
(по литературным данным)**

Почва	Год	Характер зяблевой обработки	Крутизна склона, град.	Запас воды в снеге, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Приведенная разница в стоке, мм	Уменьшение стока на 1 см углубления пахоты, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Подзолистый суглинок [47]	1952	Вспашка поперек склона на 20 см	1,4	107	80,0	0,750	-	-
		То же, на 25 см	1,5	112	74,6 (71,7)	0,670	8,3	1,7
Чернозем обыкновенный [159]	1955	Лушение стерни на 6-8 см	1,4	166	107,7	0,649	34,8	2,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чернозем обыкновен- ный [159]	1955	Вспашка на 22-25 см	1,4	166	72,9	0,439	-	-
		Безотвальная вспашка на 40-45 см	1,4	166	38,7	0,233	34,2	1,7
	1956	Вспашка на 22-25 см	1,5	81	25,0	0,309	-	4,0
		То же, на 35-40 см	1,5	81	3,2	0,040	21,8	1,7
То же [180]	1956	Лущение на 6-8 см	0,7	154	100,0	0,649	90,8	6,4
		Вспашка на 20-22 см	0,7	74	4,5 (9,2)	0,061	-	-
	1957	Вспашка на 20-22 см	0,6	119	97,0	0,815	-	-
		Безотвальная вспашка на 35-40 см	0,6	121	36,0	0,298	51,0	3,4
	1958	Вспашка на 20-22 см	3	90	5,6	0,062	-	-
		То же + почвоуглубле- ние на 15 см	2,7	96	22,6	0,235	-17,0	-
		Безотвальная вспашка на 35-40 см	2,8	102	6,5 (5,4)	0,064	0,2	-
	1960	Вспашка на 20-22 см	1,8	100,0	11,4	0,114	-	-
		То же 4 + почвоуг- лубление на 15 см	1,9	60,0	1,2(2)	0,020	9,4	0,8
		Безотвальная вспашка на 35-40 см	1,4	102,0	5,2	0,052	6,6	0,4
		Безотвальная вспашка на 22 см	-	21,8	3,1	0,143	-	-
		То же, на 37 см	-	23,7	4,7	0,174	-	-
	Темно-каш- тановая [106]	1956	Дискование поперек склона на 7-9 см	2-2,5	84,0	41,2 (62,5)	0,490	59,4
Вспашка вдоль склона на 23-25 см			2-2,5	128,0	3,1	0,024	-	-
То же, на 45-50 см			2-2,5	153,0	0,0	0,0	-	-

Используя эти цифры, а также приведенные величины стока с уплотненной пашни, которые показывают нулевой уровень уменьшения стока, мы построили графики, отражающие степень сокращения стока в различных диапазонах глубины вспашки (рис. 18). Из таблиц и графиков видно следующее. Глубокая зяблевая вспашка способствует уменьшению стока на всех типах почв, от подзолистых до каштановых.

Степень этого уменьшения варьирует в большинстве случаев от 0,8 до 4,0 мм на 1 см углубления пахоты. Широкий диапазон связан главным образом с характером зим, а также с особенностями зяблевой обработки. В годы, когда сток с нормальной зяби был незначи-

ный, влияние глубокой вспашки не выявилось. В 1961 и 1962 гг., когда сток был небольшой, водопоглощающая эффективность различной зяби снивелировалась. Наиболее четко влияние глубокой вспашки выявилось в годы с повышенной водностью и в многоводные годы.

Таблица 54

**Влияние глубины зяблевой вспашки на просачивание и сток талых вод
(по данным опытных станций и пунктов ВНИАЛМИ)**

Год	Агрономический фон	Крутизна склона, град.	Запасы снеговой воды + осадки весны, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Приведенная разница в стоке, мм	Уменьшение стока на 1 см углубления пахоты, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Серые лесные слабо- и среднесмытые почвы (Новосильская АГЛОС)</i>								
1959	Поперек склона на 14-16 см	3,2	131	22,4	108,6 (102,8)	0,829	-	-
	То же, на 21-23 см	2,5	124	33,0	91,0	0,734	11,8	2,0
1960	Вдоль склона на 15-17 см	4,7	117	13,8	104,2 (100,7)	0,891	-	-
	То же, на 21-23 см	2,5	113	37,1	75,9	0,671	24,8	4,1
	То же, на 21-23 см	1,8	141	55,8	85,2	0,604	-	-
	То же, на 32-35 см (с почвоуглублением)	1,3	141	113,5	27,5	0,195	57,7	4,8
1960	То же, на 32-35 см	2,5	115	67,2	47,8 (58,7)	0,416	26,5	2,2
1961	Поперек склона на 20-22 см (2)	3,0	33	26,3	6,7	0,203	-	-
1961	То же, на 32-35 см (с почвоуглублением) (2)	2,8	33	31,7	1,3	0,039	5,4	0,5
1962	Гребнистая на 20-22 см (3)	2-4	22	5,2	16,8	0,764	-	-
	То же, на 27-30 см	2-4	22	17,5	4,5	0,204	12,3	1,8
	Вдоль склона на 20-22 см	1,8	22	2,4	19,6	0,893	-	-
	То же, на 35-37 см (с почвоуглублением)	2-4	22	11,2	10,8	0,445	8,8	0,6
	Поперек склона на 20-22 см (2)	2,5	22	14,6	7,4	0,336	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1962	То же, на 35-37 см (с почвоуглублением) (2)	1,8	23	21,5	1,5	0,065	5,9	0,4
1963	Вспашка на 20-22 см (2)	1,8	115	56,8	58,2	0,506	-	-
	То же, на 25-27 см (2)	1,8	115	62,6	52,4	0,456	-	1,1
	Вспашка на 20-22 см (4)	2,5-3	116	53,7	62,3	0,541	-	-
	То же, на 25-27 см (4)	2,5-3	102	61,0	41,0 (46,6)	0,402	15,7	3,1
<i>Черноземы типичный и обыкновенный (Тимашевский участок и Поволжская АГЛОС Куйбышевской области)</i>								
1957	Стерня	2,2	179	23,8	155,2 (132,7)	0,867	-	-
	Безотвальная на 12-15 см (2)	2,2	158	32,4	125,6	0,795	7,1	0,5
	То же	2,2	158	32,4	125,6 (119,5)	0,795	-	-
	Вспашка вдоль склона на 25-27 см	2,2	152	65,0	87,0	0,572	32,5	2,5
	То же, контроль (4)	2,2	135	60,0	74,9	0,555	-	-
	То же, на 32-35 см (2)	2,2	129	64,3	64,7 (68,9)	0,502	6,0	0,9
	То же, на 25-27 см (3)	2,2	149	64,2	84,8	0,569	-	-
	Безотвальная на 32-35 см (2)	2,2	158	68,7	89,3 (82,4)	0,565	2,4	0,3
1966	Вспашка на 20-22 см (2)	2,5	140	97,5	42,5	0,304	-	-
	То же, на 28-30 см (2)	2,5	132	119,8	12,2 (12,9)	0,092	29,6	3,7
1968	Вспашка на 20-22 см (2)	2,5	67	37,7	29,3	0,434	-	-
	То же, на 28-30 см (2)	2,5	82	51,6	30,4 (24,9)	0,371	4,4	0,6
1970	Вспашка на 20-22 см (2)	2,5	91	74,8	16,2	0,178	-	-
	То же, на 28-30 см (2)	2,5	82	71,8	10,2 (11,3)	0,124	4,9	0,6
<i>Чернозем обыкновенный (совхоз «Динамо» Волгоградской области)</i>								
1963	Вспашка на 20-22 см (2)	2,5	125	112,3	13,7	0,110	-	-
	То же, на 25-28 см (2)	2,5	123	121,3	1,7	0,014	12,0	2,40
1964	Вспашка на 20-22 см (4)	2,0	125	120,9	4,1	0,033	-	-
	То же, на 27-30 см (4)	2,0	125	123,9	1,1	0,009	3,0	0,43
<i>Каишановая суглинистая почва (Камышинский опорный пункт)</i>								
1962	Поперек склона на 22-24 см	1,7	38	35,3	2,7	0,071	-	-
	То же, на 26-28, см	1,7	37	35,8	1,2	0,032	1,5	0,40
1963	Залежь	1,7	107	19,5	87,5 (67,1)	0,818	-	-
	Вспашка вдоль склона на 12-15 см	1,7	90	62,5	27,5	0,306	42,0	3,10
	То же, на 17-18 см	1,7	79	67,8	11,2 (11,6)	0,142	13,5	4,50
	То же, на 20-22 см	1,7	82	81,6	0,4	0,005	11,2	3,20
	То же, на 27-30 см	1,7	93	93,0	0	0	-	-
<i>Светло-каишановые почвы (опытное Хозяйство ВНИАЛМИ в Волгограде)</i>								
1962	Вспашка на 20-22 см	3,3	74	70,7	3,3	0,044	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1962	То же, на 27-30 см	3,3	70	69,8	0,2	0,003	3,1	0,44
1963	Вспашка на 20-23 см	3,7	83,	34,4	48,6	0,586	-	-
	То же, на 27-30 см	3,5	79	42,3	36,7 (38,6)	0,465	10,0	1,50
1964	Вспашка на 20-22 см	3,8	48	42,6	5,4	0,112	-	-
	То же, на 27-30 см	4,0	48	46,0	2,0	0,042	3,4	0,50

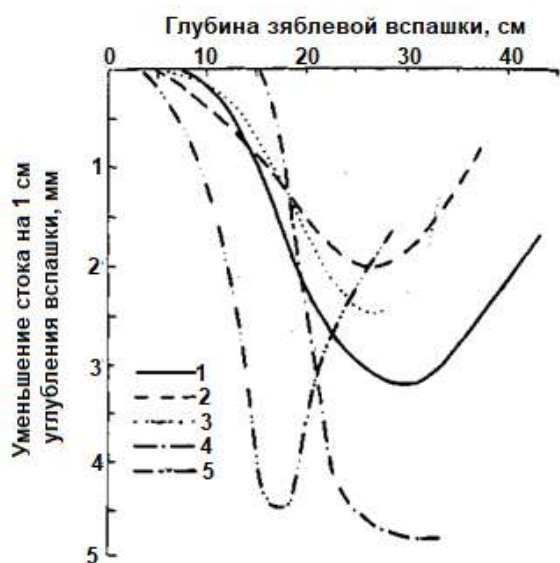


Рис. 18. Влияние глубины зяблевой обработки (в различных ее диапазонах) на уменьшение стока (обобщение автора):

1 – Каменная степь (НИИСХ ЦЧП), 1955 г.; 2 – то же, 1960 г.; 3 – Тимашевский участок, 1957 г.; 4 – Новосильская АГЛОС, 1960 г.; 5 – Камышинский опорный пункт, 1963 г.

Встает вопрос о влиянии на сток глубины вспашки в различных ее диапазонах. Из табл. 53 следует, что рыхление почвы на глубину до 6-8 см (лушение стерни) не способствует или мало способствует его уменьшению.

При глубине рыхления 9-11 см сток несколько уменьшается и по мере дальнейшего его увеличения темп снижения нарастает; это иллюстрируется более крутым падением кривых (рис. 18). На графиках отчетливо видно, что при глубине вспашки до 12-15 см уменьшение стока на 1 см углубления пахоты происходит медленно, затем кривая круто падает и далее при глубине 25-27 см начинает подниматься. Наибольшее влияние на удельное сокращение стока оказывает глубина вспашки в

диапазоне 22-30 см; при дальнейшем ее увеличении темп этого сокращения становится все меньше и меньше. Можно полагать, что в диапазоне глубины 40-55 см (в разные годы по-разному) он приближается к нулю, т. е. дальнейшее углубление пахоты не влияет на снижение стока. Наиболее эффективная с точки зрения общего сокращения стока глубина вспашки 27-30 см (до 35 см); более глубокая вспашка, конечно, еще больше уменьшает сток, но не намного. При окультуривании почвы эффективная глубина вспашки может повыситься.

Сравнивая интенсивность впитывания почвой талых вод на отвальной и безотвальной зяби, можно заметить (например, по району Тимашево) преимущество в этом отношении вспашки с оборотом пласта. В. Н. Каулин [60] отмечает, что глубокая безотвальная обработка способствовала некоторому увеличению коэффициента стока с полей в 1959, 1960, 1962 и 1964 гг. По сравнению с обычной на глубину 20-22 см (0,09 против 0,08) Несмотря на это, увлажнение почвы в связи с большими снегозапасами повышается. Повышенный сток при такой обработке мы объясняем тем, что пахотный горизонт в значительной своей части состоит из неразрушенных глыб, в которые талая вода просачивается медленно. Однако смыв почвы здесь менее выражен, чем на отвальной зяби. Безотвальная с оставлением стерни обработка почв, при которой не выворачивается на поверхность малоплодородная порода, может найти применение, в частности, на эродированных склоновых землях, где почвы имеют укороченный гумусовый горизонт. Но в настоящее время она производится специальными орудиями – плоскорезами, например, плоскорезом-глубоко-рыхлителем КПП-250. На гидрологической и противоэрозионной роли плоскорезной обработки почвы мы остановимся несколько ниже.

Чем же обусловлено положительное влияние глубокой вспашки на инфильтрацию талых вод? Рассмотрим два случая: 1) зяблевая вспашка на 25 см и 2) вспашка почвы на 15 см.

Пахотный горизонт в рыхлом состоянии отличается более высокой инфильтрационной способностью, чем подпахотный, поэтому при более глубокой вспашке осенние осадки значительно быстрее просачиваются вглубь и предзимняя влажность глубоко взрыхленного слоя будет меньше. Поровое пространство пахотного горизонта в предзимний период в большей части свободно от воды, в то время как в зоне подошвы и ниже капиллярная система пор при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости почвы и больше ее, в основном заполняется водой.

На процесс увлажнения почвы накладывается процесс ее замерзания. В разные годы замерзание происходит с различной скоростью, однако проникновение волны холода в глубину, как правило, во всех случаях замедляется. При мелкой вспашке волна холода быстро охватывает пахотный горизонт, включая зону подошвы, в результате дальнейшее продвижение гравитационной воды вниз прекращается; напротив, происходит обратное движение влаги по капиллярам

навстречу фронту промерзания. Во время зимних оттепелей это тормозит просачивание талой воды вглубь, способствуя накоплению льда в пахотном горизонте, и все больше уменьшает инфильтрационную способность почвы. При более глубокой осенней вспашке волна холода значительно позднее достигает подошвы пахотного горизонта, поэтому гравитационная влага успевает просочиться из зоны раннего замерзания вглубь и освободить поры; то же происходит и во время оттепелей. Таким образом, при мелкой осенней вспашке создаются условия для быстрого замерзания в пахотном и верхней части подпахотного горизонта просочившейся в почву воды, в результате значительная часть почвенных пор закупоривается и увеличивается льдистость. При более глубокой вспашке гравитационная влага быстрее просачивается вглубь за пределы зоны раннего замерзания, благодаря чему почвенные поры меньше закупориваются льдом, и инфильтрационная способность почвы сохраняется на более высоком уровне.

Нужно иметь в виду, что даже незначительное изменение скорости просачивания талой воды в почву играет большую роль в формировании стока. В случае ее повышения в среднем лишь на 0,003 мм/мин суммарное поглощение за сутки увеличивается на 4,3 мм, а за пять суток снеготаяния – на 21 мм. В некоторые годы неблагоприятные процессы в верхней части пахотного горизонта (быстрое замерзание сильно увлажненной почвы) оказывают решающее влияние, резко сокращая впитывание талых вод. Все же очень редко случается, чтобы глубокая вспашка совершенно не сыграла положительной роли в сокращении стока и повышении влажности почвы. Водопоглощающая и водорегулирующая роль глубокой пахоты может быть сильно повышена окультуриванием эродированных почв, обогащением их органическими веществами и улучшением водно-физических свойств. Остановимся на этом вопросе.

Водно-физические и химические свойства почв играют громадную роль в просачивании талых вод и формировании стока. В одинаковых климатических условиях на серых лесных почвах сток значительно больше, чем на черноземах. На сильноосмытых почвах всех типов он выше, чем на слабо затронутых эрозией. Вопрос о влиянии степени смытости почв на сток в настоящее время мало изучен, поэтому трудно охарактеризовать это влияние с количественной стороны. Можно лишь в первом приближении считать, что на среднесмытых почвах сток с зяби при прочих равных условиях повышается до

10-15%, а на сильноосмытых до 20-30% по сравнению с несмытыми и очень слабоосмытыми. Широкий диапазон колебаний связан с типом почв и с гидрометеорологическими условиями года, определяющими размеры стока вообще. На черноземах по мере нарастания степени их смытости сток должен увеличиваться значительно сильнее чем на серых лесных почвах. В многоводные годы на эродированных почвах он повышается в большей степени, чем в маловодные.

Теоретически можно полагать, что на уплотненной пашне сток в связи с степенью эродированности почвы увеличивается меньше, чем с зяби, так как в этом случае решающим фактором является сложение почвы. Сток по пласту многолетних трав или на недавно распаханной залежи значительно меньше, чем по старовспашке, где почва отличается распыленностью, а почвенная структура – слабой водопрочностью. В таких случаях уменьшение стока происходит частично за счет сильного иссушения почвы культурой трав, но в значительной степени оно обязано и повышению водопрочности ее структуры. Таким образом, очевидно, что на почвах, отличающихся большим содержанием гумуса и обладающих лучшими водно-физическими свойствами сток с зяби намного ниже, чем на таких, которым в меньшей степени присущи эти качества. Процессы эрозии низводят почвы на более низкую ступень плодородия. Восстанавливая и повышая почвенное плодородие путем их окультуривания, можно достигнуть хороших результатов в сокращении стока и эрозии.

Под окультуриванием почвы понимается увеличение мощности пахотного горизонта и обогащение органическим веществом при насыщении почвенного поглощающего комплекса катионом кальция (а также магния), что ведет к созданию и поддержанию агрономически ценной комковатой и зернистой структуры (агрегаты диаметром 0,5-10 мм), обуславливающей благоприятные физические свойства почвы (водные, воздушные, тепловые) и связанный с ними химизм, а также благоприятное развитие микробиологических процессов [64].

Структура почвы и ее регулирование являются самостоятельной проблемой громадной важности, тесно связанной с проблемой повышения почвенного плодородия. Ей посвящено большое количество научных работ. Большое значение благоприятной почвенной структуры в повышении плодородия почв и борьбе с засухой и эрозией придавали виднейшие ученые нашей страны В. В. Докучаев [45], А. А. Измайльский [54], П. А. Костычев [81], В. Р. Вильямс [26], К. К. Гедройц

[33], Н. А. Качинский [63, 64] и др. Вильямс, характеризуя роль почвенной структуры, подчеркивал, что в структурную почву просачивается 100% атмосферных осадков и отсутствует поверхностный сток, а на бесструктурных почвах большая часть талых вод стекает, вызывая сильную эрозию.

В настоящее время основными путями окультуривания почв, особенно эродированных, улучшения их физических и химических свойств являются следующие: 1) культура многолетних трав в почвозащитных севооборотах, где они произрастают 3-5 лет, а также применение сидератов (преимущественно люпина); 2) внесение органических (навоз, торфяная крошка и др.) и минеральных удобрений, а в случае необходимости – проведение известкования, гипсования и т. д.; 3) применение полимеров с целью оструктуривания почв и улучшения их физических свойств. Указанные мероприятия (особенно перечисленные в первом и втором пунктах) сопровождаются углублением пахотного горизонта, что дает наилучший эффект в сокращении стока, повышении влажности почвы и увеличении урожаев сельскохозяйственных культур.

На Новосильской АГЛОС с 1962 г. приступили к изучению влияния окультуривания серой лесной среднесуглинистой почвы на весенний сток с целью определения степени его снижения на перспективу. [Исполнители Л. Я. Королева (1962-1967 гг.) и Н. Е. Богулина (1968-1970 гг.).] Исследования проводились на склоне выпуклой формы, обращенном на запад-юго-запад. Осенью 1962 г. здесь были заложены постоянные стоковые площадки длиной 350-400 м и шириной 40 м (в 1967 г. их сузили до 25 м). Сток учитывался при помощи водослива с углом выреза 90°. Некоторые данные, характеризующие почвенные условия перед закладкой опыта, приводятся в табл. 55.

По мере движения вниз по склону уменьшается содержание гумуса в пахотном и подпахотном горизонтах и увеличивается объемный вес почвы. В слое 50-100 см объемный вес к низу склона уменьшается, что связано с особенностями почвообразующей породы; этими же особенностями объясняются и колебания наименьшей влагоемкости по элементам склона.

Приведем результаты наблюдений над стоком в первые годы (табл. 56). Поле, где были заложены стоковые площадки, в 1962 г. находилось в занятом пару (вико-овес) и осенью его засеяли озимой пшеницей. Различие в агротехнике заключалось в том, что предпосевную вспашку почвы с боронованием (в агрегате) на пло-

щадках произвели на разную глубину: 20-22 и 30-35 см. Весенний сток с озими в 1963 г. был сильный, однако, как видно из сравнения с данными табл. 54, он в меньшей степени превышал сток с зяби, чем можно было ожидать. Дело в том, что озимую пшеницу посеяли в первой декаде сентября по только что вспаханному полю и почва не успела достаточно осесть; к тому же она была иссушена парозанимающей культурой.

Таблица 55

Исходная характеристика серой лесной почвы на стоковых площадках, где проводилось ее окультуривание

Местоположение	Крутизна склона, град.	Степень смытости почвы	Гумус по Тюрину, %		Объемный вес в слое, см			Наименьшая влагоемкость, мм, в слое, см	
			в пахотном горизонте	в подпахотном горизонте	0-30	30-50	50-100	0-50	0-100
<i>Часть площадок</i>									
Верхняя	2	Очень слабая	2,80-3,10	2,39-3,02	1,17	1,40	1,47	175	359
Средняя	3	Средняя	2,55-2,90	1,74-2,83	1,24	1,44	1,42	155	310
Нижняя	4	Сильная	2,16	0,88	1,28	1,38	1,39	163	318

Таблица 56

Влияние глубины вспашки и навозного удобрения на просачивание и сток талых вод (Новосильская АГЛОС)

Год	Агрономический фон	Запасы снеговой воды + осадки весны, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Приведенная разница в стоке, мм	Уменьшение стока на 1 см углубления пахоты, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
1963	Озимь по занятому пару, глубина предпосевной вспашки 20-22 см (2)	122	54,6	67,4 (71,2)	0,552	-	-
	То же, глубина вспашки 30-35 см	129	75,1	53,9	0,418	17,3	1,70
	То же, глубина вспашки 30-35 см (3)	129	75,1	53,9	0,418	17,3	1,70
1964	Зябь, вспашка поперек склона на 20-22 см (2)	121	62,6	58,4 (77,8)	0,483	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8
1964	Вспашка на 30-35 см	161	99,5	61,5	0,382	16,3	1,50
	То же, 45 т/га навоза под вспашку	133	117,0	16,0 (19,3)	0,120	58,5	5,30
	То же, 30 т/га навоза	151	132,8	18,2 (19,4)	0,121	58,4	5,30
	То же, 20 т/га навоза	152	123,4	28,6 (30,3)	0,188	47,5	4,30
1965	Озимь (пшеница) по занятому пару с глубиной вспашки 20-22 см (2)	48	13,5	34,5 (50,3)	0,719	-	-
	То же, глубина вспашки 30-33 см (3)	70	28,5	41,5	0,593	8,8	0,88
1966	Зяблевая вспашка на 20-22 см	86	84,5	1,5	0,021	-	-
	То же, на 30-33 см	90	90,0	0	0	1,5	0,15
1967	Зябрь, вспашка на 20-22 см	212	99,8	112,2	0,529	-	-
	То же + навоз 145 т/га, последствие (2)	128	94,0	34,0 (55,2)	0,265	57,0	5,70
1967	То же + навоз 30 т/га, последствие	140	106,2	33,8 (51,1)	0,241	61,1	6,10
1969	Зябрь, вспашка вдоль склона на 20-22 см (3)	52	38,4	13,6	0,261	-	-
	То же, последствие 100 и 245 т/га навоза (2)	46	39,4	6,6 (7,4)	0,143	6,2	0,62
	То же, последствие 80 т/га навоза	47	43,6	3,4 (3,7)	0,072	9,9	0,99

Осенью 1963 г. на площадки внесли навоз в различных дозах под зяблевую вспашку, произведенную на глубину 30-35 см.

Весенний сток в 1964 г. характеризовался такими показателями: на контрольных площадках при глубине вспашки 20-22 см приведенный к одинаковым водозапасакам сток составлял 77,8 мм, при ее глубине 30-35 см – 61,5 мм, т. е. сток уменьшился на 16,3 мм. На площадках с навозным удобрением произошло резкое уменьшение стока: при дозах навоза соответственно 45 и 40 т/га его приведенные величины оказались равными 19,4 мм, т. е. были меньше на 42,2 мм по сравнению с контролем; при дозе навоза 20 т/га приведенный сток составлял 30,3 мм, т. е. уменьшился на 31,2 мм.

В 1964-65 г. участок находился под озимой пшеницей, посеянной по занятому пару. На площадках с глубокой пахотой, куда в предыдущем году вносился навоз, приведенная величина стока уменьшилась на 8,8 мм, а коэффициент стока на 17,5%. В 1966 г. ве-

сенний сток практически отсутствовал, и выявить влияние последствия навозного удобрения на сток не удалось. В 1967 г. сток был очень сильный: на контрольной площадке 112,2 мм, а коэффициент стока 0,529. На площадках, куда раньше вносили навоз, сформировался умеренный сток, на 57-61 мм меньше по сравнению с контролем. Столь большое его уменьшение нельзя целиком отнести за счет влияния навозного удобрения (окультуривания почвы); оно частично может быть связано с большими снегозапасами на контроле и в связи с этим с особенностями формирования снежного покрова.

Осенью 1967 г. на две площадки внесли под перепашку пара на глубину 27-30 см по 100 т/га навоза и на одну площадку 50 т/га. Три контрольные площадки также перепахали на 27-30 см и три другие на 20-22 см. В 1968 г. проследить прямое влияние навозного удобрения не удалось, так как сток с зяби отсутствовал; лишь при вспашке вдоль склона на 20 см он равнялся 2,5 мм. В 1969 г. весенний сток с зяби составил в среднем 13,6 мм, а на площадках, куда ранее вносили навоз, колебался в пределах 3,4-6,6 мм, т. е. существенно уменьшился. Выше (§ 1, глава II) было показано, что в 1970 г. сток был очень сильный. На участке, где изучается влияние окультуривания почвы на сток, он колебался в пределах 105,7-130,1 мм при коэффициенте 0,57-0,58; последствие навоза в этом году практически не сказалось.

Таким образом, наиболее сильное прямое действие навозного удобрения на уменьшение весеннего стока проявилось в 1964 г.; в 1968 г. вследствие отсутствия стока с зяби оно не выявилось. Последствие навоза (окультуривание почвы) значительно сказалось в 1967 и 1969 гг. В связи с уменьшением стока смыв почвы на площадках с навозным удобрением был значительно меньше, чем на контроле.

Все изложенное по данному вопросу позволяет заключить, что при углублении пахотного горизонта и интенсивном окультуривании почв, особенно эродированных, восстановлении и повышении их плодородия можно достичь хороших результатов и в уменьшении поверхностного стока и эрозии. Одновременно это позволит улучшить влагообеспеченность полей и повысить урожай сельскохозяйственных культур.

Влияние глубины обработки и удобрения почв на урожай сельскохозяйственных культур исследованиями многих научных учреждений страны установлено благоприятное влияние глубокой зяблевой вспашки на урожай. Агротехническая роль глубокой вспашки изучалась как правило, на несмытых почвах. Новосильской опытной станцией еще

в довоенный период была установлена очень высокая эффективность на эродированных почвах азотосодержащих удобрений, особенно навоза, и сделан вывод о необходимости углубления пахотного горизонта почв. По мере продвижения к низу склона влияние этих удобрений повышается; средне- и особенно сильноосмытые почвы наиболее отзывчивы на азот. Эффективность фосфорных удобрений к низу склона убывает; существенное положительное действие их на таких почвах проявляется лишь при их совместном внесении с азотными, иначе говоря, эффективность фосфора значительно повышается на азотном фоне. Положительное действие калия на сильноосмытых землях сказывается лишь при совместном его внесении с азотом и фосфором.

Эти выводы Новосильской станции в основном подтвердились последующими исследованиями [68, 102]. М. М. Кононова [78] пришла к выводу, что бросовые земли отличаются исключительной бедностью содержания органического вещества и что это вещество не может обеспечить нормальный питательный режим почвы, в частности вследствие крайне малого количества легкогидролизуемого азота. В то же время эти почвы являются живыми в отношении микронаселения. В. Р. Вильямс [26], оценивая роль навозного удобрения, громадное значение придавал ему как фактору оживления биологических процессов в почве.

И. А. Скачков [128] отмечает, что на черноземе Каменной степи (склон $2,5^\circ$) урожай ячменя в 1963 г. увеличился при внесении 20 т/га навоза под вспашку на 27%, при дозе навоза 10 т/га и $N_{60}P_{60}K_{60}$ под вспашку – на 33,4%, при внесении полного минерального удобрения ($N_{60}P_{60}K_{60}$) под вспашку – на 22,7%, а под культивацию – на 45,1 % при урожае на контроле 33,5 ц/га. При внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожай силосной массы кукурузы в среднем за два года (1963-1964) повысился на 41,9% при урожае на контроле 423 ц/га. По данным Курской ЗОМС, внесение азота на несмытой почве увеличивало урожай ржи на 26,5%, на слабосмытой – на 31,8%, на среднесмытой – на 57,7%. Аналогичные данные получены и при удобрении пшеницы.

По данным Камышинской селекционной опытной станции [49], прибавка урожая на каштановых почвах от действия и последствия 30 т/га навоза, внесенного под основную вспашку, выразилась следующими показателями: по озимой ржи 7,6 ц/га при урожае на контроле 14,3 ц/га (среднее за 22 года); по озимой пшенице 10,5 ц/га при урожае на контроле 11,2 ц/га (среднее за три года); по яровой пшенице 7 ц/га урожай на контроле 7 3 ц/га (среднее за 11 лет). Действие навоза продолжается 4-5 лет.

Высокие прибавки получены и от внесения минеральных туков. На Камышинском опорном пункте (почва каштановая слабосмытая) в опытах Н. Е. Богулиной 1963-64 г. прибавка урожая ячменя от внесения $N_{50}P_{60}$ составила 5,3 ц/га при урожае на контроле 13,6 ц/га, а при дозе удобрений $N_{17}P_{30}$ – 3,9 ц/га.

На эродированных почвах склонов эффективность удобрений в ряде случаев выше, чем на несмытых. На светло-каштановых средне- и сильносмытых почвах под Волгоградом прибавка урожая ячменя от внесения полного минерального удобрения ($N_{60}P_{60}K_{45}$) в среднем за 1951 и 1952 гг. составила 5,7-6,1 ц/га при урожае на контроле 9,8 ц/га [154]. В опытах А. Т. Барабанова [9] за 1964 г. (влажный) внесение аммиачной селитры и суперфосфата ($N_{45}P_{30}$) под предпосевную культивацию повысило урожай ячменя на 8,4-15,8 ц/га при урожае на контролях 13,9-17,8. Столь высокая прибавка объясняется, с одной стороны, бедностью почвы, а с другой – достаточным количеством влаги в ней. В засушливом 1965 г. прибавка урожая ячменя от внесения азота и фосфора ($N_{45}P_{30}$) колебалась от 4,1 до 7,3 ц/га, от одного азота – от 3,7 до 4,5 ц/га при урожае на контрольных делянках 7,8-9,1 ц/га. Эффективность удобрения смытых почв выше, чем несмытых.

Структура почв является важнейшим фактором их плодородия. Наукой установлено, что в структурных почвах создаются благоприятные водно-воздушный, тепловой и биологический режимы и происходит более активная мобилизация питательных веществ; такие почвы обладают лучшими технологическими свойствами, в связи с чем облегчаются все виды их обработки. Почвы с водопрочной структурой отличаются высокой противозерозионной устойчивостью. Поэтому агрономическая мысль постоянно занята поисками новых эффективных способов улучшения и регулирования структурно-агрегатного состава, в частности внесением в почву специальных препаратов-структурообразователей.

Первые научные исследования по проблеме искусственного структурообразования проводились, начиная 1932 г. в Агрофизическом научно-исследовательском институте (Ленинград) под руководством академика А. Ф. Иоффе и Д. Л. Талмуда и развивались П. В. Вершининым, а затем и в других научных учреждениях страны. Как сообщается в работах П. В. Вершинина [23, 24], Н. А. Качинского [64] и других авторов, в качестве структурообразователей в начале использовали битумы, торфяной клей, смоляной клей, лигносульфонат аммония (К-7), лигносульфонат кальция (К-7) и другие клеящие препа-

раты. Подводя итоги исследованиям первого периода П. В. Вершинин [23] отмечал, что дозы торфяного клея 0,25-1,0% или смоляного клея 0,05-0,1% веса почвы, внесенные в дерново-подзолистую среднесуглинистую почву, увеличивали содержание водопрочных агрегатов от 3,8 до 49,7-88,0%; при этом существенно повышался урожай сельскохозяйственных культур. Согласно теоретическим представлениям, наилучший структурообразующий эффект получается при количестве структурообразующего вещества, равномномолекулярному покрытию удельной поверхности почвы клеящим веществом.

В начале 50-х годов и позднее в США, СССР и других странах были синтезированы на основе трех органических кислот – акриловой, метакриловой и малеиновой – полимерные химические препараты (крилиумы), которые наряду с гуматными препаратами подверглись широкому испытанию как искусственные структурообразователи. Это полиакриламид (ПАА), полиакрилонитрил гидролизированный (ГИПАН), препараты на полиакриламидной основе К-4, К-6, сополимер VIII (60% метакриловой кислоты и 40% метакриламида), VAMA (США) – кальциевая соль сополимера винилацетата и малеиновой кислоты, НРАН (США) – натриевая соль гидролизованного полиакрилонитрила, фердикунг AN (ГДР) – двойная натриевоаммонийная соль гидролизованного полиакрилонитрила, рохагит (ФРГ) – кальциевонатриевая смесь соли сополимера метакриловой кислоты и ее метилового эфира и другие [23, 64].

Для создания водопрочной структуры этих веществ требуется приблизительно в 10-20 раз меньше, чем гуминовых веществ. Считается [23, 108], что механизм склеивания частиц этими веществами иной, чем веществами типа гуматов; полимеры являются типичными полианионами или поликатионами, и вызываемое ими структурообразование носит коагуляционный характер. Большое значение придается также возникновению водородных связей между активными группами полимеров и гидроксильными группами глинистых частиц.

Опытами П. В. Вершинина [23, 24], В. Б. Гуссака [42-44], Н. А. Качинского [64], А. И. Мосоловой [104], И. Б. Ревута [117] и других исследователей [1, 82, 98, 114, 118], проведенными на дерново-подзолистых, черноземных, светло-каштановых почвах и орошаемых сероземах, установлено, что внесение полимерных препаратов в дозах 0,01-0,05-0,1-0,2% веса почвы приводит к ее быстрому оструктуриванию (увеличивается содержание всех агрегатов, особенно более крупных) и улуч-

шению технологических свойств, резко уменьшает коркообразование, повышает инфильтрационную способность почвы и способствует более экономному расходованию влаги; активизирует бактериальную часть микрофлоры. Все это приводит к повышению плодородия почв. Считается, что крилиумы несильно разлагаются микроорганизмами, и искусственно созданная структура сохраняется в течение 3-5 лет.

Оструктурирующее действие полимеров, помимо их свойств и доз внесения, зависит также от внешних почвенных факторов – степени исходной агрегатности или распыленности почвы, ее влажности. При воздействии полимеров имеющиеся природные агрегаты приобретают значительно большую водопрочность, чем вновь возникшие из распыленной почвы [64]. Наиболее сильнодействующими структурообразователями отечественного производства являются препараты К-4, К-6, ГИ-ПАН, ПАА, сополимер VIII, а из зарубежных – американские полиакриламид, VAMA и HPAN. Наиболее длительным последствием (до 6 лет) обладает К-4 [42, 104]. Установлено, что внесение указанных препаратов в пахотный (или подпахотный) горизонт в дозах 0,05-0,1-0,2% от веса почвы увеличивает количество водопрочных агрегатов на 18-30% [1, 64, 82, 104, 118], а в некоторых случаях на 60% и больше [42]. Их вносят в виде раствора или порошка.

Внесение гуматных и полимерных структурообразователей в почву (пахотный горизонт или верхний 10-сантиметровый слой его), как правило, сопровождается повышением урожайности сельскохозяйственных культур на 10-37% и больше. Это отмечалось на дерново-подзолистых почвах Ленинградской и Московской областей [23, 64, 104, 114 и др.], на черноземах Молдавии [82], на светло-каштановых почвах [64], на орошаемых сероземах [42, 43]. Особенно резко она повышается на сильно засоренных почвах [24]. В некоторых случаях связь урожая со степенью оструктуренности почвы отсутствовала. А. И. Мосолова [104] пришла к выводу, что эффективность влияния полимеров на урожайность сельскохозяйственных культур зависит от особенностей полимеров и их доз, минерального фона и культивируемого растения. Являясь одновременно и азотными удобрениями, они по фону РК повышали урожай различных сельскохозяйственных культур на 42-67%, а по фону NPK не более чем на 50%. Требуется дальнейшее изучение условий и доз применения каждого полимера для определенного вида растений.

В недавнее время в Агрофизическом научно-исследовательском институте [55, 56] приступили к изучению новых структурообразовате-

лей – катионных поверхностно-активных веществ (ПАВ). Это четырехзамещенные соли аммония – хлорид диметилдиалкиламмония, или образец № 37, и солянокислая соль первичного амина (хлоргидрат). Отличительной особенностью ПАВ является то, что они не только агрегируют почву, но и сильно гидрофобизируют поверхность агрегатов, которые в значительной степени теряют способность смачиваться. Согласно данным А. А. Ионавичуса и Г. Л. Масленковой [55], внесение ПАВ в дерново-подзолистую тяжелосуглинистую и глинистую почву в количестве 0,05-0,10% увеличило водопрочность агрегатов на 12-67%. Хлоргидрат обладает почти таким же оструктуривающим действием, как и ПАА. Содержание водопрочных агрегатов значительно повышается при последовательном внесении малых доз ПАА и ПАВ.

В АФИ проводятся исследования [56], направленные на создание на поверхности почвы мульчслова (2-5 см) из водопрочных гидрофобизированных агрегатов при помощи ПАА и ПАВ. Наличие такого слоя имеет универсальное мелиоративное значение, так как при этом исключается заплывание поверхности и коркообразование, увеличивается впитывающая способность почвы и сокращается поверхностный сток, резко уменьшается испарение влаги, улучшается газообмен в почве.

Улучшение почвенной структуры имеет большое общагрономическое значение, но оно особенно важно для уменьшения водной и ветровой эрозии почв. Об этом свидетельствуют имеющиеся научные материалы, касающиеся главным образом области ливневой и ирригационной эрозии.

Сокращение смыва связано, с одной стороны, с увеличением водопроницаемости почвы и уменьшением стока, а с другой – с повышением водопрочности агрегатов, их устойчивости к размыванию.

Так, в экспериментах В. Б. Гуссака [42] введенные в струю потока контрольные агрегаты типичного серозема диаметром 2-3 мм мгновенно распадались на микроагрегаты и уносились водой, а агрегаты, обработанные К-4, сохранялись в том же потоке неопределенно долгое время. Внесение этого препарата в дозе 150 кг на 1 га увеличивало на 25-52% содержание водопрочных агрегатов в слое 0-5 см [44]. Смыв почвы при поливе в 1961 г. уменьшился на варианте с К-4 от 50 т/га почти до нуля, а мутность воды понизилась от 13 до 1,8 г/л. Урожай хлопксырца увеличился на 5,3 ц/га (14,2%). В 1962 г. ирригационный смыв снизился при дозе полимера 400 кг на 1 га в 2-2,5 раза, а урожай хлопксырца повысился на 4,3 ц/га (14%).

Эксперименты с искусственным дождеванием, проведенные К. С. Матчановым [97] на серых лесных пылеватых суглинках УССР, показали, что при внесении ПАА и ГИПАН (дозы 0,01 % веса пахотного горизонта) коэффициенты стока сокращались более чем в 2 раза (0,21 против 0,46 и 0,09 против 0,53). При этом интенсивность выноса почвы (мутность воды) уменьшилась в 2-5 раз, а общий смыв ее в 4,5; 6,5 и 25 раз. Т. Б. Махлин [98] испытывал влияние полимеров ПАА, К-4 и сополимера VIII на ливневый сток и смыв на тяжелосуглинистых черноземах Молдавии. Лучшими структурообразователями здесь оказались препарат К-4, а также ПАА. При искусственном дождевании площадок, куда внесли в слой 0-10 и 0-20 см 0,03% ПДА коэффициент стока уменьшился в 1,4 (0,20 против 0,28) и 1,85 (0,13 против 0,24) раза, а смыв почвы соответственно в 1,6 и 2,8 раза. Меньшие дозы препарата слабее сокращали сток и смыв. На делянках с кукурузой и паром сток при естественных ливнях снижался под влиянием полимеров, внесенных в количестве 300 и 600 кг/га, в 1,2-4,6 раза, смыв уменьшался в 1,7-5 раз.

В. С. Габай [30] испытал при помощи лабораторной дождевальной установки водопрочность песчаных глыбок, обработанных ПАА. Наибольшие показатели их водопрочности для Приволжских песков (97,3% первоначального объема) были при дозе ПАА 150 г/м², а для Бажиганских песков (102,2% в связи с некоторым набуханием) при дозе 90 г/м².

Применение структурообразователей для борьбы с эрозией почв очень перспективно и требует дальнейшего изучения. У нас пока не имеется работ, которые характеризовали бы их эффективность в сокращении стока талых вод и смыва почв в весенний период. В настоящее время вследствие высокой стоимости полимерных препаратов их внедрение в сельскохозяйственное производство затруднительно.

Плоскорезная обработка получает все большее распространение как общеагротехническое мероприятие и как мера борьбы с эрозией и дефляцией почв. Выше отмечалось, что безотвальная обработка способствует некоторому увеличению стока при одновременном повышении снеготпасов и влажности почвы. Аналогичное действие оказывает плоскорезная обработка. Она изучалась на черноземах Поволжской АГЛОС ВНИАЛМИ (И. И. Гункин) и на светло-каштановых почвах Волгоградского опытного хозяйства института (В. П. Борец). Результаты исследований приведены в табл. 57.

Из таблицы видно, что на черноземе Поволжской АГЛОС в 1970 г. влагозапасы в снеге, показатели стока и смыв по плоскорезной обработке были несколько больше, однако и в почву просочилось больше сне-

говой воды, чем на контроле. Урожай зерновых культур в 1969 г. по такой обработке был намного выше, а в 1970 г. несколько меньше по сравнению с контролем. На светло-каштановых почвах выявились такие же закономерности в отношении показателей стока и увлажнения почвы. Смыв почвы при небольших его величинах колебался в ту и другую сторону. Урожай ячменя два года был выше по плоскорезной обработке и один год несколько уменьшился, что связано с запоздалым посевом. Следует отметить, что, когда формируется очень слабый и слабый сток, существенной разницы в показателях смыва на участках плоскорезной и обычной вспашки не бывает, а при значительном и сильном стоке по плоскорезной обработке он намного меньше. Поэтому в почвозащитном отношении такая обработка безусловно предпочтительнее.

Таблица 57

Влияние плоскорезной обработки на сток талых вод, смыв почвы и урожай сельскохозяйственных культур

Показатели	Зяблевая вспашка поперек склона на 28-30 см			Плоскорезная обработка на 28-30 см		
	1969 г.	1970 г.	1971 г.	1969 г.	1970 г.	1971 г.
<i>Поволжская АГЛОС Куйбышевской области; почва – чернозем обыкновенный среднесмытый</i>						
Влагозапасы в снеге, мм	58,0	73,00	-	67,0	94,00	-
Просочилось в почву, мм	58,0	64,50	-	67,0	77,80	-
Сток, мм	0	8,50	-	0	16,20	-
Коэффициент стока	0	0,12	-	0	0,17	-
Смыв, м ³ /га	0	0,32	-	0	1,00	-
Урожай, ц/га (в 1969 г. – овес, в 1970 г. – пшеница)	8,0	13,50	-	15,8	12,80	-
<i>Волгоградское опытное хозяйство ВНИАЛМИ; почва – светло-каштановая среднесмытая</i>						
Влагозапасы в снеге, мм	7,0	132,0(130,0)	68,0	14,0	150,0(147,0)	129,0
Просочилось в почву, мм	7,0	130,8(121,7)	67,6	14,0	146,5(133,4)	125,1
Сток, мм	0	1,2(8,3)	0,4	0	3,5(13,6)	3,9
Коэффициент стока	0	0,01(0,06)	0,005	0	0,02(0,1)	0,03
Смыв, кг/га	0	5(127)	0,5	0	13(48)	14,3
Урожай ячменя, ц/га	4,6	15,2	10,5	6,9	15,9	9,7

Примечание. Показатели для светло-каштановых почв за 1970 г.; цифры в скобках характеризуют результаты опыта на III поле, а вне скобок – на V поле.

Приемы поверхностного задержания и регулирования стока

В системе агрономических мероприятий по борьбе с эрозией проблема поверхностного задержания и регулирования стока агротехниче-

скими приемами имеет важное значение. В настоящее время, когда говорят о задержании талых вод на сельскохозяйственных угодьях, имеют в виду главным образом зяблевою пахоту, которая занимает до 60% площади пашни. Несмотря на кажущуюся простоту, проблема задержания стока в теоретическом плане довольно сложна. До настоящего времени господствуют представления, приводящие на практике к упрощенчеству и к не вполне правильным, а порою к неправильным рекомендациям. В качестве исходной теоретической предпосылки, принимаемой многими исследователями за аксиому, считается, что прибавка влаги на зяблевой пахоте, где произвели поделку микрорельефа, равна емкости микрорельефа. Например, подсчитав, что дополнительная емкость микрорельефа, произведенного прерывистым бороздованием, лункованием или другим способом, составляет 40 мм, полагают, что и дополнительный объем водозадержания выражается этой же величиной. Однако, как увидим ниже, в действительности это не так.

О гидрологической роли поперечной зяблевой вспашки, как и других приемов, в литературе нет единого мнения. С. С. Соболев [50, 132, 133 и др.], опираясь на данные некоторых авторов, пришел к выводу, что вспашка поперек склона обеспечивает задержание 65-85-100 мм воды сверх того, что просачивается в почву при продольной вспашке. Ссылаясь на И. А. Кузника и В. М. Фалесова, он пишет, что «при вспашке вдоль склонов поверхностный сток увеличивается до 10 раз и более по сравнению с участками, где вспашка проводилась поперек склонов» [132, с. 131]. Однако это справедливо лишь для случаев, когда сток был крайне незначительный (0,1-0,2 мм на поперечной пахоте и 1-2 мм на продольной). И. А. Кузник по этому вопросу заключает, что «норма стока с зяби составляет в центральном Заволжье 20 мм, а при пахоте поперек склона 8-12 мм» [86, с. 86].

На Новосильской опытной станции еще в довоенный период [73] пришли к выводу о незначительной роли вспашки поперек склона в задержании талых вод и в то же время о важном ее значении в отношении уменьшения энергетических затрат. М. И. Львович [92], проанализировав имеющиеся данные стоковых площадок, пишет следующее: «Эффективность поперечной пахоты на супесчаных почвах незначительна, а в условиях Придеснянской станции она вовсе не сказалась на стоке. Эффект поперечной пахоты также невелик и по наблюдениям на тяжелом суглинистом черноземе в Курской области. В Южном Заволжье почва дополнительно увлажняется приблизительно на 10 мм... Таким

образом, имеющиеся ограниченные материалы показывают, что поперечная пахота не обладает существенными преимуществами в сравнении с продольной» [92, с. 227].

Г. Конке и А. Бертран [77], обобщая литературу о положительном влиянии контурной вспашки на уменьшение стока ливневых вод в США, пишут: «Плотные почвы мало выигрывают от контурной обработки и требуют других защитных мероприятий» [77, с. 222]. Это еще в большей степени относится к мерзлым почвам.

Выше отмечалось, что просачивание воды в почву определяется, с одной стороны, инфильтрационной способностью почвы при сплошном затоплении ее поверхности (максимальная инфильтрация), а с другой – внешними факторами, которые обеспечивают ту или иную степень реализации указанной способности. В реальных условиях залегания почв на склонах максимальная водопроницаемость ее реализуется не полностью. Внешние факторы, обуславливающие формирование слоя постоянного затопления, обеспечивают контакт почвы с водой во время дождя, благоприятствуя тем самым более интенсивному просачиванию воды. К ним относятся нано- и микрорельеф поверхности, растительный покров и различные виды мульчи. Благодаря этой своей функции микрорельеф пашни в летний период является постоянно действующим (в течение дождя) фактором впитывания, вследствие чего объем водозадержания и водопоглощения значительно превышает его емкость, особенно при достаточной его устойчивости к разрушению водой. Значение нано- и микрорельефа (а на устойчивых к заплыванию почвах – поверхностного рыхлого слоя) в задержании и впитывании почвой дождевых (ливневых) вод достаточно существенно.

Иная картина наблюдается во время снеготаяния. В этом случае насыщенный водой снежный покров обеспечивает ее контакт с почвой и тем самым играет роль постоянно действующего фактора впитывания; поэтому интенсивность впитывания талых вод при прочих равных условиях мало зависит от микрорельефа пашни. В период весеннего стока роль микрорельефа сводится главным образом к задержанию им воды на последнем этапе снеготаяния; затем эта вода просачивается в почву [147]. Объем водозадержания равняется рабочей емкости микрорельефа, т. е. действительно работающей на водозадержание. Она значительно меньше емкости, полученной измерением геометрических параметров микрорельефа.

Рассмотрим экспериментальные материалы, характеризующие гидрологическую роль поперечной пахоты и специальных приемов водозадержания. В табл. 58 сведены литературные данные и новейшие материалы ВНИАЛМИ о влиянии направления зяблевой пахоты на сток. Для получения более сопоставимых результатов в соответствующей графе этой таблицы дана приведенная к одинаковым влагозапасам разница в стоке.

Из таблицы следует, что на площадках с поперечной вспашкой сток в подавляющем большинстве случаев сокращался на величину до 5-6 мм (50-60 м³/га). Все данные ВНИАЛМИ, полученные в различных почвенно-климатических условиях, подтверждают это. Однако имеются случаи, когда разница в пользу поперечной пахоты превышала 5-6 мм. Иногда это было связано с очень большим превышением влагозапасов на площадках с продольной вспашкой и большим распространением

Таблица 58

Влияние зяблевой вспашки поперек и вдоль склона на сток талых вод

Почвы, автор	Год	Запасы воды в снеге, мм		Сток, мм		Коэффициент стока		Разница в стоке, мм
		пахота						
		поперек	вдоль	поперек	вдоль	поперек	вдоль	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Подзолистый суглинок, Жигалов [47]	1951	112	126	95,5	106,8	0,85	0,85	0
	1952	107	117	80,0	96,6	0,75	0,83	3,2
Серые лесные средне- суглинистые слабо- и среднесмытые (Сурмач, Дьяков, Сухов)	1959	124	153	91,0	112,6	0,73	0,74	0
	1960	136	141	81,8	85,2	0,60	0,60	0
	1961	32	29	5,4	12,2	0,17	0,42	6,8
	1961	32	30	1,8	2,1	0,06	0,07	0,4
	1962	22	22	15,6	19,6	0,71	0,89	5,3
	1963	118	112	60,0	56,5	0,51	0,50	-0,4
		108	121	50,6	54,1	0,47	0,45	-2,3
		116	113	63,9	65,5	0,55	0,58	3,3
122		111	68,0	52,0	0,56	0,47	-9,8	
Серый лесной сугли- нок, Гончар [35]	1947- 1956	56	56	16,0	25,0	0,28	0,45	9,0
То же, Онуфриенко [109]	1949- 1951, 1953	113	114	58,6	59,1	0,52	0,52	0
Чернозем выщелочен- ный, Трушин [162]	1952	106	102	67,2	75,4	0,64	0,75	-
	1953	38	38	16,0	24,7	0,42	0,65	-
	1954	44	46	15,8	25,2	0,47	0,72	-
То же, Грин и др. [38]	1959	45	48	25,0	31,0	0,56	0,65	4,2

1	2	3	4	5	5	7	8	9
Чернозем выщелоченный, Грин и др. [38]	960	115	116	55,0	62,0	0,48	0,53	6,0
	1961	15	15	0	0,1	0	0,01	0,1
Чернозем обыкновенный, Сухарев [159]	1952	50	64	20,0	46,0	0,40	0,75	18,01*
Чернозем обыкновенный и южный, Кузник [85]	1939	64	66	0,4	3,3	0,06	0,05	2,9
	1939	66	64	0,8	2,5	0,01	0,04	1,7
	1939	28	38	0,3	1,2	0,01	0,03	0,8
Чернозем обыкновенный (Сурмач)	1954	119	116	2,0	7,4	0,02	0,06	5,4
	1956	193	243	0	0	0	0	0
	1957	83	91	37,2	44,2	0,45	0,48	3,1
	1958	99	124	3,2	1,0	0,03	0,01	-2,4
То же (Сурмач, Бобров, Панов)	1959-1963	66	69	0	0	0	0,220	0
То же (Сурмач, Бобров, Панов)	1964	174	166	35,30	37,1	0,200	0,040	3,5
	1965	95	105	0	4,6	0	0,120	4,2
Чернозем обыкновенный (Сурмач, Агеев)	1963	125	125	12,00	15,3	0,100	0,015	3,3
	1963	122	123	1,40	1,9	0,010	0,040	0,5
	1964	125	126	3,00	5,3	0,020	0,010	2,3
	1964	125	125	0,60	1,6	0,005	0,090	1,0
	1965	26	23	0,14	2,1	0,005	0	2,2
		25	24	0	0	0	0,170	0
Каштановая и темно-каштановая, Кузник [85]	1951	55	66	6,00	12,0	0,110	0,120	3,4
	1952	124	73	0	8,5	0	0,110	8,0
Темно-каштановая, Назаров [106]	1953	81	82	0,40	9,0	0,020	0,540	8,6**
	1955	61	94	18,20	50,5	0,290	0,420	14,1
	1955	58	96	13,10	40,4	0,230	0,020	11,2
	1956	168	128	1,80	3,1	0,010	0,060	2,1
Каштановая суглинистая (Сурмач, Антипов, Богулина)	1960	35	94	4,00	5,8	0,050	0,090	1,3
	1961	46	47	1,70	4,2	0,040	0,150	2,5
		38	38	2,70	5,6	0,070	0,110	2,9
	1962	37	37	1,20	4,0	0,030	0	2,8
		91	85	0	0	0	0	0
Светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднесмытая (Сурмач, Барабанов)	1960	18	18	0	0	0	0,030	0
	1961	21	21	0,10	0,6	0,005	0,004	0,5
	1962	70	77	0,20	0,3	0,003	0,460	0,1
	1963	86	79	37,9	36,7	0,440	0,400	2,1
	1964	42	48	1,80	2,0	0,040	0,010	0
	1966	15	15	0,10	0,2	0,006	0,040	0,1

*На площадке с продольной пахотой до начала вспашки разворачивался трактор, распыляя верхнюю часть пахотного горизонта; **пахота поперек склона представляет собой пласт многолетней залежи, вдоль склона – старопашота.

ледяной корки, что в многоводные годы способствует повышению коэффициента и величины стока (данные Г. В. Назарова за 1955 г.). В других случаях сток повышался в связи с тем, что при вспашке площадок поперек склона разворачивали тракторный агрегат и распыляли почву на площадке, предназначенной под продольную вспашку (данные А. И. Гончара за 1947-1956 гг. и И. П. Сухарева за 1952 г.). На величину весеннего стока оказывает влияние и предшествующая культура, а также характер предшествующего использования почвы; например, по пласту многолетних трав весенний сток намного ниже, чем по старопашке (данные Назарова за 1953 г.). В некоторых случаях под влиянием каких-то неучтенных факторов (например, некоторая разница в смывости почвы) на поперечной пахоте формируется несколько больший сток, чем на продольной; аналогичные факторы могут влиять в сторону избыточного превышения стока с продольной пахоты.

Таким образом, можно считать установленным, что зяблевая вспашка поперек склона сокращает сток талых вод на величину до 5-6 мм. Однако это не должно являться причиной безразличного отношения к направлению вспашки. В производственных условиях на полях с поперечной вспашкой из-за наличия развальных борозд смыв уменьшается в 1,5-2 раза. При проведении обработки почвы и посева поперек склона водозадерживающая и противоэрозионная эффективность различных приемов (гребнистая вспашка, лункование, щелевание, почвозащитное действие покровных культур и др.) намного больше, чем, когда это требование не соблюдается. Вопрос о направлении основной вспашки и вообще обработки почвы не может быть предметом дискуссии. Соблюдение указанного требования достигается проведением правильной противоэрозионной организации территории, о чем будет сказано в § 2 главы III. С другой стороны, необоснованная громадная переоценка водозадерживающей эффективности зяблевой вспашки поперек склона может лишь породить иллюзию легкого преодоления грозных процессов эрозии, без применения противоэрозионного комплекса.

Проанализировав литературные данные и материалы опытной сети ВНИАЛМИ, мы пришли к выводу, что по зяблевой пахоте поперек склона урожай зерна в аналогичных условиях повышается на 0,2-0,4 ц/га по сравнению с вспашкой вдоль склона. Большие колебания в ту или другую сторону в большинстве случаев связаны с различиями в запасах снеговой воды на сравниваемых вариантах (и, следовательно, в увлажнении почвы) или с другими причинами.

Некоторые приемы поверхностного водозадержания известны сравнительно давно. Так, водозадерживающие валики по горизонталям предложены П. В. Янковским [183] в конце XIX в., перекрестное бороздование («пропашка в шашку») А. А. Щалабановым [176], прерывистое бороздование И. И. Касаткиным [59]. В последние десятилетия появились новые модификации этих приемов на базе новых орудий и приспособлений: гребнистая вспашка, лункование, прерывистое бороздование и др. Однако все они до последнего времени не получили достаточного теоретического и экспериментального обоснования и оценки, их рекомендовали производству как высокоэффективные большей частью на основании априорных соображений.

Рассмотрим литературные данные и материалы ВНИАЛМИ, характеризующие эффективность указанных приемов водозадержания. Данные табл. 59 получены в результате изучения стока на стоковых площадках, где создавались соответствующие агрофоны.

Как видно из табл. 59, поделка земляных валиков поперек склона (одновременно с проведением зяблевой вспашки) при помощи увеличенного отвала¹, установленного на одном из корпусов тракторного плуга (гребнистая пахота), обеспечивает несколько лучшее поглощение талых вод по сравнению с другими приемами водоудержания. Согласно трехлетним данным, полученным в Каменной степи [159] и на Новосильской АГЛОС, гребнистая вспашка уменьшает сток до 12 мм по сравнению с обычной. Гребнистую вспашку поперек склона целесообразно сочетать с глубокой вспашкой (почвоуглублением). Преимуществом такой вспашки является то, что при поделке валиков не происходит уплотнения почвы, и поэтому ее инфильтрационная способность в мерзлом состоянии не снижается по сравнению с обычной вспашкой. Когда же гребнистая вспашка проводится под некоторым углом к горизонталям, она выполняет важную противоэрозионную роль, отводя непоглощенную воду под малыми углами и тем самым уменьшая смыв [142].

В опытах Г. А. Пресняковой [115], И. И. Белозера [13] и других зяблевая вспашка поперек склона с увеличенным отвалом повышала

¹Увеличенный отвал может быть изготовлен в колхозной мастерской или кузнице. Для этого берут два обычных отвала, один из них прикладывают к другому с тыльной стороны и подгоняют так, чтобы линия среза обоих отвалов, примыкающая к лемеху, составляла одну прямую, а общая длина увеличивалась на 35-40 см; в таком положении оба отвала сваривают или скрепляют четырьмя болтами. Ко второму отвалу приваривается лемех, являющийся продолжением первого лемеха. Для указанных целей применяют также стандартный корпус КВ-1.

урожай сельскохозяйственных культур на 4-25% (от 0,6 до 1,8 ц/га). В последние годы стали рекомендовать проводить гребнистую вспашку плугом с двумя укороченными отвалами, поставленными через один корпус. Однако исследования на Новосильской АГЛОС показали, что она мало эффективна в отношении водозадержания. Это объясняется главным образом значительным уменьшением мощности рыхлого слоя в межгребневых бороздах и понижениях, что равносильно уменьшению глубины вспашки. Оно способствует образованию льда в понижениях и уменьшает впитывающую способность мерзлой почвы.

Микролиманы, устроенные при помощи приспособления П. П. Мажарова [93], не дали должного эффекта в сокращении стока. На серых лесных почвах Новосильской АГЛОС сток на пашне с микролиманам в 1961 и 1962 гг. находился на уровне контроля или был меньше всего на 3 мм (в отдельных случаях при больших снегозапасах больше на 6,5 мм).

На Поволжской АГЛОС Куйбышевской области в 1958-59 г. провели производственный опыт с микролиманам на площади 60 га (повторность вариантов трехкратная). Урожай зеленой массы кукурузы составил по зяби с микролиманам 154 ц/га и по обычной зяби 155 ц/га, т. е. был одинаковый. Обращает на себя внимание следующее обстоятельство. В 1959 г. стока с обычной зяби не было, в микролиманам же собирались лужицы снеговой воды вследствие повышенной льдистости и низкой водопроницаемости почвы/ уплотненной лопатой перемышкочелателя.

Д. И. Буров и Д. Н. Луканчев [20] приводят данные по Куйбышевской области, свидетельствующие о достаточно высокой эффективности микролиманам в том же 1959 г.: прибавка урожая яровой пшеницы и ячменя равнялась 2,8 и 1,9 ц/га. Учитывая, что сток с зяби в этом году полностью отсутствовал, прибавку урожая можно объяснить лишь дополнительным снегонакоплением или какими-то иными причинами, но не водозадержанием.

Из табл. 59 также следует, что данные о водозадерживающей эффективности прерывистого бороздования зяби противоречивы. В условиях Черниговской лесостепи, согласно 10-летним данным Придеснянского опытного пункта [35], бороздование увеличило сток в среднем на 6 мм. Оно не сыграло также положительной роли на серых лесных почвах Новосильской АГЛОС в 1967-1970 гг. (расстояние между бороздами 3-4 м). В опытах, проведенных на Камышинском опор-

Таблица 59

Эффективность приемов поверхностного задержания талых вод

Почва, автор	Год	Приемы	Средняя крутизна склона, град.	Запас воды в снеге, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Приведенная разница в стоке, мм	Коэффициент стока
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Серая лесная, Гончар [35] Темно-серая лесная (В. Н. Дьяков, В. Л. Сухов)	1947	Пахота вдоль склона	9,0	56	31,0	25,0	-	0,45
	1956	То же + борозды через 4-5 м	9,0	56	25,0	31,0	-6,0	0,56
	1960	Пахота поперек склона	1,5	136	54,2	81,8	-	0,60
		То же, гребнистая (3)	1,8	136	63,6	72,4	+9,4	0,53
	1961	Пахота поперек склона	3,5	32	26,6	5,4	-	0,17
		То же, гребнистая (2)	3,1	33	32,2	0,8	+4,6	0,02
		Микролиманы по Мажарову (2)	3,0	37	34,7	2,3	+3,1	0,06
	1962	Пахота поперек склона	1,8	22	6,4	15,6	-	0,80
		То же, гребнистая (2)	2,6	22	8,3	13,7	+1,9	0,62
	1962	Пахота поперек склона (2)	2,5	22	14,7	7,3	-	0,33
То же, гребнистая		1,8	23	19,6	3,4	+3,9	0,15	
То же + микролиманы (2)		2,5	22	16,8	5,2	+2,1	0,24	
1967	Пахота поперек склона на 22-27 см	2,7	196	46,0	150,0	-	0,76	
	То же + прерывистое бороздование через 3-4 м	2,7	192	42,0	148,0	-2,4	0,78	
	Пахота поперек склона (4)		55	33,5	21,5	-	0,39	
1969	То же + бороздование (2)		54	22,7	31,3	-10,2	0,58	
	Гребнистая вспашка с двумя укороченными отвалами (2)		62	35,0	27,0	-2,5	0,44	
	Зябь с лунками (2)		59	38,5	20,5	+2,4	0,35	
1970	Пахота поперек склона (5)		191	109,0	82,0	-	0,43	
	То же + бороздование (2)		209	121,0	88	+1,6	0,42	

Продолжение табл. 59

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Серая лесная (А. Т. Барабанов)	1970	Гребнистая вспашка с двумя укороченными отвалами (2)		219	109,0	110,0	-13,9	0,50
		Зябрь с лунками (2)		211	119,0	92,0	-1,3	0,44
Чернозем выщелоченный, Трушин [162]	1952	Пахота поперек склона		106	38,8	67,2	-	0,64
		То же, гребнистая		124	72,0	52,0	+22,8	0,41
Чернозем обыкновенный, Сухарев [159]	1953	Пахота поперек склона		41	25,1	15,9	-	0,39
	1954	То же, гребнистая		53	40,5	12,5	+6,1	0,24
Чернозем обыкновенный, Сухарев [159]	1952	Обычная зябрь	0,7	63	45,7	17,3	-	0,28
	1956-1958	Зябрь + обвалование	0,7	44	38,3	5,7	+9,1	0,13
То же, Князев [65]	1962	Обычная зябрь	3,5	111	111,0	0	-	0
		Полупаровая обработка	3,5	107	27,0	80,0		0,75
То же (В. Ф. Агеев)		То же + лункование	3,5	115	41,5	73,5	+11,5	0,64
	1964	Пахота с прикатыванием	1,9	127	124,1	2,9	-	0,02
	То же + бороздование окучником через 0,7 м	1,9	127	125,4	1,6	+1,3	0,01	
Каштановая, Шапошников [179]	1947	Пахота поперек склона	2,5	57	46,9	10,1	-	0,18
		То же + крестование	2,5	44	29,5	14,5	-8,7	0,33
То же (М. Д. Антипов, Н. Е. Богулина)	1961	Пахота поперек склона	2,0	46	44,3	1,7	-	0,04
		То же + бороздование через 2-3 м	2,0	49	48,6	0,4	+1,3	0,01
Светло-каштановая, Коблев [66]	1962	Пахота поперек склона	1,7	37	34,3	2,7	-	0,07
	1964	То же + бороздование через 3-4 м	1,7	38	36,6	1,4	+1,3	0,04
	Пахота поперек склона	2,0	68	66,0	2,0	-	0,03	
	То же + бороздование на 4 м	2,0	65	62,6	2,4	-0,5	0,04	
	Пахота поперек склона	2	68	66,0	2,0	-	0,030	
	То же + бороздование через 4 м	2,0	65	62,6	2,4	-0,5	0,040	
	Пахота поперек склона	3,0	101	96,8	4,2	-	0,040	

Окончание табл. 59

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Светло-каштановая, Коблев [66]	1952	То же + крестование	3,0	118	110,6	7,4	-2,2	0,060
	1961	Пахота поперек склона	7,4	21	20,9	0,1	-	0,005
		То же + лункование	7,0	21	18,0	2,2	-2,1	0,100
1963	Зябь с боронованием	4,0	172	24,7	69,3	-	0,400	
	То же + бороздование и лункование (3)	3,7	170	30,2	61,8	+7,5	0,360	
То же А. Т. Барабанов	1964	Пахота поперек склона (3)	3,1	66	65,7	0,3	-	0,004
		То же + бороздование через 3-4 м (2)	3,4	64	62,5	1,5	-1,3	0,020
	Зябь с боронованием	3,9	48	38,6	9,6	-	0,200	
	То же + бороздование	3,8	49	46,8	2,2	+7,4	0,040	
	1965	Зябь с боронованием	5,2	27	16,3	10,7	-	0,400
1966	То же + бороздование	5,3	42	27,9	14,1	+1,5	0,340	
	Зябь с боронованием	3,7	15	7,5	7,5	-	0,490	
	То же + бороздование	3,7	15	8,3	6,7	+0,8	0,440	
То же (В. П. Борец)	1970	Зябь, полупаровая обработка	3,7	120	95,3	24,7	-	0,210
		То же + лункование (ЛЮД-101)	3,7	128	113,7	14,3	+11,5	0,110
		То же + гребнистая перепашка	3,7	140	134,2	5,8	+19,9	0,040

Примечание: В графе «Приведенная разница в стоке» плюс (+) означает уменьшение, минус (-) увеличение.

ном пункте ВНИАЛМИ, оно в 1947 г. дало отрицательный результат, а в 1961-1964 гг. его роль в сокращении стока практически не выявилась или была незначительной. На светло-каштановых почвах под Волгоградом перекрестное и прерывистое бороздование зяби за пять лет наблюдений лишь в 1951 г. уменьшило сток на 10,5 мм; в другие четыре года оно несколько увеличивало сток (на 1,3-4,5 мм), а бороздование заборонованной зяби уменьшало его на 7-7,5 мм, сокращая и коэффициент стока. На заборонованной зяби из-за более плотной упаковки почвенных агрегатов в верхнем слое впитывающая способность почвы в мерзлом состоянии значительно снижается, поэтому дополнительное уплотнение части поверхности гусеницами вызывает меньшее приращение стока, чем на обычной пахоте, и баланс водозадержания при бороздовании получается положительный. Обращает на себя внимание незначительное сокращение стока вследствие поделки микрорельефа по сравнению с геометрической емкостью борозд с валиками. Мы уже отмечали, что геометрическая емкость микрорельефа сильно отличается от его рабочей емкости в период снеготаяния. Переполнение водой борозды в одном месте и прорыв валика ведет к спуску воды в нижележащую борозду, а затем в следующую и т. д., что в конечном счете резко сокращает их водозадерживающую емкость. Рыхление дна борозды почвоуглубителем способно повысить эффективность бороздования. По наблюдениям С. С. Сдобникова и Н. И. Бакаева [124], в Целиноградской области бороздование зяби также способствовало увеличению стока.

Таким образом, прерывистое и перекрестное бороздование зяби, как правило, не дает ощутимого положительного эффекта в отношении уменьшения стока, хотя в более северных районах влажность почвы в некоторых случаях повышается в связи с увеличением запасов снеговой воды. По свидетельству И. Д. Брауде [17], положительная противоэрозионная роль бороздования выявилась в его опытах, проведенных в 1960 и 1962 гг. на серых лесных почвах в совхозе «Каширский» Московской области.

В настоящее время наиболее широко рекомендуется производству для задержания талых вод лункованием зяби. Оно осуществляется различными орудиями, но наибольшим успехом пользуются лункообразователи ЛОД-10 и ЛОД-5. Достоинством этого метода является то, что емкость лунок существенно не меняется в зависимости от направления движения агрегата относительно склона (поперек или под некоторым

углом). В опытах А. Т. Барабанова на Новосильской АГЛОС в 1969 и 1970 гг. лункование зяби существенно не уменьшало сток, однако в связи с повышенными снегозапасами в почву просачивалось больше талой воды, чем на контроле. Лункование зяби на светло-каштановых почвах в Волгоградском опытном хозяйстве ВНИАЛМИ в 1960 и 1961 гг. обусловило образование небольшого стока при его отсутствии на контроле. В лунках, как правило, образовывался лед, и во время весеннего снеготаяния талая вода впитывалась слабо. Лункование зяби, проведенное В. К. Духновым осенью 1960 г. на темно-каштановой суглинистой почве Клетского опорного пункта, не дало ощутимых результатов в отношении прибавки влаги и урожая (сток не изучали). В Целиноградской области лункование выровненной зяби сыграло положительную роль, увеличив влажность почвы и урожай яровой пшеницы на 10,1% [124].

Когда лункование проводят по заборонованной зяби, оно способствует некоторому уменьшению стока. В наших опытах 1963 г., проведенных в опытном хозяйстве ВНИАЛМИ, это сокращение составило 7,5 мм. В учхозе Куйбышевского СХИ, согласно данным А. А. Князева [65], лункование два раза взлущенной и затем заборонованной зяби (полупар) уменьшило сток в 1962 г. (73,5 мм против 80 мм). Стока с обычной зяби в этом году не было. Интересно отметить, что, согласно подсчетам А. А. Князева, геометрическая емкость лунок составляла 30-40 мм, а сток они уменьшили лишь на 6,5 мм.

На основании всего изложенного о гидрологической эффективности искусственного микрорельефа можно заключить, что гребнистая вспашка плугом с двумя укороченными отвалами, лункование и прерывистое бороздование нормальной зяби, а также устройство на ней микролиманов не способствуют или мало способствуют сокращению стока. Сток уменьшается более значительно, если вспашка поперек склона производится четырехкорпусным плугом с одним увеличенным отвалом или без отвала на одном из корпусов (лучше на последнем), в результате чего образуется межгребневое корытообразное понижение.

Малая водозадерживающая эффективность искусственного микрорельефа связана, с одной стороны, с дополнительным уплотнением почвы вследствие повторного ее рыхления, а с другой – с уменьшением мощности рыхлого слоя в лунках и межгребневых бороздах и понижениях, что равносильно уменьшению глубины вспашки. Все это вместе взятое способствует большему образованию льда в лунках и понижениях и уменьшает впитывающую способность мерзлой поч-

вы. Тем не менее благодаря повышенным влагозапасам в снеге и ледяной корке на зяби с искусственным микрорельефом в почву просачивается несколько больше талой воды, чем без него. Позднеосеннее лункование и бороздование заборонованной зяби или обрабатываемой в течение лета по типу полупара (в целях очищения полей от сорняков) играет положительную роль в уменьшении стока и эрозии, и повышении влажности почвы. Однако их водозадерживающее значение невелико, оно обычно выражается величиной 8-12 мм.

Отметим, что позднеосенняя перепашка полупара (рыхление), особенно гребнистая, обеспечивает большее уменьшение стока (а, следовательно, и смыва), чем лункование (см. табл. 59). На этом основании можно заключить, что в общагрономическом плане более целесообразно в засушливых условиях для очищения полей от сорняков вместо полупара провести в послеуборочный период по мере надобности 2-3 лущения, а затем поздней осенью – гребнистую вспашку поперек склона.

В литературе имеется немало данных, свидетельствующих о значительном повышении урожая по зяби с поделкой искусственного микрорельефа [5, 13, 20, 65, 66, 93, 100, 115, 124, 128, 181 и др.]. В разных случаях урожай повышался от 0,5 до 3-4 ц/га и больше. Прибавка урожая отмечалась и в те годы, когда на зяби формировался сток талых вод, и в годы без стока. В тех же литературных источниках приводятся случаи, когда прибавки урожая не было или даже урожай был ниже, чем на контроле. Однако следует отметить, что в указанных работах, как правило, отсутствует анализ причин повышения урожая подразумевается, что оно связано с дополнительным задержанием талых вод. Проанализировав данные опытной сети ВНИ-АЛМИ, мы пришли к выводу, что урожай по зяби с искусственных микрорельефом повышается в тех случаях, когда на опытных вариантах накапливается больше снега (особенно в годы с незначительным стоком и без стока); при одинаковых влагозапасах в снеге урожай отличается мало. Таким образом, в условиях степей на первый план выступает снегозадерживающая функция микрорельефа зяби.

Из всего изложенного по данной проблеме вытекает следующее. Наиболее эффективными приемами поверхностного водозадержания являются такие, которые обеспечивают создание одновременно с основной вспашкой первичного микрорельефа значительной емкости, без уплотнения почвы, при достаточной глубине рыхления; мощность рыхлого слоя под лунками, бороздами и прочими понижениями должна со-

ставлять около 25-27 см. Для повышения объема водозадержания нужно сконструировать более совершенные орудия и разработать методы создания микрорельефа, которые отвечали бы указанному требованию. Вместе с тем следует иметь в виду, что в принципе микрорельефу зяби принадлежит ограниченная роль в уменьшении стока. К задержанию талых вод на зяби нужно подходить в зональном разрезе, при этом следует исходить из анализа нормы стока (см. табл. 6, 11, 12, 27, 32, 44) и обеспеченности величин, подлежащих задержанию (см. кривые обеспеченности стока, рис. 5, 6, 10, 11, 13).

Как свидетельствуют изложенные выше материалы, в степных районах с черноземными и каштановыми почвами значительный сток с обычной зяби наблюдается в среднем три года в 10-летие. Вспашка поперек склона на 27-30 см (включая среднесмытые почвы) обеспечивает почти полное задержание талых вод в среднем в 7-8 из 10 весен в областях степного Поволжья и юга (Волгоградская, Саратовская, Куйбышевская, отчасти Оренбургская, частично Ростовская). Здесь достаточно производить обычную вспашку в основном поперек склона на указанную глубину. На участках с сильно смытыми почвами, а также там, где почвы залегают на плотных глинах и глинистых коренных породах, целесообразно применять и специальные приемы водозадержания, наиболее подходящие для данной зоны и района.

На черноземах степного центра, северной степи и частично лесостепи глубокая вспашка обеспечивает достаточное поглощение талых вод в среднем в семи годах из 10. Поэтому здесь лишь на средне- и сильно смытых почвах потребуются глубокая гребнистая вспашка (с почвоуглубителями) или некоторые другие приемы. При ее проведении в косом направлении относительно падения склона, что часто встречается в производственных условиях, она, помимо водозадержания, играет противоэрозионную роль, отводя непоглощенную талую воду под небольшими углами наклона и тем способствуя уменьшению смыва. На выщелоченных черноземах Центральной лесостепи (Курская, Орловская области), где умеренный и сильный сток с зяби формируется в среднем в шести-семи годах из 10, потребуются более широкое применение водозадерживающих приемов.

Что касается серых лесных почв лесостепи, то наиболее значительное сокращение стока на них возможно в процессе их окультуривания, создания глубокого богатого органическими веществами пахотного горизонта. Приемы водозадержания здесь также могут найти примене-

ние. Следует отметить, что в настоящее время на оподзоленных черноземах, серых лесных и на дерново-подзолистых почвах талые воды не могут быть задержаны в такой же степени, как в степях. Может быть, это и нецелесообразно, так как просачивание в почву и грунт всей снеговой воды во все годы способствовало бы усиленному выщелачиванию почвы и выносу в грунтовые воды элементов питания растений. В целях сокращения смыва почв, особенно в северных районах, необходимо, наряду с другими приемами, отработать в производственных условиях специальные меры по спокойному отводу непоглощенной воды.

Применение наклонных водоотводящих борозд позволяет защитить почву от смыва на нижележащих, более крутых отрезках склона. Противозерозионную эффективность водоотводящих борозд изучали пока мало. В наших опытах, проведенных вместе с В. Н. Дьяковым на Новосильской станции в 1958-59 гг., водоотводящие борозды уменьшили смыв почвы на зяби почти в 4,5 раза: выше борозд смыв равнялся $19 \text{ м}^3/\text{га}$, ниже их $4,3 \text{ м}^3/\text{га}$ [142, 144].

Высокая эффективность водоотводящих борозд выявилась и в опытах, проведенных нами вместе с А. Т. Барабановым в почвозащитном севообороте Волгоградского опытного хозяйства ВНИАЛМИ в 1963-1966 гг. В 1963 г. в январскую оттепель наклонные борозды при расположении их под углом $15-20^\circ$ к горизонталям уменьшили смыв в 5-8 раз, а в дальнейшем 3 раза. В 1964 г. на склоне $3-5^\circ$ с водоотводящими бороздами, проведенными под углом $30-40^\circ$ к горизонталям через 50-70 м смыв с заборонованной осенью зяби в среднем составил около $0,4 \text{ м}^3/\text{га}$, на контроле $3 \text{ м}^3/\text{га}$. Во время ливня борозды уменьшили смыв почвы на участке черного пара в среднем в 5-6 раз ($1,7$ против $9,5 \text{ м}^3/\text{га}$). Весной 1965 г. смыв на участке с водоотводящими бороздами уменьшился почти в 5 раз (2 против $9,9 \text{ м}^3/\text{га}$), а в 1966 г. – в 11,4 раза ($0,7$ против $8 \text{ м}^3/\text{га}$). И. Д. Брауде [17] также пришел к выводу о высокой противозерозионной эффективности наклонных водоотводящих борозд.

Сточную воду можно отводить на берега хорошо задернованных ложбин и лощин, в лесные полосы и в другие места, не подверженные размыву. Вопрос о наиболее оптимальных параметрах водоотводящих борозд в связи с их наивыгоднейшим размещением на различных отрезках склонов подлежит дальнейшему изучению. В настоящее время мы рекомендуем применять их так: на склонах до $3-3,5^\circ$ борозды нужно располагать на расстоянии 80-100 м друг от друга, при этом выбирать

такие направления, чтобы наклон по линии их нарезки не превышал 1-1,5°. На более крутых отрезках склонов этот наклон должен составлять около одной трети крутизны склона (борозды проводятся под углом 30-35° к горизонталям), а расстояния между бороздами нужно уменьшать до 50-70 м. Нарезку лучше производить навесным плугом на тракторе «Беларусь» с оставлением одного корпуса.

В последнее время в районах Юго-Востока РСФСР получила широкое распространение выровненная зябь, уменьшающая потери влаги на испарение и являющаяся мерой очищения полей от сорняков [19, 123, 168 и др.]. Выравнивание осуществляют боронованием в агрегате (если при вспашке не образуется глыб), самостоятельным боронованием, прикатыванием в агрегате кольчатым катком и другими способами. При появлении на зяби сорняков производят по мере необходимости культивации (полупар). Ранее такая система зяблевой обработки разрабатывалась в условиях Донбасса [89]. По данным ряда авторов, урожай по выровненной зяби увеличивается на 2-3 ц/га по сравнению с глыбистой. В засушливых условиях сильноглыбистая пашня в гидрологическом и агрономическом отношениях безусловно хуже, чем нормально разделанная; но при хорошем крошении пласта (когда вспашка производится при оптимальной влажности) боронование и дополнительное уплотнение зяби не всегда может дать положительный результат, особенно на почвах, склонных к заплыванию, например, эродированных. Поэтому эффективность выравнивания зяби может быть различной. Система выровненной зяби разработалась и изучалась преимущественно плакорных условиях на склонах ее изучали мало.

Выше при характеристике весеннего стока мы приводили его показатели и на выровненной зяби. Изложенные материалы показывают, что во всех зонах выравнивание неизменно вызывает увеличение стока. Он возрастает по мере измельчения и увеличения плотности упаковки почвенных агрегатов, т. е с увеличением числа обработок. Боронование зяби в наибольшей степени преобразует сложение поверхностного слоя пашни (8-10 см) и уменьшает впитывающую способность почвы в мерзлом состоянии. Напомним основные цифры, характеризующие сток с выровненной зяби.

В 1959 г. вследствие осеннего боронования зяби в два следа сток на серой лесной почве увеличился на 19,4 мм, а коэффициент стока на 17% (см. табл. 3). В 1958 г. в районе Тимашево (типичный чернозем) боронование зяби в четыре следа повысило сток на 32,1 мм, при этом

коэффициент стока увеличился почти в 10 раз (см. табл. 19). В учхозе Куйбышевского СХИ (Кинель) полупаровая обработка зяби вызвала в 1962 г. сток в 80 мм, в то время как с обычной зяби его не было (см. табл. 59). На Поволжской АГЛОС осеннее боронование зяби в два следа обусловило в 1964 г. сток в 43,6 мм при стоке с гребнистой зяби 11,5 мм (коэффициент стока соответственно 0,271 и 0,076), а в 1965 г. повысило его на 12,2 мм (коэффициент стока 0,147) при отсутствии стока на контроле (см. табл. 24).

На каштановых почвах Камышинского пункта в период 1960-1964 гг. сток с заборонованной в два следа зяби повышался от 3,6 до 15,4 мм по сравнению с контролем, а коэффициент стока увеличивался в 3-5 раз и больше. В 1964 г. на площадке, где зябь забороновали в четыре следа, сток равнялся 23,2 мм (на контроле его почти не было), что на 14-17 мм больше по сравнению с площадкой, заборонованной в два следа (см. табл. 31). На светло-каштановых почвах в 1960, 1961 и 1962 гг. при отсутствии стока с обычной зяби осеннее боронование ее в два следа вызывало сток соответственно 4,1-9,4; 2,4 и 17,8 мм. В 1963 многоводном году оно повысило сток на 31,4 мм, а коэффициент стока на 83%; в 1964 и 1965 гг. боронование обусловило увеличение стока в среднем соответственно на 9,7 и 6,5 мм, а коэффициента стока в 4,3 и 2,8 раза (см. табл. 39, 40 и 42).

Заметим, что указанное приращение стока, за исключением 1963 г. по Камышинскому пункту, имело место при самостоятельном бороновании зяби (спустя некоторое время после вспашки). При ее бороновании в агрегате (в один след) приращение стока меньше, а в маловодные годы его может совсем не быть. В совхозе «Динамо» Волгоградской области прикатывание зяби водоналивным катком (в агрегате) не вызвало существенного увеличения стока: в 1964 г. он увеличился всего на 0,9-1,1 мм, а в 1965 г. его не было и на вариантах с прикатыванием. В то же время при бороновании в два следа в 1964 г. сток увеличился на 9,2 мм, а в 1965 г. на площадках с боронованием и культивацией на 3,7-4,9 мм (см. табл. 14). Таким образом, ясно, что боронование зяби значительно усиливает сток талых вод, а следовательно, и процессы эрозии: В средние по водности годы, когда на обычной зяби сток вообще не формируется, на заборонованной он составляет 7-10 мм, а в отдельные годы достигает 18 мм; в многоводные годы он бывает еще больше.

В штате Вашингтон на стоковых площадках получены следующие данные [187]: сток с выровненной зяби (ранняя вспашка + боронование

и культивация) составил 90,9 мм, с поздней отвальной пахоты 6,7 мм, а при рыхлении почвы глубокорыхлителем с оставлением стерневой мульчи 8,1 мм; смыв почвы равнялся соответственно 7,5 и 0,24 т/га.

Мы пришли к выводу, что на эродированных склоновых землях урожай сельскохозяйственных культур по заборонованной зяби существенно не повышается, а в ряде случаев снижается в связи с потерей некоторой части талой воды на сток, а также вследствие повышенного сдувания снега. В противоэрозионном отношении выровненная зябь, безусловно, хуже, чем обычная. Учитывая все это, целесообразно ограничить применение выровненной (особенно заборонованной) зяби склонами до 1,5°, и осенью здесь нужно проводить лункование. В случае применения полупара (в целях очищения полей от сорняков) осенью нужно производить рыхление плугом без отвалов или с отвалом на одном корпусе, это позволит задержать талые воды и ликвидировать опасность сильной эрозии. Лишь при очень сильной глыбистости пашни в засушливую осень целесообразно более широко проводить выравнивание зяби, одновременно с этим применяя специальные приемы (лункование, водоотводящие борозды и др.).

Щелевание предназначено для задержания стока и уменьшения эрозии преимущественно на сельскохозяйственных угодьях с повышенной уплотненностью почвы: многолетних травах, стерне, озимых, пастбищных и сенокосных угодьях; иногда рекомендуют проводить щелевание и зяби. Мелиоративная роль щелевания состоит в следующем: прорезание почвенных горизонтов на глубину 45-55 см способствует непосредственному переводу снеговых и дождевых вод в зону с пониженной влажностью и слабым промерзанием почвы и увеличению поверхности контакта более водопроницаемой почвы с водой; тем самым, оно сильно увеличивает впитывание и просачивание талых и ливневых вод в более глубокие горизонты почвы.

Положительный эффект щелевания выявился в опытах М. С. Цыганова и А. И. Трощия [171], проведенных на пастбищных угодьях Воронежской области (почва обыкновенный чернозем), В. П. Волкова [27] при щелевании стерни, посевов люцерны и озимых на темно-каштановых и светло-каштановых почвах Заволжья и других.

Нами гидрологическая и агрономическая эффективность щелевания изучалась на посевах многолетних трав (люцерно-житняковая травосмесь осеннего посева 1959 г.), озимых и на заборонованной зяби. Щелевание проводили осенью при помощи навесного рыхлителя КЗУ-

0,3В с узкорыхлящими лапами в агрегате тракторами ДТ-54А или «Беларусь». Расстояния между щелями были приняты 1,2 м (на рыхлителе оставляли 3 лапы) 0,8 м (4 лапы), а на заборонованной зяби 0,6 м (рыхлитель с 5 лапами); глубина щелей на многолетних травах 28-35 см, на зяби и озимых 32-38 см; ширина по низу 4-5 см, по верху 7-8 см. Тотчас же после прохождения орудия щели очень рыхло заполняются землей, и по обе их стороны образуются небольшие валики. Свободный объем щелей при расстояниях между ними 0,8 м и среднем объемном весе заполняющей их земли $0,5 \text{ г/см}^3$ составляет $120 \text{ м}^3/\text{га}$, а при расстояниях 1,2 м – $80 \text{ м}^3/\text{га}$ (впитывающая поверхность равняется соответственно 8125-9375 и 5420-6250 $\text{м}^2/\text{га}$).

Данные по стоку талых вод в связи с щелеванием почвы приведены в табл. 60. Из этой таблицы видно, что щелевание с расстояниями между щелями 1,2 м уменьшило сток с многолетних трав в 1961 г. почти на 7 мм и увеличило водопоглощение на 10,6 мм; при расстояниях между щелями 0,8 м почти вся вода просочилась в почву. Эффективность щелевания трав в 1961-62 г. оказалась более высокой. Уменьшение стока в нижнем ярусе поля по сравнению с верхним связано главным образом с наличием здесь снежного шлейфа от лесополосы, защитившего в условиях зимы 1961-62 г. почву от глубокого промерзания. В 1962-63 г. щелевание трав обусловило сокращение стока на 26,3 мм и значительное уменьшение коэффициента стока (0,332 против 0,483). Показатели просачивания и стока талых вод на заборонованной зяби с щелеванием в 1962 г. были такие же, как и без щелевания. Это объясняется, с одной стороны, уплотнением при щелевании поверхности пашни гусеницами трактора приблизительно на $1/3$ площади, а с другой – неустойчивостью щелей, сделанных в рыхлой почве: их стенки тотчас же обрушиваются и заполняются мелкоземом почти с такой же плотностью, какую имеет пашня; щели, заполненной рыхлой почвой, не получается. В 1963 г. положительное влияние щелевания заборонованной зяби вывилось слабо (см. табл. 40). Эффективность щелевания озимых в 1961-62 г. оказалась также очень незначительной.

В 1962 г. представилась возможность провести наблюдения за влиянием осеннего щелевания многолетних трав на сток ливневых вод. 4 июля выпал ливень, при котором слой осадков составил 19,4 мм. На площадке с щелеванием слой стока составил 2,54 мм (коэффициент стока 0,133), а на контроле 5 мм (коэффициент стока 0,263), т. е. почти в два раза больше. Смыв был незначительный. Таким образом, щелевание

способствовало лучшему просачиванию в почву ливневых осадков и сокращению стока. В 1961 г. щелевание способствовало повышению урожая многолетних трав в среднем на 2,7 ц/га при урожае на контроле 16,9 ц/га (песчаная почва) и 33,4 ц/га (супесчаная и легкосуглинистая почва), а в 1962 влажном году оно несколько уменьшило его, что связано главным образом с повреждением травостоя при щелевании и некоторым уменьшением его плотности. Щелевание участка с озимой рожью не повлияло на ее урожай он равнялся 18,5-19,0 ц/га.

Таблица 60

Влияние щелевания светло-каштановых почв на сток талых вод

Агротехнический фон	Крутизна склона, град.	Запас воды в снеге + осадки, мм	Просочилось в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
<i>1961 г. Сумма осадков холодного периода 100 мм</i>					
Травы 2-го года пользования (почва супесчаная), контроль	6,3	18	4,2	13,1	0,73/0,13
То же + щелевание через 1,2 м	6,0	21	14,8	6,2	0,30/0,06
То же + щелевание через 0,8 м (почва песчаная)	4,4	21	20,1	0,9	0,04/0,01
<i>1962 г. Сумма осадков холодного периода 190 мм</i>					
Травы 3-го года пользования (почва песчаная)	4,1	78	42,2	35,8	0,46/0,19
То же + щелевание через 1,2 м	4,4	81	79,5	1,5	0,02/0,01
Травосмесь (почва супесчаная)	6,3	83	61,1	21,9	0,26/0,12
То же + щелевание через 0,8 м	6,0	98	98,0	0	0
Озимая рожь (почва среднесуглинистая)	6,0	73	34,3	38,7	0,53/0,20
То же + щелевание пара через 0,8 м перед посевом	6,2	64	30,8	33,2	0,52/0,17
То же + щелевание через 1,2 м по всходам	6,2	67	32,9	34,1	0,51/0,18
Зябрь с боронованием в два следа	3,5	70	52,2	17,8	0,25/0,09
То же + щелевание через 0,6 м	3,5	74	55,1	18,9	0,26/0,10
<i>1963 г. Сумма осадков холодного периода 167-169 мм</i>					
Травосмесь 4-го года пользования (почва супесчаная)	6,3	169	61,3	81,7	0,48
То же + щелевание с расстоянием 0,8 м	6,3	167	85,6	55,4	0,33

В последнее время стали изучать гидрологическую эффективность приема щелевания озимых и зяби по замерзшей на 8-12 см почве [3]. В 1969 и 1971 гг. В. П. Борец провел опыты по щелеванию многолетних трав и озимых в Волгоградском опытном хозяйстве ВНИАЛМИ (светло-каштановые почвы) с одновременным снегозадержанием при помощи кулис из подсолнечника и горчицы. Щелевание проводили на глубину 45-50 см при помощи переоборудованного плоскореза-глубококорыхлителя КПП-250, на раму которого устанавливали специальные ножи-щелерезы. В 1969-70 г. при щелевании многолетних трав лентами из двух щелей с расстояниями между щелями в ленте 1,1 м и между лентами 2 м сток уменьшился на 21,6 мм (19,9 против 41,5 мм), а смыв вдвое (1,7 против 3,6 м³/га). При совместном применении кулис из горчицы или подсолнечника и щелевания в почву просочилось на 37-48 мм воды больше, чем на контроле; при этом смыв почвы сократился на 3,3-7,9 м³/га. Все это способствовало повышению урожая озимой пшеницы на 1,8-3,0 ц/га (при урожае на контроле 19,2 ц/га), сена люцерны на 4,4-7,1 ц/га и житняка на 3,4-4,0 ц/га при урожае на контроле соответственно 28,1 и 10,0 ц/га. В 1970-71 г. щелевание озимых уменьшило сток с 32,8 до 26,3 мм (коэффициент стока 0,39 и 0,29), а щелевание с кулисами – с 42,8 мм (коэффициент стока 0,36) до 23,6 мм (коэффициент стока 0,22). При этом смыв почвы уменьшился на 12%.

Резюмируя изложенное, можно сказать, что эффективность щелевания определяется главным образом агрофоном полей, а также глубиной щелей и гидрометеорологическими условиями года. Так, при щелевании угодий, где почва имеет плотное сложение (многолетние травы), получают положительные результаты в отношении сокращения стока, а при рыхлой незамерзшей почве (зяблевая пахота, озимые) щелевание практически безрезультатно.

На травах, помимо непосредственного сокращения объема стока, щелевание сильно уменьшает или исключает (до момента заполнения щелей льдом) возможность образования ледяной корки и сохраняет на более высоком уровне впитывающую способность почвы между щелями.

При щелевании зяби устойчивой щели не образуется, и талая вода почти не затекает в них, а просачивается по капиллярам, как и на прилегающей площади. Кроме того, поверхность рыхлой пашни при щелевании уплотняется гусеницами трактора, что обуславливает увеличение стока. Приблизительно такая же картина имеет место и при щелевании

озимых, только проявляется она в несколько ослабленной форме (вследствие большей уплотненности почвы); поэтому сток на них немного уменьшается. Щелевание озимых (а также зяби в северных районах) по мерзлой почве намного повышает результативность этого приема. В целом прием нуждается в совершенствовании, особенно в совершенствовании орудий-щелевателей.

Специфические меры борьбы с ливневой эрозией

В естественных условиях при выпадении летних осадков впитывание воды в почву склонов обычно происходит при частичном затоплении поверхности, что снижает интенсивность инфильтрации. Реальная величина инфильтрации при отсутствии защитного растительного или иного покрова обычно 1,5-3 раза меньше максимальной, выявляющейся при сплошном затоплении поверхности, причем она сильно варьирует в зависимости от этой последней и от влажности почвы [137]. Поэтому, несмотря на большое превышение показателей водопроницаемости почвы над интенсивностью ливней (в 1,5-3 раза и больше), на склонах формируется ливневый сток, не говоря уже о случаях, когда интенсивность ливней равна или больше этих показателей. Величина реальной водопроницаемости данной почвы определяется выраженностью микро- и микрорельефа и степенью рыхлости ее поверхностного слоя, густотой травостоя или стеблестоя, наличием на поверхности мульчи (соломистый или иной войлок, лесная подстилка, щебенка и проч.). При их выраженности или наличии обеспечивается увеличение площади сплошного контакта почвы с водой или даже сплошное ее затопление, и реальное водопоглощение по своему значению приближается к максимальному или совпадает с ним.

Густой растительный покров и мульчирование способствуют тому, что крутизна склона теряет свое значение и не влияет на увеличение стока, так как в этом случае полностью реализуется максимальная инфильтрационная способность почвы. В специальных экспериментах на светло-каштановых почвах установлено [15], что на склоне 4 и 6° на делянках, куда внесли азотные и фосфорные удобрения и где лучше раскустился ячмень, коэффициент стока уменьшился соответственно в 1,4 (0,24 против 0,34) и 1,7 (0,27 и 0,45) раза, а смыв почвы в 4 (0,98 и 3,96 т/га) и 1,9 (3,44 и 6,53 т/га) раза по сравнению с контролем. Таким образом, внесение в почву минеральных удобрений, обеспечивая повышение урожая, в то же время позволяет лучше использовать атмо-

сферные осадки. На почвах с хорошей водопрочной структурой наличие рыхлого слоя мощностью 6-8 см обеспечивает более полное поглощение осадков, а на почвах, склонных к заплыванию, рыхлый слой функционирует недолго, и их впитывающая способность быстро падает; это приводит к быстрому формированию стока и усилению смыва.

Интенсивность и продолжительность дождя и размер капель также влияют на скорость впитывания воды: с увеличением интенсивности осадков возрастает одновременно водопоглощение и сток, но со временем скорость просачивания (коэффициент фильтрации) стабилизируется, а сток еще больше возрастает. При одинаковых по интенсивности дождях, выпадающих на незащищенную почву, впитывание воды происходит тем быстрее, а сток тем меньше, чем мельче капли дождя, и наоборот, при крупнокапельных дождях потери воды на сток резко возрастают. В первом случае обеспечивается лучшая сохранность почвенных агрегатов и увеличивается площадь контакта воды с почвой, а во втором вследствие сильного механического действия капель происходит разрушение агрегатов и заплывание поверхности почвы, ведущее к отрицательным последствиям. Наземный покров гасит энергию капель и распыляет их, что обеспечивает уменьшение потерь осадков на сток.

Коэффициент стока может варьировать в зависимости от агрофона полей, влажности почвы, интенсивности и продолжительности дождя в широких пределах, обычно же при средних и сильных ливнях он колеблется от 0,10-0,15 до 0,30. Ливневый сток в 5-8 мм за короткое время при слабой защищенности полей способен вызвать сильные разрушения почвенного покрова.

Учитывая вышеизложенное, целесообразно применять для задержания ливневых вод, уменьшения смыва и повышения влажности почвы следующие агрономические мероприятия. Культивацию черных паров (где они применяются) нужно проводить своевременно поперек склона, не допуская образования поверхностной корки и перерастания сорняков, которые иссушают почву. Для предотвращения сильной эрозии в ливнеопасный период нужно после каждой культивации проводить через 50-100 м (в зависимости от уклона) наклонные водоотводящие борозды. На пропашных культурах нужно создавать водозадерживающий микрорельеф, который бы являлся постоянно действующим фактором впитывания осадков. Например, поделка поперек склона борозд в междурядьях кукурузы при одновременном окучивании рядков

обеспечивает задержание и поглощение ливневых осадков, уменьшает или прекращает сток и эрозию. При этом, как показали специальные опыты в совхозе «Динамо» Волгоградской области (В. Ф. Агеев), значительно сокращается засоренность посевов вследствие засыпания сорняков в рядах и повышается урожай. Однако при сильном иссушении почвы стандартные окучники работают неудовлетворительно. В настоящее время эта проблема в условиях производства может быть частично решена путем изготовления специальных окучников привариванием к лапам культиватора (например, КРН-4, 2) отвальчиков правого и левого действия, которые работают вполне удовлетворительно [148]. Удобрение зерновых культур и трав способствует задержанию и поглощению осадков на месте их выпадения, уменьшению смыва почвы и более экономному расходованию влаги.

В районах, где часто выпадают ливни (Молдавская ССР, Украинская ССР), для уменьшения эрозии на склонах М. Н. Заславский [51], А. С. Скородумов [129] и другие рекомендуют применять буферные полосы на чистых парах и пропашных культурах, а также полосное земледелие. Буферные полосы на пару создают осенью посевом озимых: вико-ржи и других смесей бобово-злаковых культур. На них высевают также ранней весной яровые: вику, чину, горох, вико-овсяную и другие смеси, а из поздних яровых-кукурузу, сорго, суданку. При создании буферных полос из многолетних трав последние высевают под покров предшественника черного пара, и подъем пара производят на пространстве между буферными полосами, а распашку этих полос осуществляют на второй год приблизительно за месяц до посева озимых. Ширину буферных полос устанавливают в зависимости от крутизны склона; например, на склоне 6-8° ее принимают в 6-10 м с расстояниями между полосами 40-50 м. На буферных парах, согласно данным [51], намного уменьшается смыв почвы; кроме того, здесь получают дополнительную продукцию для животноводства.

Полосное земледелие применяется в основном в двух модификациях: 1) полосы однолетних культур чередуются с полосами многолетних трав, при этом достигается наибольший противоэрозионный эффект; 2) чередуются полосы из густопокровных культур, например, озимых и пропашных. Следует отметить, что полосное размещение посевов создает значительные трудности организационного характера и в нашей стране указанные мероприятия не получили широкого распространения.

Мульчирование почвы имеет большое гидрологическое и противоэрозионное значение: мульча намного увеличивает интенсивность

впитывания осадков, уменьшает сток талых и особенно ливневых вод и эрозию, резко сокращает физическое испарение, повышает влажность почвы и урожай. В нашей стране мульчирование испытывалось многими исследователями, в результате выявлена его положительная роль [132]. Недавно на Новосильской АГЛОС приступили к изучению гидрологической, противоэрозионной и агротехнической роли мульчирования. В 1972 г. мульча из соломы (10 т/га) обусловила уменьшение стока талых вод с зяби с 13 до 5 мм, а коэффициент стока до 0,225-079 (А. Т. Барабанов). Создание на полях (особенно на склонах) постоянного слоя мульчи за счет всевозможных растительных остатков, как это широко практикуется, например, в США, имело бы большое значение в деле преодоления засухи и защиты почв от эрозии. Однако осуществление этого мероприятия глубоко затрагивает основы земледелия, так как требует обработки почвы без оборота пласта и применения других методов. Новая система земледелия может быть применена в будущем.

Культура многолетних трав в целях защиты почв от эрозии и повышения продуктивности кормовых угодий

При построении системы противоэрозионных мероприятий нужно применять меры по улучшению кормовых угодий на эродированных присетевых землях и защите их от эрозии. Большие работы по лугомелиорации проведены Новосильской АГЛОС и ВНИАЛМИ, а также другими научными учреждениями. Исследования по культуре многолетних трав на весьма сильноосмытых серых лесных почвах Новосильская станция начала с 1928 г., но в первые годы опыты проводились без удобрений и оказались неудачными. В дальнейшем Я. В. Корневым был в основном установлен ассортимент многолетних трав и бобово-злаковых травосмесей, выявлена очень высокая эффективность удобрений, вносимых под травы. Данные урожайности, заимствованные из работы [6], помещены в табл. 61. Наиболее урожайной оказалась травосмесь клевера с тимофеевкой. Подкормка азотом весной повышала урожай на 15-29 ц/га, т. е. больше, чем в два раза. Под защитой лесных насаждений урожай многолетних трав за ряд лет был на 18% выше, чем на открытой площади.

Работы Новосильской опытной станции по травосеянию возобновились в 1948 г., и результаты исследований за период до 1954 г. обобщены Г. Я. Бронзовой [18]. Учитывая предшествующий опыт исследователей и новые данные, Г. Я. Бронзова отмечает, что все злаковые

и бобовые травы лучше растут на окультуренных и хуже на неокulturенных сильноосмытых почвах. На вновь осваиваемых площадях наибольший урожай дает травосмесь из костра безостого, тимофеевки луговой и клевера красного; однако клевер на 3-й и 4-й год выпадает из травостоя, поэтому в травосмесь вводят также и люцерну. Средний за четыре года урожай травосмеси с клевером равнялся без удобрения 26,7 ц/га, а с удобрением 45,2 ц/га сена против 6-8 ц/га сена полевично-разнотравной растительности.

Таблица 61

Влияние удобрений на урожайность многолетних трав (сено), ц/га

Травосмесь	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.	1938 г.	Сумма урожая за 5 лет
Клевер 65% + костер безостый 35%	44,1	19,7	44,4	31,5	21,6	161,3
Клевер 65% + овсяница луговая 35%	54,4	16,6	59,5	18,1	19,0	167,3
Клевер 65% + тимофеевка 35%	60,7	18,9	50,0	28,7	24,0	182,3
Клевер 25% + костер 15% + тимофеевка 30% + овсяница луговая 30%	44,5	14,8	46,8	29,5	21,0	156,5

Примечание. Почва – серая лесная. Весной 1934 г. под перепахку внесли полное минеральное удобрение.

При залужении уже окультуренных эродированных присетевых участков и при посевах трав в полях почвозащитных севооборотов Бронзова рекомендует следующие травосмеси: 1) костер безостый + тимофеевка + клевер; 2) костер + тимофеевка + клевер + люцерна; 3) костер + овсяница + тимофеевка + клевер + люцерна; 4) тимофеевка + люцерна. Средний за шесть лет урожай первой травосмеси на северном склоне составлял без удобрения 41 ц/га, а с внесением удобрения под вспашку и применением азотной подкормки – 54 ц/га сена. Урожай третьей травосмеси с внесением удобрений в среднем за четыре года равнялся 47,8 ц/га, а четвертой (на поле почвозащитного севооборота) 60,3 ц/га. Урожай естественной мятликово-разнотравной растительности составлял 10-12 ц/га сена.

Многолетние травы, как и другие сельскохозяйственные культуры, при их выращивании на сильноэродированных серых лесных почвах нуждаются прежде всего в азотном удобрении. Бронзова пришла к выводу, что наиболее ценным органическим удобрением на весьма сильноосмытых бросовых землях является навоз, который обеспечивает растения всеми необходимыми элементами питания и улучшает физические свойства почвы. Действие навоза на сильно и весьма сильноосмы-

тых почвах продолжается 2-3 года, на среднесмытых – 4 года. После этого для получения высокого урожая трав вносят подкормку азотом.

В опыте Т. Г. Глыбина с коренным улучшением травостоя, проведенном в 1956-1959 гг. на серой лесной средне- и сильносмытой почвах (травосмесь: костер безостый + тимофеевка луговая + клевер луговой), средний за 1957-1959 гг. урожай сена составил по навозу (30 т/га) 63,2 ц/га, по фону с полным минеральным удобрением $N_{60}P_{30}K_{30}$ (под вспашку) 62,3 ц/га, по фону с $N_{30}P_{30}K_{30}$ 59,4 ц/га и с N_{45} 56,3 ц/га. Кроме минеральных туков, в трех последних вариантах, начиная с весны 1957 г., ежегодно вносили подкормку азотом (по 45 кг действующего вещества). Урожай на контроле (посев травосмеси без удобрения) равнялся 39,0 ц/га, а на естественном злаково-разнотравном лугу 9,0 ц/га. Таким образом, распашка старой залежи и посев многолетних трав обеспечили резкое повышение продуктивности участка: средняя за три года прибавка урожая без удобрения составила здесь 30 ц/га; она обусловлена разложением органической массы, накопившейся в дернине. Несмотря на довольно высокий урожай на контроле, эффективность удобрений выявилась весьма отчетливо.

Аналогичная работа выполнялась и в «кольматирующих клетках», представляющих собой присетевые сильносмытые и размытые, некогда бросовые участки, окаймленные со всех сторон узкими из 2-3 рядов лесными полосами. Эти клетки стали создавать на станции в 1929 г., а уже в 1933 г. Я. В. Корнев отмечал их благотворное влияние на урожай. Весной 1958 г. Т. Г. Глыбин заложил опыт по коренному улучшению травостоя в клетках; крутизна склона 5° (в прошлом это бросовый сильноэродированный участок). До закладки опыта здесь господствовали представители разнотравья. Теперь здесь посеяли травосмесь из костра безостого, тимофеевки луговой, клевера лугового и люцерны посевной (25% + 25% + 25% + 25%). Начиная со второго года жизни трав ежегодно в конце апреля или в начале мая вносили подкормку азотом из расчета 130 кг аммиачной селитры на 1 га. Подкормку вносили также на контрольные делянки в кольматирующих клетках и вне клеток. Данные урожая приводятся в табл. 62.

Они прежде всего свидетельствуют о большом мелиоративном влиянии лесных полос, окаймляющих кольматирующие клетки: средний за четыре года урожай в клетках, был на 19,2 ц/га выше, чем на открытом участке. На увеличение урожая оказало влияние также поднявшееся плодородие почвы вследствие кольматажа в клетках продуктов

смыва с вышележащих участков склона. Улучшение состава травостоя при коренном улучшении в сочетании с удобрением и мелиоративным влиянием лесных полос обеспечили очень высокую прибавку урожая – в среднем за четыре года 41,9 ц/га.

Таблица 62

Урожай многолетних трав в кольматирующих клетках при коренном улучшении луга и без него, ц/га

Варианты опыта	1959 г.	1960 г.	1961 г.	1962 г.	Среднее за 4 года
Коренное улучшение	88,1	62,4	70,0	83,1	75,9
Контроль	40,0	26,8	29,2	39,6	34,0
Контроль вне клеток	18,9	8,3	11,6	20,4	14,8

Заслуживают внимания и способы поверхностного улучшения суходольных лугов, которые совершенствовались на Новосильской станции Т. Г. Глыбиным [34]. Опыты проводились в кольматирующих клетках и вне клеток. Повышение продуктивности естественного луга достигалось двумя способами: 1) улучшением состава травостоя путем подсева бобово-злаковой травосмеси и внесения азотной подкормки из расчета 45 кг/га действующего вещества и 2) внесением лишь азотной подкормки, что также способствовало улучшению состава травостоя и продуктивности луга. Подсевались овсяница луговая, ежа сборная, клевер луговой и люцерна синегибридная. При улучшении по первому способу средний за три года (1958-1960) урожай трав составил 46,1 ц/га, а по второму способу 38,7 ц/га против 34 ц/га на контроле. В результате проведенных мероприятий ботанический состав травостоя значительно улучшился благодаря увеличению массы злаков и сокращению разнотравья. Масса бобовых также несколько уменьшилась; подсев бобовых положительных результатов не дал, они подавляются злаками. На контроле вне кольматирующих клеток урожай в эти годы равнялся в среднем 16,1 ц/га.

Таким образом, новые материалы Новосильской станции подтверждают ранее сделанные выводы о весьма высокой эффективности удобрений, вносимых под культуру многолетних трав на эродированных почвах. Вместе с тем следует подчеркнуть, что если в начале 30-х годов посева трав без удобрений на бедных бросовых землях не удавались, то в последние 10 лет в результате того, что эти земли длительное время находились под залежью, коренное улучшение травостоя в ряде случаев и без удобрений дает хорошие результаты; лишь

после 2-3 лет произрастания сеяных трав требуется азотная подкормка. Процессы эрозии на присетевых землях, находящихся под залужением, прекратились.

2. Лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия

Мелиоративная роль противоэрозионных насаждений

Лесные насаждения являются неотъемлемым элементом противоэрозионного комплекса, без них невозможно строить эффективную систему противоэрозионной защиты. Систему лесонасаждений образуют следующие виды посадок:

а) лесные полосы на сельскохозяйственных полях – полезащитные, включающие полезащитно-водорегулирующие (расположены поперек склона) и полезащитно-ветроломные (расположены поперек наиболее вредоносных ветров вне связи с рельефом), придорожные (аллейные и снегосборные), присетевые (прибалочные или прибровочные и приовражные, частично они размещаются на пастбищных угодьях присетевой зоны);

б) полосные, куртинные и колковые насаждения на гидрографической сети – по крутым сильноэродированным берегам лощин, суходолов, долин, по откосам и днищам оврагов и другим ее элементам.

Система противоэрозионных насаждений дополняется садозащитными, озеленительными, прифермовыми и другими видами посадок. В районах с выраженным рельефом на долю противоэрозионных, особенно водорегулирующих лесополос, приходится большая часть всех посадок.

Мелиоративная роль лесонасаждений разнообразна. Они ослабляют силу ветра и улучшают микроклимат полей, способствуют снегозадержанию и препятствуют сдуванию снега в гидрографическую сеть, задерживают и регулируют сток талых и ливневых вод, преобразуют в лучшую сторону гидрологический режим территории и повышают влажность полей, защищают почву от смыва и размыва, а также от дефляции. Под защитой насаждений повышается эффективность агрономических мероприятий и приемов (почвозащитные севообороты, травосеяние, удобрения и др.), возрастает урожайность всех сельскохозяйственных культур и увеличивается их почвозащитная роль. Остановимся на различных мелиоративных функциях насаждений (влияние на микроклимат здесь не рассматривается).

Снежный покров играет громадную роль в земледелии. В виде снега выпадает около 30-35% осадков, которые при благоприятных условиях водопоглощения создают значительные запасы продуктивной влаги в почве и обеспечивают формирование высокого урожая. Сдувание снега с полей представляет собой ничем невосполнимую потерю осадков и обуславливает усиление засухи и снижение урожаев. В районах Центральной лесостепи наиболее снегосдуваемыми являются склоны южной, юго-восточной и восточной экспозиций, теряющие до 50% снега, однако и другие склоны теряют не намного меньше. Так, на Новосильской АГЛЮС в период 1966-1969 гг. на западном склоне без лесополос средняя мощность снежного покрова составляла 32 см, на том же склоне с узкими снегораспределительными лесополосами при расстояниях между ними 200 м она равнялась 35 см, а при ширине полос через 100 м – 63 см (Е. А. Гаршинёв).

В районах Поволжья снегозадерживающая роль системы лесных полос не менее важна. На Поволжской АГЛЮС Куйбышевской области средняя мощность снежного покрова на открытых полях в период 1964-1970 гг. была 26 см, в то время как на полях севооборота с лесными полосами через 500 м – 40 см, через 250 м – 46 см и через 120-180 м – 52-55 см. При расстоянии между лесополосами 250 м запасы снеговой воды на полях составляли 96% влагозапасов в лесу, при расстоянии между ними 500 м – соответственно 82%, а на открытой водораздельной площади лишь 53% (В. И. Панов). Таким образом, с открытых полей сдувается около 47% снега.

На каштановых почвах под Камышином мощность снежного покрова в 1966-1970 гг. на открытых полях варьировала по годам в пределах 35-64% мощности в лесу (А. В. Котов). На Клетском опорном пункте при размещении лесополос на склоне через 50-100-200 м одна от другой высота снежного покрова в тот же период была в 1,8-3 раза больше, чем на склоне без лесных полос (В. К. Духнов). С увеличением расчлененности территории вероятность сдувания снега возрастает.

Однако на территории с лесополосами снег распределяется недостаточно равномерно: в лесных полосах его накапливается в 2,5-4 раза, а на шлейфах в 2-2,5 раза больше, чем на межполосной площади. Скопление больших сугробов снега в лесных полосах – явление отрицательное, так как оно сопровождается повышенным изъятием снега с полей, а также потерей снеговой воды на сток. Оптимальная мощность снежного покрова в водорегулирующих полосах более северных районов степи и

в лесостепи должна составлять около 70-85 см, южных и юго-восточных (с почвами каштанового типа) – 55-65 см; в прибалочных и приовражных полосах она должна быть соответственно не более 100-110 и 70-80 см [152]. Проводя рубки ухода и совершенствуя конструкцию лесополос, нужно стремиться к достижению оптимального снегоотложения на территории с лесополосами.

Важная роль в благоприятном распределении снега на полях принадлежит правильному размещению лесных полос в рельефе. Водорегулирующие лесополосы (а также прибалочные) препятствуют сдуванию снега в гидрографическую сеть и больше задерживают его на полях, а во время снеготаяния частично возвращают талую воду полям. Полосы, ориентированные вдоль склона, изымают снег из снежно-ветрового потока, имеющего направление приблизительно параллельно основному стволу гидрографической сети, при изменении же направления потока в сторону этого ствола они практически не работают. Кроме того, в случае больших скоплений снега в таких полосах талая вода во время снеготаяния концентрированно сбрасывается вдоль них и размывает склоны и берега гидрографической сети. Поэтому вспомогательные лесополосы должны быть узкими и не должны накапливать в себе много снега.

Естественные и искусственные куртинные и массивные насаждения на гидрографической сети и в присетевой зоне, дополняющие систему мелиоративных лесных полос на территории, также играют очень важную роль в отложении снега на полях. Около таких насаждений вверх по склону формируется довольно длинный снежный шлейф, оказывающий многообразное мелиорирующее влияние на склоновые земли.

Задержание насаждениями и поглощение сточных вод, поступающих с вышележащих полей, обуславливается, с одной стороны, степенью распыления стока и характером вступления воды в насаждение, определяющим более или менее равномерное покрытие ею почвы, а с другой – инфильтрационной способностью почвы. Очень большая роль принадлежит рыхлой лесной подстилке, которая сохраняет на высоком уровне максимальную водопроницаемость лесной почвы, предохраняя поры и полости от обрушивания, засорения и заиления [190], и обеспечивает высокую интенсивность реальной инфильтрации [137].

Исследованиями установлено [31, 152, 160, 169], что в период снеготаяния в лесополосах в среднем просачивается талой воды: на серых лесных почвах около 326 мм (до 425 мм), на черноземах около

346 мм (до 500 мм), на светло-каштановых почвах около 240 мм (до 430 мм). Однако этого недостаточно для эффективного зарегулирования стока, так как в них в средние по водности годы, например, при слое стока с полей 50 мм, вступает около 1000-1250 мм и больше талой воды, не считая собственных влагозапасов в снеге. Поэтому и при наличии системы лесных полос в пределах допустимой облесенности процессы эрозии будут протекать с опасной интенсивностью. Нужно создать условия для более интенсивного поглощения сточных вод в лесополосах, что возможно лишь в условиях сплошного затопления поверхности водой. Радикальное уменьшение стока и эрозии может быть достигнуто путем широкого сочетания сети лесонасаждений с простейшими гидротехническими устройствами: обвалованием лесных полос по нижней опушке, а еще лучше – созданием прерывистой канавы в нижнем междурядье с валом на опушке, устройством водозадерживающих валов на ложбинах по нижней, а в некоторых случаях и по верхней опушкам лесополос [31, 152].

Осредненные показатели водопоглощения в лесонасаждениях с простейшими гидротехническими устройствами и без них и стока с полевых и комбинированных площадок на серых лесных, черноземных и светло-каштановых почвах представлены в табл. 63 (данные Г. П. Сурмача, Е. А. Гаршинёва, В. И. Панова). Из этой таблицы видно, что на серых лесных почвах средняя за 1964-1970 гг. величина водопоглощения составляет около 375 мм, а если брать в расчет только многоводные годы, когда талые воды поступили с поля в лес, то 430 мм. В 1970 г. водопоглощение в полосе леса с канавой составило 891 мм против 383 мм на контроле. В лесной ленте просочилось в среднем за период около 193 и 197 мм, а в ленте с задернованной канавой (ширина по верху 1,5 м, по низу 0,6 м, емкость около 1,1 м³ на 1 м протяженности) около 2101 и 2954 мм, что в расчете на 10-метровую ширину дает 315 и 443 мм. Канава в лесной полосе способна работать намного эффективнее, особенно с органическим наполнителем (солома, ветки и проч.), защищающим почву от промерзания.

На обыкновенных черноземах Заволжья величина водопоглощения в лесных полосах без обвалования в многоводные годы указанного периода равнялась в среднем 478 мм, а с обвалованием 709 мм, при этом сток с поля в первом случае уменьшился с 50,6 до 28,6 мм, а во втором до 3 мм; на светло-каштановых почвах, где величины водопоглощения составляли соответственно 397 и 666 мм, сток уменьшился

с 27,5 до 16,0 и 4,0 мм. Средние показатели водопоглощения в лесополосах с обвалованием и канавами значительно занижены в связи с недостаточным поступлением в них воды с поля (из-за сравнительно небольшой длины площадок). На некоторых объектах водопоглощение достигало 1200-1250 мм. Если принять среднесуточную интенсивность просачивания воды в канаве 0,3 мм/мин (как это было на серой лесной почве в 1965 г.) и среднесуточное водопоглощение в лесополосах

Таблица 63

Показатели водопоглощения в лесных полосах W и стока с полевых Y и комбинированных Y1 площадок, мм

Вид и возраст насаждений и гидротехнические устройства	Показатель	1964 г.	1965 г.	1966 г.	1967 г.	1968 г.	1969 г.	1970 г.	Средние	
									за период	за многолетние годы
<i>Серые лесные почвы (Новосильская АГЛОС)</i>										
Полоса березового леса (12,27 и 44 м) посадки 1931 г.	Y	57,0	78,8	0,7	145,0	0,5	46,7	108,0	62,4	87,1
	Y ₁	43,7	25,4	0	42,1	0	46,5	80,3	34,6	48,1
	W	345,0	390,0	249,0	993,0	222,0	40,0	383,0	375	430,0
Березовый лес (12 м) + канава глубиной 0,7 м	Y	-	-	-	-	-	-	108,0	-	-
	Y ₁	-	-	-	-	-	-	55,9	-	-
	W	-	-	-	-	-	-	891,0	-	-
Лесная лента из дуба шириной 1 м посева 1926 г.	Y	11,9	31,3	0	65,8	12,0	-	-	24,2	36,3
	Y ₁	11,5	30,8	0	40,6	12,0	-	-	19,0	27,6
	W	159,0	132,0	241,0	300,0	132,0	-	-	193	197,0
Та же лента + старая траншея шириной 1,5 м	Y	14,9	40,8	0	71,1	14,2	-	Не опр	28,2	42,3
	Y ₁	0	2,8	0	37,5	0,9	-	-	8,2	13,4
	W	2257,0	5465,0	241,0	1140,0	1400,0	-	-	2101	2954,0
<i>Чернозем обыкновенный (Поволжская АГЛОС)</i>										
Лесные полосы шириной 12 и 17 м посадки 1952 г.	Y	-	77,0	35,9	9,3	30,7	3,0	54,5	35,1	50,6
	Y ₁	-	39,4	19,1	7,0	21,3	0,9	34,5	20,4	28,6
	W	-	423,0	425	198,0	655,0	223,0	403,0	388	478,0
То же, с обвалованием	Y	-	77,0	35,9	9,3	30,7	3,0	54,5	35,1	50,6
	Y ₁	-	0	2,5	1,2	1,6	0	8,0	2,2	3,0
	W	-	595,0	565	250,0	980,0	235,0	694,0	553	709,0
<i>Светло-каштановые почвы (Волгоградское опытное хозяйство ВНИАЛМИ)</i>										
Лесная полоса шириной 12 м посадки 1948 г.	Y	-	24,0	7,0	0,2	28,5	2,8	22,9	14,2	27,5
	Y ₁	-	22,9	0	0	2,2	2,8	22,9	8,5	16,0
	W	-	158,0	232,0	385,0	737,0	57,0	295,0	311	397,0
То же, с обвалованием	Y	-	24,0	7,0	0,2	28,5	2,8	22,9	14,2	27,5
	Y ₁	-	0	0	0	0,2	0	11,7	2,0	4,0
	W	-	702,0	232,0	386,0	775,0	112,0	522,0	455	666,0

полосе шириной 20 м с канавой в 105-110 мм, а за период снеготаяния (10-12 дней) 1050 мм, то при наличии системы правильно размещенных лесных полос с канавами и валами на водосборной площади будет задерживаться около 50-60 мм талой и значительная часть ливневой воды (расчеты приводятся ниже).

Совмещение водорегулирующих и в ряде случаев прибалочных лесных полос с простейшими гидротехническими устройствами производится в таком порядке. На склонах малой крутизны (до 2°) вал по нижней опушке напахивается 2-кратным проходом плантажного плуга, причем пласт отваливается к полосе, а на более крутых склонах он устраивается путем надвигания бульдозером предварительно взрыхленной земли. Прерывистая канава в нижнем междурядье устраивается при помощи траншекопателей (УКАП-ЦНИС, ТКУ-0,9, а также ЭТИ-123, ЭТУ-353 и др.) или экскаватора на тракторе «Беларусь». Приопушечные валы на ложбинах насыпаются бульдозером, при этом устраивается водообход для сброса избытка воды. Рабочая высота напахиваемых валов около 0,4-0,5 м, насыпаемых бульдозером – 0,8-1,0 м, глубина канавы 1,2-1,5 м, ширина 0,9 м, высота сопряженного с нею вала 0,6-0,7 м. На склонах круче 2,5-3°, где зона сплошного затопления перед валом сужается, целесообразно дополнительно напахивать вал в середине лесной полосы. Для этого, а также во избежание значительного подтопления верхней приопушечной части поля при обваловании лесополос нужно рассчитывать ширину полосы затопления l перед валом, используя выражение:

$$l = h/i, \quad (11)$$

где h – рабочая высота вала, i – уклон. В обвалованных лесополосах, пересекающих под некоторым углом горизонтали, для лучшего водопоглощения целесообразно насыпать через 40-80 м и более (в зависимости от бокового уклона) поперечные перемычки, образующие секции (рис. 19). Длину перемычки l' можно рассчитать по формуле

$$l' = (h - 0,1)i. \quad (12)$$

Противоэрозионная роль естественных и искусственных лесонасаждений достаточно полно охарактеризована [7, 10, 29, 70, 71, 101, 152, 169, 190 и др.]. Здесь отметим лишь, что противоэрозионное действие обвалованной лесной полосы увеличивается в 3-4 раза, особенно когда она расположена поперек склона с ложбинами. Система лесополос с обвалованием действует значительно более эффективно, чем единичные полосы. Примером этому может служить почвоза-

щитный севооборот Волгоградского опытного хозяйства ВНИАЛМИ (см. рис. 12), где процессы смыва и размыва почв резко уменьшились.



Рис 19. Задержание талых вод в лесополосе, обвалованной по нижней опушке (с секциями). Волгоградское опытное хозяйство ВНИАЛМИ

Наиболее полно противозерозионное действие лесных полос проявляется при их сочетании с залужением на подверженных сильной эрозии присетевых землях. Как уже отмечалось, под защитой лесонасаждений значительно повышается урожай многолетних трав, они образуют хорошую дернину и скрепляют почву корнями, защищают ее от смыва и размыва. Снежный покров повышенной мощности и густой травяной покров способствуют кольматажу почвенных частиц и повышению плодородия смытой почвы.

На способность лесных полос обеспечивать повышение уровня грунтовых вод впервые обратил внимание В. В. Докучаев [45], а позднее этому вопросу уделили много внимания Г. Н. Высоцкий [28] и другие исследователи. Подъем грунтовых вод в оазисах с лесными полосами и их передвижение в сторону полей изучали в Каменной степи Воронежской области [10], в Тимашево Куйбышевской области [4], на Новосильской АГЛОС и в других пунктах.

Как мы видели, в лесополосах с обвалованием в почву и грунт просачивается намного больше снеговой воды, чем в необвалованных, поэтому влияние таких полос на грунтовые воды намного сильнее. Важно то, что это происходит главным образом за счет уменьшения поверхностного стока. Исследованиями на Новосильской АГЛОС установлено, что на склоне с водозадерживающими валами, построенными в 1929-1932 гг. с расстояниями 80-160 м, формируется устойчивая верховодка, или верхний горизонт грунтовой воды [152].

Образование устойчивой верховодки, или верхнего горизонта грунтовой воды, обуславливается, с одной стороны, увеличенным поступлением воды в почвогрунт в местах избыточного увлажнения, а с другой – наличием относительных водоупоров, препятствующих быстрому просачиванию воды вглубь. Создание сети лесных полос с простейшими гидротехническими устройствами будет способствовать в зависимости от особенностей гидрогеологии либо повышению уровня основного горизонта грунтовых вод, которое может сопровождаться появлением более или менее устойчивой верховодки, либо образованию нового верхнего их горизонта. При большой мощности однородной лёссовой толщи и глубоком залегании водоупора поднимается и уровень грунтовых вод, но их капиллярная кайма обычно находится ниже корнеобитаемого слоя растений. Чем меньше мощность указанного слоя и ближе водоупорные слои или прослойки, тем быстрее формируется верхний горизонт грунтовой воды, или верховодка, и вода может быть частично использована сельскохозяйственными растениями.

Принципы противоэрозионной организации территории и размещение лесонасаждений

Правильная противоэрозионная организация территории представляет собой важнейший этап в построении системы противоэрозионной защиты. Для резкого ослабления или прекращения эрозии требуется комплекс противоэрозионных мероприятий и воздействий на всей водосборной площади, который обеспечивал бы, с одной стороны, эффективное зарегулирование поверхностного стока и прекращение эрозии, а с другой – правильное хозяйственное использование земель и повышение продуктивности всех сельскохозяйственных угодий, особенно подверженных сильной эрозии. Очень важно правильно распределить и применить в соответствии с природными особенностями каждого участка различные элементы противоэрозионного комплекса в их органической увязке. В этом залог хорошего мелиоративного действия и высокой экономической эффективности комплекса.

В основе противоэрозионной организации территории должны лежать классификация земель по их использованию и выделение на карте эрозионных земельных фондов – элементов водосборной площади, подверженных в различной степени смыву и размыву.

Согласно классификации А. С. Козменко [71], выделяются следующие земельные фонды: приводораздельный, включающий ровные

участки и пологие склоны (на серых лесных почвах до 2,5-3,5°, на черноземах и каштановых почвах до 3,5-4°), присетевой, охватывающей нижние отрезки склонов преимущественно выпуклой формы (присетевые земли) крутизной до 8-10°, и гидрографический – берега и днища гидрографической сети. Земли приводораздельного фонда характеризуются слабой и умеренной смытостью и используются в полевых севооборотах, средне- и сильносмытые и размывные земли присетевого фонда используются в почвозащитном севообороте и частично под залужением (улучшенные сенокосы и пастбища), берега и днища гидрографической сети – как сенокосные и пастбищные угодья и частично под лесом. Поля севооборотов длинными сторонами располагаются поперек склона, а на склонах с разносторонним падением – приблизительно вдоль горизонталей.

Приведем примерные схемы почвозащитных севооборотов для районов Центрально-черноземной области с учетом рекомендаций Новосильской АГЛОС и С. И. Сильвестрова [126] и для Поволжья.

Центрально-черноземная область

I

1. Яровые с подсевом трав.
2. Травы на сено.
3. Травы на сено.
4. Травы на сено.
5. Травы (пастбище).
6. Озимые.

II

1. Пар занятый сидеральный (люпин).
2. Озимые.
3. Яровые с подсевом трав.
4. Травы на сено.
5. Травы на сено.
6. Травы на сено.
7. Озимые.
8. Яровые с подсевом люпина.

Поволжье

На черноземах и темно-каштановых почвах

- | | |
|--|--|
| 1-3. Многолетние травы (трава-восмесь бобовых и злаковых). | 1-4. Многолетние травы |
| 4. Яровые (пшеница). | 5. Просо. |
| 5. Овсяно-бобовая смесь. | 6. Яровые (пшеница, ячмень). |
| 6. Яровые с подсевом трав. | 7. Овсяно-бобовая смесь с подсевом трав. |

На каштановых и светло-каштановых почвах

- 1-4. Многолетние травы.
5. Просо.

6. Ячмень.

7. Беспокровный посев трав по зяби или черному пару.

Схемы противоэрозионной организации территории и размещения лесных насаждений показаны на рис. 20.

Размещение защитных насаждений на территории, особенно защитных лесных полос на сельскохозяйственных угодьях, является наиболее важной и ответственной частью работ по противоэрозионной организации территории и вообще при создании системы противоэрозионной защиты. Лесные полосы представляют собою долговременные биологические «сооружения», и от правильного размещения зависит их мелиоративная и противоэрозионная эффективность и степень уменьшения ими напряженности эрозионных процессов.

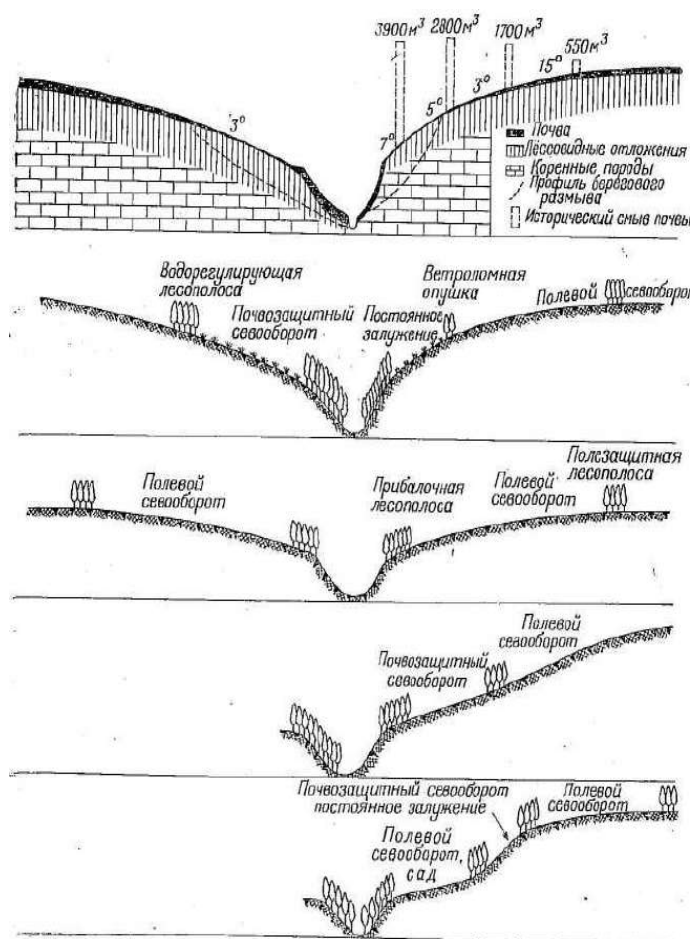


Рис. 20. Схемы противоэрозионной организации территории и размещения лесонасаждений (схемы автора):

1 – почва, 2 – лёссовидные отложения, 3 – коренные породы, 4 – профиль берегового размыва, 5 – исторический смыл почвы

В то же время они являются очень важным организующим началом в системе противоэрозионной защиты территории, определяя направление обработки почвы. Сеть лесополос представляет собой как бы каркас, с которым органически увязываются все другие элементы противоэрозионного комплекса (см. рис. 20). Поэтому работы по размещению лесных полос должны предшествовать окончательной нарезке полей севооборотов или проводиться параллельно.

Наиболее полно водорегулирующее и противоэрозионное влияние лесных

полос проявляется, когда они расположены перпендикулярно линиям стока (по контуру) и сточная вода входит в них рассеянно. Поэтому на склонах с односторонним падением (имеющих ложбины и без них) основные лесополосы должны проходить поперек склона прямолинейно, а на склонах с разносторонним падением (водосборы рассеивающего типа) криволинейно, приблизительно по контуру со спрямлением на ложбинах. Такая система лесных полос способна эффективно защищать поля при ветрах разных направлений, и ее полезное действие не снижается.

При неправильном расположении основных лесных полос они способствуют усилению поверхностного стока и возникновению новых промоин и оврагов. Как отмечалось выше, сток ливневых и особенно талых вод мало зависит от уклона, и если не задержать воду на приводораздельной площади с малыми уклонами при помощи лесополос и другими способами, то она стекает вниз все увеличивающейся массой, производя смыв и размыв почв, и уже не может быть в необходимой степени задержана нижележащими лесными полосами.

На склонах с разносторонним падением (водосборы рассеивающего типа) может быть несколько случаев расположения водорегулирующих лесных полос. Когда приводораздельная площадь водосбора имеет значительную ширину и склоны равномерно падают по всем трем направлениям, лесные полосы должны располагаться вдоль горизонталей при спрямлении на ложбинах или проходить приблизительно вдоль горизонталей, но с некоторым постепенно нарастающим разгибанием концевых участков с тем, чтобы углы пересечения ими горизонталей не превышали 15-20° (рис. 21).

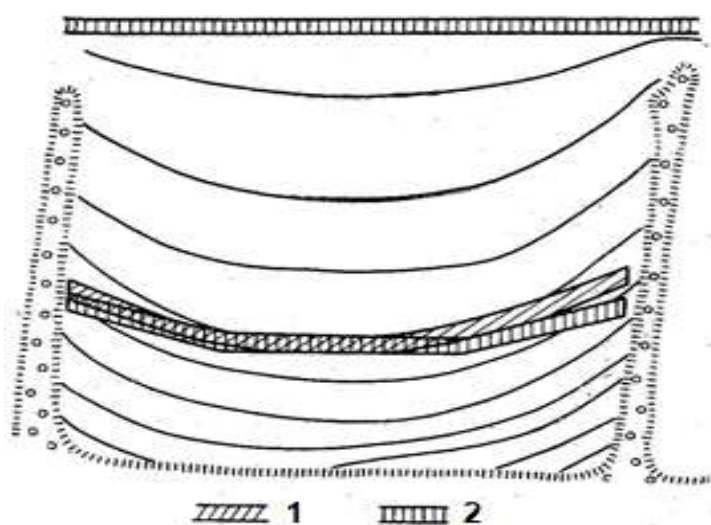


Рис. 21. Расположение водорегулирующей лесной полосы на рассеивающем водосборе с равномерным падением склонов (1 – криволинейное положение лесополосы, пересекающей горизонтали под малыми углами; 2 – положение полосы в виде ломаной ленты, пересекающей горизонтали под малыми углами)

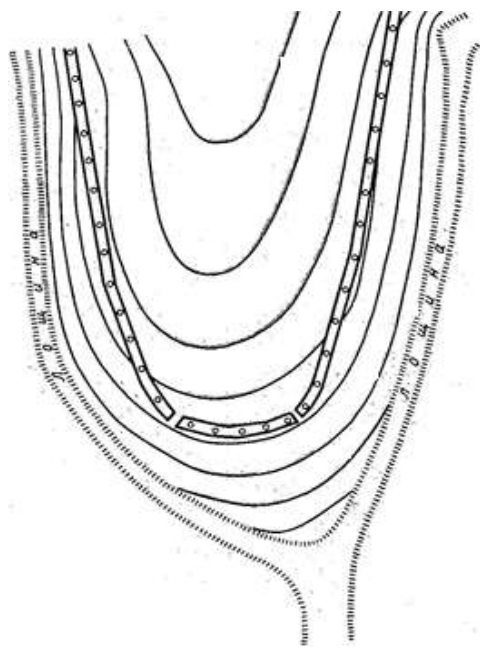


Рис. 22. Расположение водорегулирующих лесных полос на рассеивающем водосборе с неравномерным падением склонов; полосы образуют подобие буквы П

На водосборах рассеивающего типа с более крутым падением боковых склонов каждая водорегулирующая лесная полоса должна состоять из трех отрезков: двух прямолинейных, расположенных на боковых склонах, и третьего (переднего) криволинейного, проходящего приблизительно вдоль горизонталей (рис. 22).

На водосборе с двусторонним падением асимметричных склонов водопоглощающая полоса может состоять из двух прямолинейных отрезков, расположенных под некоторым, как правило, тупым углом и проходящих приблизительно вдоль горизонталей; в случае необходимости ее отрезкам можно придавать на том или ином участке полуизгиб (рис. 23). Возможны и другие варианты расположения и взаимного причленения водорегулирующих лесных полос.

В ряде случаев на узких водоразделах проектируют водораздельную поперечную полосу и вдоль нее прокладывают профилированную дорогу.

Благодаря наличию седловин такая лесополоса то поднимается вверх по склону, то опускается вниз, способствуя концентрированному сбросу снеговых вод на участках седловин и усилению смыва и размыва почв. Кроме того, вследствие наличия здесь лесополосы водорегулирующие полосы на боковых склонах относятся далеко вниз или совсем не проектируются. На указанных водоразделах нецелесообразно создавать лесную полосу, а нужно запроектировать на противоположных склонах по одной водорегулирующей полосе, которые будут оказывать мелиорирующее влияние и на водораздельную территорию. В некоторых случаях вдоль дороги оправдано создание 1-2-рядной аллеи.

На склонах вогнутой формы, у которых верхняя часть используется под сенокос или пастбище, а нижележащая – в полевом севообороте, верхняя водорегулирующая лесная полоса размещается по верхней границе пашни.

В ряде случаев в зависимости от рельефа она должна иметь изогнутую форму, простираясь приблизительно вдоль горизонталей.

Мелиоративные противоэрозионные насаждения на землях присетевого и гидрографического фондов применяются в сочетании с залужением. Насаждения в присетевой зоне (присетевые-прибалочные и приовражные, колковые) размещаются в органической увязке с насаждениями на суходольной гидрографической сети. Вопрос решается исходя из условий рельефа, степени смывости и размывости почв и почвогрунтов и хозяйственной целесообразности. Может быть несколько случаев расположения присетевых насаждений.

При сильном проявлении процессов эрозии (преимущественно длинные склоны выпуклой формы, падающие на юг, юго-восток, юго-запад) очень важно для защиты почв от дальнейшего размыва и смыва и повышения их продуктивности создать в присетевой зоне лесолугомелиоративный пояс. Схематически он может состоять из полосы залужения шириной около 50-100 м и двух окаймляющих присетевых лесных полос – верхней, по границе с пашней, и нижней – прибровочной; ширина лесополос в этом случае будет около 9-15 м (верхняя уже, нижняя шире). Размоины и овраги в присетевой зоне предварительно засыпаются бульдозером и здесь производится коренное улучшение травостоя.

Если существует опасность возобновления размыва оврагов после их выполаживания, то для защиты эрозионно-опасных участков предусматривается возведение водозадерживающих и водоотводящих валов; лишь после их устройства приступают к выполаживанию и засыпке размывов, залужению и созданию лесных полос. При частой расчлененности присетевой зоны короткими отвершками, переходящими в ложбины, нижняя прибровочная полоса будет прерывистой и

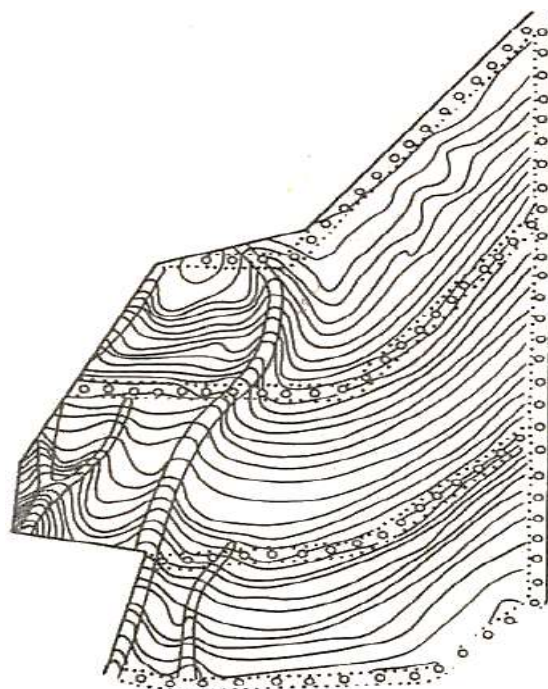


Рис. 23. Прямолинейное с изломом положение лесных полос на участке водосбора рассеивающего типа

будет состоять из отдельных изогнутых отрезков, ограничивающих участки залужения с трех сторон (рис. 24). Если участки берега между отвершками проектируются под сплошное облесение, то прибрежная лесополоса не требуется, так как ее роль будет выполнять лес, расположенный на берегу сети.

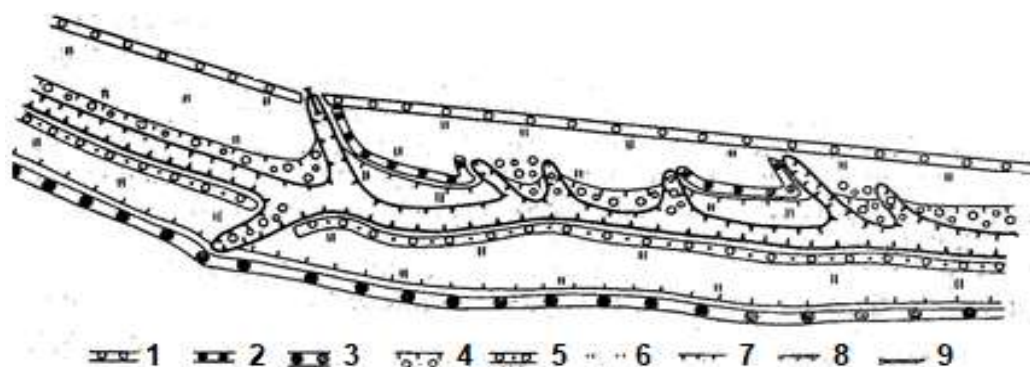


Рис. 24. Присетевые и береговые насаждения (1 – верхняя присетевая лесополоса, 2 – нижняя присетевая (прибрежная) лесополоса, 3 – прибалочная (прибрежная) лесополоса, 4 – насаждения на остатках берегов гидрографической сети, 5 – лесополоса в нижней части берега вдоль донного оврага (приовражная), 6 – участки залужения, 7 – бровка суходола, 8 – бровка донного размыва, 9 – быстроток)

Вдоль крупных оврагов (размытые ложбины), не проектируемых к засыпке и выполаживанию, нужно создавать продольные приовражные (односторонние или двусторонние) лесополосы, замыкающие участки залужения. Две присетевые лесные полосы (или насаждение на берегу сети и верхняя присетевая полоса) с заключенной между ними широкой полосой залужения образуют мощный почвозащитный пояс против смыва и размыва. Верхняя лесная полоса (на границе с пашней) подлежит обвалованию.

При меньшем проявлении процессов эрозии почвозащитная роль лесолугового пояса на присетевых землях может выполняться полями почвозащитного севооборота, окаймленными лесонасаждениями.

Когда граница пашни проходит близко от бровки или примыкает к ней, а лощинно-суходольная сеть используется под сенокос и пастбище, вдоль бровки проектируется прибрежная (прибалочная) лесная полоса шириной 15-21 м. Прибалочная лесополоса не проектируется в следующих случаях: а) если на берегах гидрографической сети имеется естественный (байрачный) лес; б) если берега сети или

крутосклоны отводятся под сплошное или полосное облесение и в ближайшее время на них может быть создан лес; в) если склон к тальвегу того или иного звена гидрографической сети падает постепенно и берега не выражены, полоса заменяется водорегулирующей.

Противоэрозионные насаждения на гидрографической сети проектируются с учетом степени выраженности берегового и донного размыва, выраженности оползневых явлений и состояния почвенного покрова берегов. При редкой изрезанности берегов оврагами и при отсутствии или слабой выраженности донного размыва и не сильной смывости почв берегов облесению подлежат преимущественно береговые размывы. Вдоль них, включая и надбровочную часть полевого склона, проектируется с одной стороны лесополоса с расчетом, чтобы она отеняла инсолируемый откос размыва. Ее назначение – мелиорировать вместе с прибалочной лесополосой прилегающие пастбищные и сенокосные угодья на гидрографической сети и в присетевой зоне и способствовать облесению или задержанию оврагов.

При умеренной изрезанности берегов и умеренном донном размыве вдоль береговых оврагов проектируются лесополосы, а по размывам (включая донные) – куртинные посадки. Суходольная гидрографическая сеть используется в этом случае в основном под сенокос и пастбище. На длинных относительно пологих берегах преимущественно северной экспозиции целесообразно проектировать вблизи донного размыва узкую 2-3-рядную полосу.

При сильной изрезанности берегов присетевой зоны оврагами и при умеренном донном размыве сильноэродированные участки отводятся под сплошное облесение. При сильной выраженности берегового и особенно донного размыва и подмыва, вызывающего осыпание и сползание почв берегов и появление неразвитых почв, а также при развитии оползневых явлений, приводящих к деформированию поверхности берегов, оба берега или один из них (подмываемый при выраженной асимметрии) отводятся под сплошное облесение. По широким слабозадернованным днищам лощин и суходолов, по которым происходит вынос мелкозема на террасу или пойму, а также в реки и водоемы, нужно проектировать илофильтры, причем в ряде случаев их целесообразно сочетать с донными запрудами, особенно когда днища каменистые. Конусы выноса на пойме также подлежат облесению. В связи с различной эродированностью разных элементов одной и той же суходольной системы куртины или полосы леса должны че-

редоваться с участками суходольного луга. Гидрографическая сеть может быть облесена на площади от 5-10 до 30% и больше.

Определение оптимальных расстояний между водорегулирующими (водопоглощающими) и прибалочными лесополосами к различным почвенно-климатическим условиям является очень важной стороной их правильного размещения на территории. Этот вопрос взаимосвязан с вопросом о ширине лесополос. Попытки расчета ширины водорегулирующих полос и расстояний между ними предпринимались многими исследователями. Предложен ряд формул, выражающих математическую связь между различными параметрами: интенсивностью водоотдачи из снега или слоем (модулем) стока, впитывающей способностью почвы в лесополосе, длиной (в некоторых случаях и крутизной) склона и расчетной шириной лесной полосы. Это формулы Г. А. Харитоновой, Д. Л. Арманда, Г. П. Сурмача, И. П. Сухарева и других [152]. Однако только совершенствованием расчетов нельзя достигнуть нужных положительных в мелиоративном отношении результатов, так как водопоглощающая способность насаждений недостаточна для эффективного зарегулирования стока и требуется совмещение лесополос с простейшими гидротехническими устройствами.

В настоящее время нужно ориентироваться на создание целого лесогидротехнического комплекса (система лесных полос при их совмещении с указанными устройствами), который обеспечивал бы задержание на водосборной площади около 50-60 мм сточной талой воды и ливневых вод при интенсивности ливня около 1-1,3 мм/мин. Учитывая высокую противоэрозионную эффективность лесных полос с канавами и валами, более благоприятное распределение снега узкими полосами по сравнению с широкими и хозяйственные соображения, целесообразно ограничить наибольшую ширину лесных полос 30 м; обычно же она должна находиться в пределах 12-21 м, а на залужаемых участках при-сетевой зоны, где создаются две лесополосы на сближенном расстоянии, 9-15 м. При расчетах расстояний между лесными полосами нужно исходить из заданной их ширины¹.

Расчет можно вести по следующим формулам [152]:

$$L = \frac{b(W-H)}{y}, \quad (13)$$

¹См. также И.Б. Циприс. К методике расчета взаимодействия приземного потока воздуха с лесной полезащитной полосой. – «Докл. ВАСХНИЛ», 1973, № 2. – Прим. ред.

$$L = \frac{bt(p-x_1)+1000Q-x_1t}{axt}, \quad (14)$$

где L – расстояние между полосами или длина линий стока (м); b – ширина лесной полосы (м); W – суммарное водопоглощение в лесной полосе с канавой и валом (мм); H – влагозапасы в снеге лесной полосы (мм); y – слой стока талых вод с полей данной обеспеченности, на задержание которого ведется расчет; x – интенсивность ливня, на которую ведется расчет или интенсивность водоотдачи из снега в поле (мм/мин); x_1 – интенсивность водоотдачи в лесной полосе (мм/мин), причем $x > x_1$, так как снег в поле тает с большей интенсивностью, чем в это же время в лесной полосе (для ливня $x = x_1$); t – продолжительность дождя или стока талых вод (мин); p – средняя для лесополосы интенсивность впитывания воды (мм/мин); a – общий коэффициент стока; Q – суммарный объем задержания воды канавой и валом.

$$Q = Q_k + \frac{h^2}{2} \left(\frac{1}{i} - 1 \right), \quad (15)$$

где Q_k — объем канавы на 1 пог. м длины; h – рабочая высота вала; i – уклон в лесной полосе.

Пример расчета расстояний между лесополосами на задержание ливневого стока. Условия: крутизна склона 3° ($i = 0,052$), ширина лесополосы 20 м, объем канавы на 1 пог. м длины $Q_k = 1,1 \text{ м}^3$, рабочая высота вала $h = 0,6$ м; интенсивность ливня $x = 1,3$ мм/мин, продолжительность 1 ч (сумма осадков 78 мм), водопроницаемость почвы в лесополосе в условиях затопления 2 мм/мин, средний коэффициент стока 0,25. Подставив в формулы соответствующие значения, получим:

$$Q = 1,1 + \frac{0,6^2}{2} \left(\frac{1}{0,052} - 1 \right) = 4,38 \text{ м}^3,$$

$$L = \frac{20 \cdot 60(2-1,3)+1000 \cdot 4,38-1,3 \cdot 60}{0,25 \cdot 1,3 \cdot 60} = \frac{840+4380-78}{19,5} = 264 \text{ м}.$$

Расстояния между водорегулирующими полосами при принятой их ширине в пределах 12-21 м на приводораздельной части длинного склона с изменяющейся крутизной от $0,5$ до 2° принимаются приблизительно такие же, как и для полевых защитных полос (400-500 м на серых лесных и черноземных почвах и 300-350 м на каштановых), а на нижележащей его части с изменяющейся крутизной от 2 до 4° они не должны превышать: на серых лесных почвах и оподзоленных черноземах лесостепи 250-300 м, на выщелоченных, обыкновенных и южных черноземах 300-350 м, на каштановых почвах 200-250 м; на склонах $4-6^\circ$ эти расстояния уменьшаются до 150-200 м. Водорегулирующие полосы, расположенные в верхней приводораздельной части

склона, должны иметь продуваемую или ажурно-продуваемую конструкцию, а в нижней части склона – ажурную. Ширина вспомогательных лесополос чисто ветроломного назначения, проектируемых вдоль склона, не должна превышать 6-9 м (2-3 ряда).

Следует подчеркнуть, что задержание на водосборной площади системой лесополос с простейшими гидротехническими устройствами 50-60 мм сточной талой воды и большей части ливневого стока при одновременном применении агротехнических и лугомелиоративных мероприятия имело бы очень большое гидрологическое и противоэрозионное значение и позволило бы в основном решить проблему борьбы с эрозией и в значительной степени с засухой.

Для создания в эродированных районах эффективной системы мелиоративных насаждений потребуется занять под насаждения около 3,5-4% территории, в том числе около 2-2,5% пашни.

Простейшие гидротехнические сооружения и устройства

К простейшим гидротехническим сооружениям и устройствам, создающимся самостоятельно вне лесных насаждений или с последующим их облесением, относятся водопоглощающие канавы с валами, валы с широким основанием (валы-террасы), водозадерживающие и водоотводящие валы у вершин оврагов, различные распылители стока, террасы, вершинные и донные сооружения. Очень важно правильно использовать указанные гидротехнические сооружения и устройства, чтобы их положение на склоне наилучшим образом отвечало конкретным условиям, и они работали с наибольшей эффективностью. Необходима строгая увязка простейших гидротехнических устройств с сетью водорегулирующих лесополос и другими насаждениями.

Водопоглощающие канавы с валами на склонах впервые в нашей стране созданы на Новосильской опытной станции (под непосредственным руководством А. С. Козменко) в период 1928-1932 гг. Они расположены на склоне южной экспозиции с расстояниями от 80 до 160 м и охватывают водосбор площадью 72,5 га. Высота вала 0,9 м, ширина по верху 0,4 м, глубина канавы перед валом 1,2 м. Валы расположены по горизонталям, но в отдельных случаях на ложбинах проведены прямолинейно, в связи с чем их высота здесь увеличивается до 1,6 м. Рабочая высота вала 0,66 м, ширина прудка перед валом 20-25 м; 1 пог. м канавы и вала способен задержать 7,25-7,85 м³ воды, или 50-80 мм. Система валов оборудована водоотводами и водосбросами – хорошо залуженными выемками-ложбинами, проходящими вдоль склона.

В первые годы валы прорывались, и их приходилось ремонтировать. В 1946 г. за некоторыми валами посадили лесные полосы из тополя бальзамического шириной 10-20 м (в настоящее время высота деревьев достигает 10-12 м). Водопоглощающие канавы с валами в сочетании с облесением оврагов обеспечили практически полное прекращение эрозии на указанном водосборе. В результате исследований [152] мы пришли к выводу, что в аналогичных условиях при проектировании водозадерживающих канав и валов расстояния между ними можно увеличить примерно в 2 раза, располагая их через 200-300 м.

Водопоглощающие канавы с валами на склонах типа новосильских и в настоящее время могут в некоторых случаях найти применение, когда нужно быстро прекратить оврагообразование и смыв почв на сильноэродированных склонах. Однако в обычных условиях нет необходимости в применении канав указанного типа. Более целесообразно строить систему водорегулирующих лесных полос при обязательном их совмещении с простейшими гидротехническими устройствами – прерывистой канавой и валом на нижней опушке, как описано выше.

В последнее время Всесоюзным научно-исследовательским институтом виноградарства и виноделия (ВНИИВиВ) под руководством Я. И. Потапенко [113] предложена «контурно-полосная организация территории» в сочетании с малыми водопоглощающими канавами (с органическими наполнителями) сопряженными с полувалами с широким основанием (устраиваются при помощи плантажного плуга), которые располагаются по контуру на границах между полосами. Рекомендуемая для испытания ширина контурных полос варьирует в широких пределах; например, для южных районов Ростовской области от 470 м (крутизна склона $0,5^\circ$) до 25 м (крутизна склона $9-10^\circ$), а для северных соответственно от 310 до 20 м. Расстояние между соседними канавами по вертикали составляет в южных районах области 4,2 м, в центральных 3,8 м и северных 2,8 м [105]. Это и легло в основу расчета расстояний между ними на склоне. Предполагается, что в этих случаях будет задержан поверхностный сток 10%-ной обеспеченности (в южных районах ливневый, в центральных и северных – снеговой). После устройства водопоглощающих канав с валами на склоне около них рекомендуется создавать через определенные расстояния лесные полосы так, чтобы канава находилась внутри полосы.

Указанная контурно-полосная организация территории и водопоглощающих канав может способствовать значительному уменьшению поверхностного стока и сокращению эрозии и в целом заслужи-

вает положительной оценки. Однако при этом требуется обоснование гидрологических расчетов и расстояний между канавами.

На кривых обеспеченности (см. рис. 5, 6, 10, 13) видно, что сток 10%-ной обеспеченности составляет большие величины, особенно с уплотненной пашни. Например, на светло-каштановых почвах Волгоградской области сток с зяби равен 32 мм, а с уплотненной пашни – 75 мм. Водопоглощение в канавах в летний сезон может варьировать в широких пределах; средняя скорость просачивания воды в них сравнительно легко может быть определена экспериментально. Однако для определения водопоглощения и средней скорости впитывания снеговой воды в канавах требуется кропотливая работа с применением метода стоковых площадок. В опытной сети ВНИАЛМИ получены следующие показатели водопоглощения в открытых канавах: на серых лесных суглинистых почвах Новосильской АГЛОС Орловской области в старой траншее с осыпавшимися стенками около 0,3 мм/мин (почва практически талая), в свежих канавах около 0,1 мм/мин, на глинистом черноземе Поволжской АГЛОС Куйбышевской области 0,05 мм/мин (в свежей канаве с талой почвой), на светло-каштановых легкосуглинистых почвах под Волгоградом около 0,16 мм/мин. В свежих канавах, где почвогрунт слабо проработан почвенной фауной, водопоглощение намного слабее, чем в старых. Следует иметь в виду, что коэффициент фильтрации для суглинистых лёссов в летний сезон равен 0,4–0,5 мм/мин, а, например, для сыртовых глин Заволжья 0,2–0,3 мм/мин или меньше.

Расстояние между канавами можно рассчитать по предлагаемой формуле (расчет ведется для полосы склона шириной 1 м):

$$L = \frac{klt + k'l't' + Q}{y}, \quad (16)$$

где L – расстояние между канавами (м); l – ширина канавы поверху (фронт просачивания) (м); l' – ширина полосы затопления выше канавы (м); k – средняя скорость впитывания воды в канаве (м/мин); k' – то же, в полосе затопления выше канавы (м/мин); t – время от начала заполнения канавы водой до прекращения стока (мин); t' – продолжительность затопления полосы выше канавы (мин); y – слой стока заданной обеспеченности, на который ведется расчет (м); Q – объем водозадержания канавой (емкость канавы) и валом (м³) [определяется по формуле (15)]; h – рабочая высота вала (м); i – уклон; l' находится из выражения

$$l' = h/i - l. \quad (17)$$

Какой же слой стока может быть задержан канавами при расстояниях между ними 100 м? Введя расчет по формуле (16), получим, что

при коэффициенте водопоглощения в канаве 0,1 мм/мин и в зоне затопления выше канавы 0,01 мм/мин за 10 суток снеготаяния этот слой на склоне крутизной 1° (при $h = 0,1$ м) составит 29,6 мм, а на отрезке склона 3° (при $h = 0,2$ м) – около 29 мм; в расчете на 5 суток снеготаяния слой водозадержания будет равен 18,2 мм. Эти цифры согласуются и с нашими экспериментальными данными.

Однако не во все годы канавы будут работать достаточно хорошо, так как в некоторых из них и при наличии органических материалов дно и стенки замерзают в увлажненном состоянии. Во время выпадения ливневых осадков канавы с валиками способны работать более эффективно. Так, если принять, что водопоглощение в канаве за первый час (продолжительность выпадения сильного ливня) и в затопляемой зоне во второй половине времени выпадения дождя будет равняться 2 мм/мин, то слой водозадержания и поглощения при длине линии стока 100 м (расстояние между соседними канавами) на склоне 3° составит около 11 мм, а при интенсивности впитывания 1 мм/мин – 9,5 мм (главная роль принадлежит водозадерживающей емкости канавы и вала). При уменьшении расстояния между канавами расчетный слой водозадержания соответственно увеличится.

Водопоглощающие канавы могут использоваться в сочетании с водорегулирующими лесными полосами, совмещенными с простейшими гидротехническими устройствами – прерывистыми канавами и валами. Канавы самостоятельного действия (без лесных полос) должны дополнять сеть лесополос, размещаясь по контуру (с некоторым спрямлением на ложбинах) в межполосном пространстве. Канавы, как правило, должны работать на водозадержание, поэтому на их концах валы должны иметь глухие шпоры. При наличии подходящих путей для отвода стока около концевых участков валов нужно устраивать водоотводящие валы (с широким основанием или иные). Гидрологическая роль канав мало изучена.

Валы с широким основанием (в валы-террасы) рекомендуются для задержания талых и ливневых вод на месте выпадения осадков на эродированных склонах, причем ими охватываются пологие и более крутые отрезки склона, начиная от водораздела [157]. Они напахиваются всвал по горизонталям при помощи плантажного или обычного плугов с последующей правкой грейдером (иногда бульдозером), при этом происходит перераспределение гумусового горизонта почвы.

Валы с широким основанием, так называемые горизонтальные террасы, испытывались на Новосильской опытной станции еще в дово-

енные годы [69]. Неравномерность в распределении гумусового горизонта на площади, значительная пестрота урожая (на валах выше, в понижениях ниже), способность легко прорываться, особенно при наличии даже слабой ложбинности, и сложность ремонта, стеснение для механизмов при проведении сельскохозяйственных работ, необеспеченность существенных прибавок урожая (Я. В. Корнев) – все это не позволяет в настоящее время рекомендовать их в практику сельскохозяйственного производства. Этот вопрос требует дополнительного изучения. В США, где ливневая эрозия проявляется сильно, валы-террасы, или гребневидные террасы, получили широкое распространение.

Одиночные валы с широким основанием в ряде случаев целесообразно применять для отвода непоглощенных сточных вод с полей (наряду с наклонными водоотводящими бороздами, о чем сказано выше), а также в качестве распылителей стока и водосбросов, например, на дорогах и в других местах. В таких случаях валу придается нужный продольный уклон: на полях около 0,001-0,005, на дорогах около 0,02-0,03. Валы на дорогах делаются очень пологими (заложение откосов 1:10-1:12), чтобы не затруднять проезд транспорта. Здесь они устраиваются главным образом при помощи бульдозера.

Водозадерживающие валы в настоящее время широко используются для борьбы с оврагообразованием. Расчеты валов и технология их насыпки достаточно хорошо известны; они изложены в ряде специальных документов [163, 164]. Системой валов можно задержать сток 10%-ной обеспеченности с площади водосбора до 30-40 га. При крутизне склонов более 5° они не проектируются. Валы размещаются вдоль горизонталей, а при пересечении ложбин спрямляются. Расстояние от оси вала до закрепляемой вершины принимается равным не менее 2-3 высот вершинного перепада и не более 12-15 м. В настоящее время рекомендуется строить большие валы. Их высота с учетом осадки грунта в зависимости от объема стока и уклона местности может колебаться в пределах 1,2-3,0 м, а рабочая высота на 30-40 см меньше. Ширина валов по гребню 2,3 м, заложение откосов вала и шпор: мокрого на связных грунтах 1:2, на рыхлых 1:3, сухого соответственно 1:1,5 и 1:2. Строительство валов производится специализированными подрядными организациями по составленным и утвержденным проектам.

Водозадерживающие валы могут играть лишь вспомогательную роль как один из элементов противоэрозионного комплекса. После того как на склонах будет создана система водорегулирующих и прибалоч-

ных полос, и они будут совмещены с простейшими гидротехническими устройствами, а также проведены другие противоэрозионные работы, понадобится значительно меньше водозадерживающих валов у вершин оврагов; многие вершины можно будет закрепить более простыми и дешевыми способами. При необходимости водозадерживающие валы на присетевых землях нужно размещать таким образом, чтобы они меньше занимали плодородной пашни. Сочетая с водоотводящими валами, их в ряде случаев целесообразно выносить на межовражные «стрелки» или на другие менее ценные участки.

Отвод и распыление стока является очень важной мерой по предотвращению дальнейшего роста оврагов и возникновению глубоких промоин, а также размыва дорожных кюветов. Распылитель стока на ложбине представляет собой валик высотой 40-60 см, перекрывающий водоток, и выводную борозду, являющуюся продолжением валика и прорезающую местный водораздел ложбины или иное возвышение. При отсутствии выраженных ложбин распылители устраиваются в виде борозды с валиком или выемки с валиком в зависимости от местных условий и от орудия, которым они создаются. Они могут проходить прямолинейно или криволинейно. На ложбинах им придается направление под углом около 45° к оси ложбины; здесь они могут располагаться на расстояниях 40-50 м и больше друг от друга. Концентрированные струи воды выводятся распылителями в разных пунктах из своих водотоков на задернованные участки, где вода, рассеиваясь и частично поглощаясь, теряет эродирующую энергию и поступает на берега гидрографической сети или другие участки уже ослабленными струями.

Привершинные водоотводящие борозды-валики и различные распылители стока строятся при помощи малого плантажного плуга ППН-40 в агрегате с гусеничным трактором или обычным навесным плугом, у которого оставляются два средних корпуса с постановкой на второй корпус удлиненного отвала, а также при помощи бульдозера. Обычно валик-распылитель насыпается в два прохода агрегата, причем после первого прохода его следует уплотнить гусеницей трактора при обратном проходе агрегата. Для насыпки водоотводящих валиков у растущих вершин оврагов требуется 3-4 прохода агрегата.

Широко применяя отвод и распыление стока в комплексе с другими противоэрозионными мероприятиями, можно достичь хороших результатов в деле прекращения процессов размыва. При устройстве распылителей стока нужно предварительно провести детальный

осмотр присетевых земель, занумеровать на плане эрозионные объекты, определить на месте необходимые мероприятия по каждому объекту и предполагаемые затраты внести в план противоэрозионных мероприятий и промфинплан.

При интенсивном оврагообразовании не везде можно создавать отвод стока от размываемых вершин, так как это может привести к образованию новых размывов. В то же время не везде целесообразно применять водозадерживающие валы, а для борьбы с донным размывом они вообще мало пригодны. Нередко для прекращения роста оврагов приходится разными способами закреплять их вершины с тем, чтобы сточная вода проходила через них, не размывая. Закрепление вершин в ряде случаев возможно осуществить сравнительно простыми способами [155], в других же случаях для быстрого прекращения роста оврагов, угрожающих ценным объектам, требуются различные инженерные водосбросные сооружения – перепады, быстротоки [16, 157 и др.].

В опытной сети ВНИАЛМИ разработан и испытан простой и доступный способ закрепления вершин оврагов, который состоит в следующем. В месте вершинного перепада бульдозером срезается грунт со стороны подхода воды и частично с бортов и сбрасывается вниз с таким расчетом, чтобы наклон водотока на донных оврагах составлял около 4-6° и на береговых до 7-8°, а его ширина была 3-5 м. Насыпная часть вершины хорошо утрамбовывается гусеницами трактора. Верхний гумусированный слой по возможности предварительно буртуется, а по окончании выполаживания – равномерно распределяется по поверхности водотока. Водоток должен быть прямолинейным, в противном случае возможно подмывание бортов. Выполаживание вершин не требует больших затрат: на обработку одной вершины с высотой перепада до 3 м обычно затрачивается около 2-4 ч работы бульдозера.

После выполаживания вершины дальнейшее ее закрепление производится одним из следующих способов.

1. Посев многолетних злаковых трав (овсяница луговая, мятлик луговой, костер безостый, пырей бескорневищный и другие). Этот способ применяется в лесостепи и северных степях, где быстро образуется мощная дернина. Семена высеваются из расчета 30-40 г на 1 м². Их заделка производится боронованием на конной тяге или граблями вручную. При посеве вносят аммиачную селитру и суперфосфат из расчета 45 кг действующего вещества азота и 30 кг фосфора на 1 га. В дальнейшем каждую весну производится подкормка ам-

миачной селитрой (из расчета 1 ц/га). Временно, на 1-2 года, вода отводится от закрепляемой вершины, а после образования дернины возвращается в прежнее русло. Описанный способ закрепления вершин оврагов, особенно донных, широко применяется на Новосильской АГЛОС (Т. Г. Глыбин). Через закрепленные вершины донных размывов пропускается сток с водосборов до 100 га. Пастьба скота на них не допускается (вершины огораживаются).

2. Одернование сполженных вершин. В более южных районах для быстрого закрепления выположенного водотока его одерновывают. Естественный дерн накладывают на выположенную поверхность водоспуска и прищипливают деревянными кольшками длиной 20 см. Для лучшего развития травянистой растительности каждую весну в качестве подкормки вносят аммиачную селитру. Такой одернованный водоток может функционировать сразу после закрепления, однако его устойчивость со временем повышается, особенно через 1-2 года. В засушливых условиях Юго-Востока он способен пропускать сток с водосборной площади 10-15 га и больше. Борта водотока засаживаются лесом.

Могут применяться и другие способы крепления выположенных вершин, например, устилка водотока слоем соломы толщиной 25-30 см с последующим покрытием хворостом и жердями и подвязыванием их к забитым ивовым кольям. Закрепленные вершины требуют систематического надзора и в случае необходимости ремонта.

К специальным водосборным вершинным сооружениям относятся: а) перепады – ступенчатые сооружения, по которым вода проходит частично по дну, а частично в виде водопада (стенки падения, ступенчатые перепады, шахтный, висячий и консольный водосбросы); б) быстроток – наклонные лотки и трубы, по которым вода стекает без отрыва от твердого ложа. Водосбросные сооружения требуют точного гидравлического расчета, качественного строительства и систематического надзора. Обычно они применяются в сочетании с водоподводящими валами и запрудами по дну оврага, с облесением и залужением.

Лотковые быстроток создаются для закрепления разнообразных оврагов с перепадами в вершине 5-10 м и больше. Лотки изготавливают из дерева, камня, бетона и железобетона. Шагом вперед в деле механизации трудоемких процессов строительства является сооружение сборных железобетонных лотков-быстроток прямоугольного сечения конструкции Н. И. Магомедова (УкрНИИЛХА, рис. 25). Они собираются из однотипных коротких (3-3,5 м) лотков-деталей, имеющих

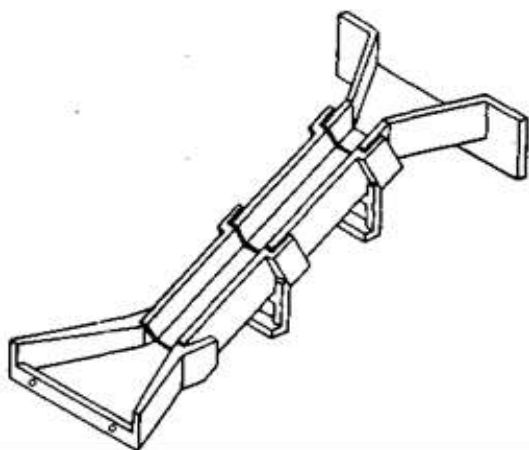


Рис. 25. Сборный лоток-быстроток прямоугольного сечения конструкции Н. И. Магомедова (УкрНИИЛХА)

параболического сечения освоено заводами железобетонных изделий для строительства лотковой ирригационной сети. Например, Быковский завод Волгоградской области выпускает лотки марки ЛР-60, ЛР-80 и ЛР-100 глубиной соответственно 60, 80 и 100 см, что позволяет использовать каждый типоразмер для закрепления размываемых вершин с различной водосборной площадью. Длина параболических лотков 6-8 м, толщина стенок 5-7 см; расход железобетона 0,13-0,17 м³ на 1 пог. м.

Строительство ступенчатых перепадов и лотков-быстротоков разных типов в настоящее время обходится очень дорого, от 3-5 до 15 тыс. руб. Строительство хозяйственным способом лотка-быстротока параболического сечения (при длине водосливной части 18 м) на Поволжской АГЛОС обошлось 800 руб. Отсутствие в настоящее время

на одном конце раструб, путем последовательного вкладывания конца одного лотка-детали в раструб другого. Недостатком таких лотков-быстротоков является большая бетоноемкость (0,3 м³ на 1 пог. м), малая длина, недостаточная жесткость конструкции и неотработанность технологии изготовления.

Конструкция лотка-быстротока из железобетонных лотков-оболочек разработана на Поволжской АГЛОС В. И. Пановым в двух вариантах (рис. 26). Производство железобетонных лотков-оболочек парабо-

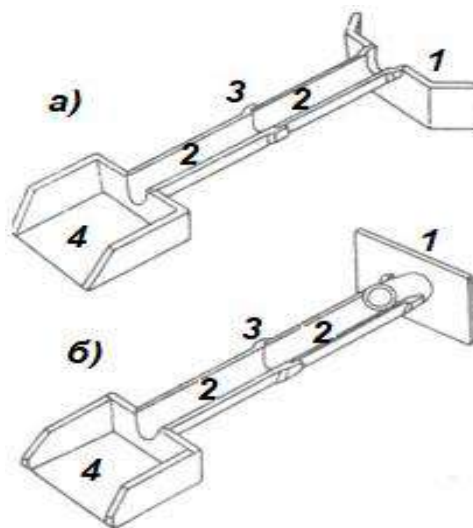


Рис. 26. Быстроток из раструбных лотков параболического сечения конструкции В. И. Панова (ВНИАМИ):

а и б – первый и второй варианты; 1 – водоприемник; 2 – водопроводящая часть лотка-быстротока; 3 – замок-опора; 4 – водобойный колодец

типовых водоприемников, замков-опор и водобойных колодцев усложняет и удорожает строительство лотков. Если наладить их выпуск в заводских условиях, а на закрепляемых вершинах вести только монтажные работы, затраты на строительство этих лотков-быстро-токов уменьшатся еще в 2-3 раза.

При наличии указанных деталей заводского производства и проектирование лотков-водосбросов намного упростилось бы. Можно было бы подготовить таблицы для определения максимальной пропускной способности сборных быстроотоков из лотков параболического сечения для каждого типоразмера при разных уклонах сливной части. В таком случае работы по проектированию сводились бы главным образом к определению водосборной площади закрепляемой вершины, к нахождению по формуле Соколовского максимального ливневого расхода определенной обеспеченности для данных физико-географических условий и подбору по таблицам максимальной пропускной способности нужного типоразмера быстротока. При необходимости возможно спаривание или строивание быстроотоков разных типоразмеров на одном объекте.

3. Вовлечение сильноразмытых склоновых земель в интенсивное сельскохозяйственное пользование

Во многих районах нашей страны, особенно в Среднем и Нижнем Поволжье, имеются большие площади склоновых земель, сильно изрезанные промоинами и оврагами, которые в настоящее время используются в качестве малопродуктивных выгонов (преимущественно земли присетевого и гидрографического фондов); например, в Волгоградской области, по нашим приблизительным подсчетам, они занимают около 210 тыс. га. Крутизна сильноразмытых склонов варьирует от 2-3 до 6-7° и больше. Их эрозионное разрушение продолжается, что приводит к заносу ценных пойменных земель и к заилению рек прудов и водоемов. Эти земли требуют коренной мелиорации и вовлечения в интенсивное хозяйственное пользование.

Система мелиоративных мероприятий на смытых и размытых склоновых землях засушливого Юго-Востока разработана на Клетском опорном пункте ВНИАЛМИ и в колхозе «Красный Октябрь» Клетского района Волгоградской области [156]. Аналогичные работы проводятся в Молдавии [122]. При проектировании противоэрозионных мероприятий на таких склонах предусматривается:

1) выполаживание бульдозером откосов размывов и их частичная засыпка до образования пологих ложбин, которые не препятствовали бы обработке почвы поперек склона; выполаживание и засыпка производятся таким образом, чтобы гумусированный почвенный слой оставался на поверхности и равномерно покрывал перемещенную и обнаженную породу. Засыпаются овраги глубиной до 4-5 м, а в отдельных случаях до 10 м и больше;

2) создание водорегулирующих валов (иногда в сочетании с канавами), работающих на водозадержание и на отвод сточных вод; в зависимости от уклона валы располагаются на расстояниях 200-300 м один от другого. Главное назначение валов – предотвращать сильную концентрацию сточной воды и защищать склоны от повторного размыва. У вершин закрепляемых оврагов при необходимости проектируются водозадерживающие валы;

3) устройство и укрепление путей отвода сточных вод;

4) посадка узких (2 ряда) лесных полос около валов и однорядных снегораспределительных кулис из кустарников на водосборной площади между валами (в случае ее использования под пастбище);

5) применение агрономических мероприятий и технических приемов, обеспечивающих восстановление и повышение плодородия эродированных почв и максимальное задержание осадков на месте их выпадения.

Эродированные крутосклоновые земли с уклонами 8-15° целесообразно отводить под напашное террасирование. В засушливых условиях Юго-Востока на террасах нужно высевать многолетние травы и высаживать через 100-150 м 2-4-рядные лесные полосы (на 1-2 террасах). При наличии поблизости водоемов (в приречных районах такая возможность имеется) на террасированных участках склонов в будущем целесообразно применять полив по террасам, что намного увеличит продуктивность этих земель. В этом случае по террасам можно сажать сады. Все вышеуказанные гидротехнические сооружения, устройства и лесонасаждения должны проектироваться в органической связке с общей противоэрозионной организацией территории хозяйства, при этом должны предусматриваться мероприятия, обеспечивающие задержание и регулирование стока на вышележащих отрезках склона и приводораздельной территории.

Порядок выполнения работ на размывных склонах, подлежащих коренной мелиорации, следующий. Производятся изыскания, опреде-

ляются объемы земляных работ и составляется специальный проект или проектно-сметная документация. При перенесении проекта в натуру разбиваются при помощи нивелира трассы валов и определяются пути отвода сточных вод. Проводится глубокая вспашка с двух сторон ближайшей приовражной краевой зоны с целью облегчить перемещение почвы бульдозером. После этого выполаживаются и засыпаются бульдозером все размывы вдоль намеченных трасс в полосе 25-30 м. Затем производится глубокая вспашка вдоль трассы вала полосы шириной 25-30 м и сдвигание вверх по склону гумусированного почвенного слоя. Вал устраивается путем надвигания бульдозером на трассу предварительно взрыхленной плугом почвы и грунта. После насыпки вала сдвинутая ранее гумусированная земля равномерно распределяется на обнаженной от почвы полосе и по телу вала.

При выполаживании откосов оврагов работу начинают с верхних частей склона, уже изолированных валами. Вначале производят разбивку вспаханной краевой зоны оврага на рабочие участки протяженностью 20-25 м. Засыпку и выполаживание начинают с нижнего участка, примыкающего к мокрому откосу вала. Бульдозером вначале снимают взрыхленный гумусированный почвенный слой в прибровочной зоне первого рабочего участка и перемещают его вдоль бровки вниз по склону ближе к валу, где земля равномерно распределяется вдоль вала. Затем последовательно срезают бульдозером обнаженную породу на всем фронте первого рабочего участка и сбрасывают ее в размыв, заполняя до середины приблизительно наполовину ее глубины. Для облегчения работы бульдозера нужно всякий раз после сдвигания вниз рыхлой почвы или породы вновь рыхлить породу на рабочем участке путем вспашки. После выполаживания откоса на первом участке взрыхленную почву прибровочной полосы вышележащего второго участка перемещают в зону первого участка и покрывают ею слабогумусированную породу. Затем срезают породу и выполаживают откос на втором участке, а сюда надвигают почвенный слой с вышележащего третьего участка. При наличии двух бульдозеров каждый участок обрабатывается одновременно с обеих сторон оврага, а работая с одним бульдозером, сначала обрабатывают с двух сторон один участок, затем переходят к другому.

Таким образом производят засыпку всего оврага до вершин, указанным способом выполаживают все размывы сначала верхнего пояса, ограниченного валами, а затем следующих вниз по склону поясов.

Закрепляют пути отвода стока. При отсутствии подходящих естественных путей закрепляют вершины отвершков и лощин (или оврагов), в которые предполагают направить избыток сточной воды; в некоторых случаях применяют и донные запруды.

После выполнения указанных работ, приводящих к сильному нарушению в ряде пунктов почвенного покрова, эродированные склоновые земли подлежат окультуриванию, улучшению водно-физических и химических свойств и повышению плодородия. Эта цель может быть быстро достигнута хорошей обработкой почв, внесением повышенных в 1,5-2 раза доз органических и минеральных (преимущественно азотных) удобрений, особенно в пунктах с малой мощностью почвы, и посевом многолетних трав. Вновь вводимые в интенсивное сельскохозяйственное пользование склоновые земли должны использоваться, как правило, в почвозащитном севообороте, где многолетние травы будут занимать 4-5 полей. Некоторые участки могут отводиться в полевой севооборот, а наиболее крутые отрезки склонов (5-7°) – под постоянное и периодическое залужение (улучшенные сенокосы и пастбища). На мелиорированных таким образом склоновых землях нужно широко проводить щелевание полей с многолетними травами. Крутосклоновые земли, где осуществляется террасирование, травосеяние и посадка узких лесополос, используются преимущественно как пастбищные угодья с регулируемым выпасом скота.

Применение вышеуказанных гидроресолугомелиоративных и агротехнических мероприятий и приемов позволит зарегулировать поверхностный сток, повысить влажность почвы, надежно защитить эти земли от эрозии и резко повысить их продуктивность.

Описанный способ коренной мелиорации размытых и смытых склоновых земель прошел проверку в производственных условиях Клетского опорного пункта ВНИАЛМИ и колхоза «Красный Октябрь» Клетского района Волгоградской области. Здесь полностью выявилась его практическая пригодность и высокая экономическая эффективность. В указанном колхозе за период с 1964 по 1968 г. мелиорировано и вовлечено в интенсивное сельскохозяйственное пользование более 400 га размытых склоновых земель. На этой площади устроены водорегулирующие валы протяженностью более 8 км, засыпаны промоины и выположены откосы размывов глубиной до 3 м и общей протяженностью более 43 км. По подсчетам В. К. Духнова [156], затраты на выполнение земляных работ в объеме 140 тыс. м³

составили 14 042 руб. Себестоимость всей полученной продукции (озимая пшеница, просо, кукуруза на силос, сено и семена многолетних трав и др.) выразилась в сумме 57963 руб., а ее стоимость по государственным заготовительным ценам равняется 79 536 руб., т. е. на 21437 руб. больше. На участках, где объем земляных работ не превышал 400-500 м³ на 1 га, затраты окупались в первые 1-2 года, а при большем объеме работ срок окупаемости увеличивался.

Таким образом, может быть достигнута надежная защита сильноэродированных склоновых земель от дальнейшего смыва и размыва и резко повысится их производительность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка и внедрение комплекса противоэрозионной защиты требует всестороннего учета закономерностей смыва и размыва почв, знания гидрологической и противоэрозионной эффективности различных приемов и методов задержания и регулирования поверхностного стока на основе глубокого изучения факторов, обуславливающих его формирование. Проведенные нами исследования и анализ литературных данных позволяют сделать ряд общих и частных выводов.

Процессы смыва и размыва почв и почвогрунтов определяются совокупным влиянием многих природных и хозяйственным факторов. Главнейшими из них являются: рельеф местности (длина, крутизна и форма склонов), состав грунтов и податливость почв эрозии, объем стока, распределение снежного покрова на склонах и последовательность его схода, характер ливневых осадков, степень защищенности почвы живым или мертвым покровом и другие. В основе современных процессов эрозии лежат не геологические факторы, а нерациональная хозяйственная деятельность человека в условиях выраженного рельефа, и эти процессы могут быть приостановлены применением комплекса противоэрозионных мероприятий.

В связи с уменьшением с севера на юг и юго-восток предзимнего промачивания почв глубина их промерзания уменьшается в том же направлении. Почва в лесных полосах и в приспущенной зоне промерзает меньше, чем на полях, а иногда совсем не промерзает. Оттаивание сверху мерзлой почвы с высокой льдистостью происходит после стаивания снега. Рыхлая почва при малом и умеренном содержании в ней льда способна оттаивать сверху, будучи под снегом, под влиянием тепла просачивающейся талой воды (чаще всего это наблюдается в условиях степей на зяби и в лесонасаждениях).

По мере продвижения с севера на юг и юго-восток средняя величина весеннего стока с уплотненной пашни изменяется постепенно; наибольшие значения она имеет на серых лесных почвах и черноземах лесостепи, далее на юг уменьшается. Отношение коэффициентов стока с уплотненной пашни и с зяби повышается от 1,23 на серых лесных почвах до 4-9,6 на черноземах и каштановых почвах. Это свидетельствует о большом гидрологическом значении зяби, увеличива-

ющемся по мере продвижения с севера на юг и юго-восток. На серых лесных почвах сток с зяби умеренный, сильный и очень сильный формируется в среднем семь лет в 10-летие; три года он бывает слабый, очень слабый или отсутствует. На черноземах и каштановых почвах степей семь лет бывает с очень слабым стоком и без стока и три года со слабым, умеренным или сильным; это получило отражение на кривых обеспеченности стока. На песчаных и супесчаных почвах степей сток с зяби несколько больше, чем на суглинистых почвах.

Установлена широтная и долготная инверсия стока снеговых вод, выражающаяся в формировании в районах лесостепи и степей зон повышенной водности. Зависимость стока талых вод от влагозапасов в снеге сложная. При сильном предзимнем увлажнении почвы увеличение влагозапасов в снеге повышает слой, а иногда и коэффициент стока. В годы с холодной зимой и сильными зимними оттепелями раннее формирование снежного покрова повышенной мощности способствует уменьшению стока. В местах позднего повторного его формирования показатели стока увеличиваются. На уплотненной пашне увеличение мощности снежного покрова обычно увеличивает сток, а при неустойчивой теплой зиме уменьшает его. В результате анализа связи гидрометеорологических условий осени и зимы с показателями стока дается схема прогноза талых вод для черноземных и каштановых почв.

Исследовано влияние и дана оценка агротехнических приемов задержания талых вод на зяби. Глубокая зяблевая вспашка является главным условием интенсивного просачивания талых вод в почву. Увеличение глубины вспашки на 8 см (с 20-22 до 27-30 см) уменьшает сток на 12-32 мм. Наибольшее удельное сокращение стока происходит в диапазоне глубины 22-30 см, а наиболее эффективная глубина вспашки (с точки зрения общего уменьшения стока) 27-30 см (до 35 см). При внесении органических удобрений в эродированную почву и ее окультуривании гидрологическая эффективность глубокой пахоты повышается. Нано- и микрорельеф зяблевой пахоты играет ограниченную роль в задержании талых вод. Наибольшее водозадерживающее действие микрорельефа проявляется, когда он создается одновременно с глубокой вспашкой (или глубоким рыхлением) без уплотнения почвы.

Проблема задержания талых вод на зяби на черноземах и каштановых почвах степного Поволжья и Юга, развившихся на лёссовых породах, в основном решается проведением зяблевой вспашки поперек склона на 27-30 см (восемь лет в 10-летие); специальные приемы

водозадержания потребуются на средне- и сильноосмытых почвах. На черноземах степного центра, северной степи и южной лесостепи эти приемы должны применяться более широко. На серых лесных почвах и оподзоленных черноземах агрономические мероприятия по водозадержанию и регулированию стока в настоящее время должны основываться на окультуривании почв и применении специальных приемов водозадержания и отвода стока наклонными бороздами и валами с широким основанием.

Практикуемое в засушливых условиях Юга и Юго-Востока выравнивание глыбистой зяби, сопровождающееся ее уплотнением, значительно увеличивает сток и создает опасность усиленной эрозии. Применение этого мероприятия допустимо лишь на очень пологих склонах (до $1,5^\circ$) при невозможности устранения глыбистости другими способами; при этом требуется применение специальных приемов водозадержания и отвода стока. Положительная гидрологическая роль приема щелевания достаточно проявляется лишь на многолетних травах и на стерне. Осеннее щелевание зяби не дает положительного эффекта, а щелевание по мерзлой почве (зяби и озимых) требует совершенствования.

В летний сезон во время выпадения дождей все факторы, которые способствуют увеличению слоя и площади затопления на поверхности склона, повышают интенсивность впитывания воды и уменьшают сток и смыв почвы. К ним относятся водопрочная структура и наличие рыхлого поверхностного слоя почвы, выраженность нано- и микрорельефа, густой растительный покров, различная мульча и другие.

Влияние уклона на сток зависит от многих факторов и является величиной переменной. В летний сезон на незащищенной пашне оно проявляется сильнее, на защищенной – слабее. (Будучи прямо связано с инфильтрационной способностью почвы: и интенсивностью дождя оно в определенной степени подчиняется действию зональных факторов. Прямо на сток талых вод уклон почти не влияет, косвенно – через смытость почв.

Очень важная роль в защите почв присетевой зоны и гидрографической сети от эрозии принадлежит лугомелиоративным мероприятиям, включая и применение удобрений, в комплексе с лесонасаждениями. Одновременно решается проблема обеспечения животноводства кормами.

Защитные лесонасаждения оказывают всестороннее мелиоративное воздействие на сельскохозяйственную территорию, но их во-

допоглощающая и противоэрозионная роль недостаточна. В настоящей работе дается обоснование сети водорегулирующих и прибалочных лесных полос в сочетании с простейшими гидротехническими устройствами: обвалованием лесополос по нижней опушке, устройством в них прерывистых канав с валами, возведением водозадерживающих валов на ложбинах по нижней, а в некоторых случаях и по верхней опушкам. Согласно расчетам, такая сеть при правильном расположении лесополос способна задержать на водосборной площади до 50-60 мм талой и много ливневой воды, что в комплексе с агрономическими и другими противоэрозионными мероприятиями в основном решает проблему защиты почв от эрозии.

В лесополосах с гидротехническими устройствами резко возрастает потускулярное вхождение влаги в почву и грунт, поэтому при близком залегании относительного водоупора формируется устойчивая верховодка и создаются более благоприятные условия увлажнения почвы в межполосном пространстве. Мероприятия, способствующие задержанию стока, уменьшению эрозии и повышению влажности полей, значительно ослабляют вредное проявление засухи.

Основные пути решения задачи регулирования стока и борьбы с эрозией и засухой следующие:

1) повсеместное проведение глубокой зяблевой вспашки на 27-30 см (до 35 см); это может быть обычная (с оборотом пласта) вспашка, вспашка с почвоуглубителями или без оборота пласта (например, плоскорезная обработка), при этом нужно проводить снегозадержание разными способами;

2) окультуривание почв, создание глубокого, обогащенного органическими веществами пахотного горизонта;

3) создание на пашне емкого микрорельефа без уплотнения, почвы (в ближайшем будущем от применения этого способа водозадержания можно ожидать уменьшения стока приблизительно на 10 мм); поделка микрорельефа на пропашных культурах, что позволяет задержать ливневые осадки, объем которых в 1,5-2 раза превышает емкость микрорельефа;

4) перехват стока на границе и внутри полей лесными полосами, усиленными простейшими гидротехническими устройствами;

5) в сильноэродированных районах применение на присетевых землях почвозащитных севооборотов, а в некоторых случаях создание лесолугового пояса около гидрографической сети;

6) на склонах, сильно изрезанных промоинами и оврагами, выполаживание откосов оврагов и их частичная засыпка в комплексе с водорегулирующими валами и травосеянием;

7) регулирование сброса непоглощенной сточной воды с целью уменьшения смыва и размыва почв;

8) закрепление активно растущих вершин оврагов разными способами в сочетании с их облесением;

9) облесение в комплексе с залужением сильноэродированных участков крутосклонов и берегов гидрографической сети.

Сложная задача эффективного задержания и регулирования стока и прекращения или резкого ослабления эрозии при помощи указанных мероприятий и приемов успешно решается на основе правильной противоэрозионной организации территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимова Л. Н. Влияние структурообразователей на агрегатный состав почвы. – В кн.: «Гидрофизика и структура почв», вып. 11. Л., Гидрометеиздат, 1965, с. 116-122.
2. Аксенов П. И. Регулирование склонового стока в лесостепных районах европейской части СССР для использования его в сельском хозяйстве. Автореф. канд. дисс. М., 1965, 23 с.
3. Аксенов П. И. Щелевание мерзлой почвы перед стоком. «Вести, с.-х. науки», 1969, № 3, с. 70-78.
4. Алифанова Т. И. Водный режим почвогрунтов на лесозащитных полях Среднего Заволжья. – «Сельское хозяйство Поволжья», 1959, № 6, с. 37-41.
5. Антропов Т. Ф. Приемы обработки почвы, обеспечивающие сокращение стока воды и смыва почвы на склонах. – «Земледелие», 1954, № 11, с. 48-52.
6. Антропов Т. Ф., Корнев Я. В. Опыт культуры многолетних трав на смытых почвах. – «Сов. агрономия», 1950, № 10, с. 61-72.
7. Арманд Д. Л. Физико-географические основы проектирования сети полезащитных лесных полос. М., Изд-во АН СССР, 1961, 367 с.
8. Баранов В. И. О чем говорят песчаники Камышина и пески Ергеней. Сталинград, 1952, 43 с.
9. Барабанов А. Т. Эффективность минеральных удобрений на эродированных светло-каштановых почвах Волгоградской области. – «Бюлл. ВНИАЛМИ», 1970, вып. 8(60), с. 27-28.
10. Басов Г. Ф., Грищенко М. Н. Гидрологическая роль лесных полос. М., Гослесбумиздат, 1963, 201 с.
11. Басс С. В. Внутризональные особенности стока талых вод в зоне смешанных лесов. – «Изв. АН СССР, серия геогр.», 1961, № 1, с. 89-95.
12. Басс С. В. Внутризональные особенности весеннего поверхностного стока в лесной зоне. М., Изд-во АН СССР, 1963, 106 с.
13. Белозер И. И. Агротехническая эффективность противоэрозийной зяблевой вспашки на склонах. Автореф. канд. дисс. Киев, 1965, 26 с.
14. Беннетт Х. Х. Основы охраны почв. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит., 1958, 412 с.
15. Борец В. П. Влияние минеральных удобрений на урожай ячменя, ливневый сток и смыв светло-каштановой почвы. – «Бюлл. ВНИАЛМИ», 1970, вып. 8(60), с. 29-31.
16. Брауде И. Д. Закрепление и освоение оврагов, балок и крутых склонов. М., Сельхозгиз, 1959, 283 с.

17. Брауде И. Д. Новое о регулировании и задержании талых вод для увлажнения и защиты почвы от эрозии. – В кн.: Защита почв от эрозии М., «Колос», 1964, с. 484-496.
18. Бронзова Г. Я. Создание кормовых угодий на смытых почвах М., Сельхозгиз, 1955, 110 с.
19. Буров Д. И., Савенко А. В. О зяблевой обработке почвы в совхозах Юго-Востока. – «Совхозное производство», 1960, № 7, с. 25-27
20. Буров Д. И., Луканчев Д. Н. О задержании талых вод на черноземных почвах Заволжья. – «Почвоведение», 1963, № 11, с. 78-86.
21. Введенская Э. Д. Формирование снегового склонового стока в условиях ЦЧО. – В кн.: Мат. совещ. по вопросам эксп. изуч. стока и водного баланса речных водосборов (4-7 августа 1964 г.). Валдай, 1965 с. 152-158.
22. Великанов М. А. Динамика русловых потоков. Л.-М., Гидрометеоиздат, 1946, 520 с.
23. Вершинин П. В. Об искусственных почвенных структурообразователях. – «Почвоведение», 1958, № 10, с. 2837.
24. Вершинин П. В. Проблема искусственного структурообразования. – «Сб. трудов по агроном. физике», 1960, вып. 8, с. 131-142.
25. Виленский Д. Г. Свойства почв, определяющие податливость их эрозии, и методы исследования этих свойств. – В кн.: Борьба с эрозией почв в СССР. М. – Л., Изд-во АН СССР, 1938, с. 111-129.
26. Вильямс В. Р. Собрание сочинений, т. 7. М. – Л., Сельхозгиз, 1949, 468 с.
27. Волков В. П. Щелевание как способ борьбы с водной и ветровой эрозией почв. – В кн.: Защита почв от эрозии. М., «Колос», 1964, с. 447-450.
28. Высоцкий Г. Н. Водоразделы и увлажнение степей. М., Изд. ВАСХНИЛ, 1937, 20 с.
29. Высоцкий Г. Н. О гидрологическом и климатическом влиянии лесов. М. – Л., Гослесбумиздат, 1952, 112 с.
30. Габай В. С. Полиакриламид и закрепление песков. – «Вести, с.-х. науки», 1965, № 7, с. 33-37.
31. Гаршинёв Е. А., Сурмач Г. П. Повышение эффективности водорегулирующей роли лесонасаждений на серых лесных почвах. – «Вести, с.-х. науки», 1971, № 7, с. 93-99.
32. Гарюгин Г. А. Весенний сток в зависимости от состояния поверхности почвы. – «Метеорология и гидрология», 1955, № 3, с. 40-42.
33. Гедройц К. К. Учение о поглотительной способности почв. М., Сельхозгиз, 1933, 205 с.
34. Глыбин Т. Г. Применение многолетних трав на эродированных склонах. – «Сборник работ Новосильской Зональной агролесомелиоративной опытной станции», 1972, вып. 2, с. 72-74.

35. Гончар А. И. Почвозащитный метод обработки почвы. – «Земледелие», 1958, № 8, с. 8-12.

36. Грин А. М. Весенний сток и смыв почвы с различных угодий Курской области. – «Вопросы гидрологии Успенского водохранилища и его водосбора». М. – Л., Изд-во АН СССР, 1963, с. 275-283.

37. Грин А. М. Динамика водного баланса Центрально-Черноземного района. М., «Наука», 1965, 146 с.

38. Грин А. М., Савельева Т. А., Чернышев Е. П. Экспериментальные исследования водного баланса на Курском стационаре Института географии АН СССР. – В кн.: Мат. совещ. по вопросам эксп. изуч. стока и водного баланса речных водосборов (4-7 августа 1964 г.). Валдай, 1965, с. 84-92.

39. Грин А. М., Назаров Г. В. Сравнительная характеристика впитывающей способности почв лесостепной зоны европейской части СССР. – «Почвоведение», 1965, № 3, с. 47-52.

40. Гуссак В. Б. Опыт экспериментального изучения поверхностных эрозий почвы на красноземах влажных субтропиков ССР Грузии. – «Почвоведение», 1935, № 1, с. 35-56.

41. Гуссак В. Б. Факторы и внутренние последствия поверхностных смывов красноземов в условиях влажных субтропиков Грузии. – В кн.: Эрозия почв. М. – Л., Изд-во АН СССР, 1937, с. 103-154.

42. Гуссак В. Б. Опыт применения гуминовых и полимерных препаратов на сероземах в целях улучшения их структуры и борьбы с эрозией. – «Почвоведение», 1961, № 8, с. 42-53.

43. Гуссак В. Б., Паганяс К. П. Некоторые итоги 4-летних опытов по оструктуриванию орошаемого типичного серозема. – «Почвоведение», 1964, № 5, с. 73-83.

44. Гуссак В. Б., Саатов Р., Мухамедов Т. Применение полимеров и других химических средств в борьбе с эрозией. – В кн.: «Защита почв от эрозии». М., «Колос», 1964, с. 544-546.

45. Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. 2-е изд. М., Сельхозгиз, 1953, 152 с.

46. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., «Колос», 1968, 335 с.

47. Жигалов И. И. Влияние характера обработки почвы на склоновый сток талых вод. – «Почвоведение», 1955, № 10, с. 36-49.

48. Жилкин Б. Д. Опыт оценки влияния леса на водный баланс. – «Труды Брянского лесохоз. ин-та», т. 4. Брянск, 1940, с. 35-114.

49. Жолобов А. И. Экономическая эффективность удобрений на каштановых почвах. – В кн.: Химизация сельск. хоз-ва Волгоградской области. Волгоград, Нижне-Волжское кн. изд-во, 1965, с. 19-24.

50. Заборовский Е. П., Лисин С. С., Соболев С. С. Лесные культуры и лесные мелиорации. М., «Лесная промышленность», 1964, 392 с.

51. Заславский М. Н. Эрозия почв и земледелие на склонах. Кишинев, Изд-во «Картя молдовеняскэ», 1966, 494 с.

52. Захаров С. А. Изучение водопроницаемости почв в поле при помощи «дождевания». – В кн.: Физика почв СССР. М., Сельхозгиз, 1936, с. 379-390.

53. Звонков В. В. Водная и ветровая эрозия земли. Изд-во АН СССР. 1962. 175 с.

54. Измаильский А. А. Как высохла наша степь. Избр. соч. М. Сельхозгиз, 1949, 335 с.

55. Ионавичус А. А., Масленкова Г. Л. О применении поверхностно-активных веществ в качестве искусственных структурообразователей. В кн.: Гидрофизика и структура почвы, вып. 11. – Л., Гидрометеиздат, 1965, с. 123-131.

56. Ионавичус А. А., Масленкова Г. Л., Ревут И. Б. О некоторых новых возможностях улучшения водно-физических условий в почве путем применения искусственных структурообразователей. – В кн.: Гидрофизика и структура почвы, вып. 11. Л., Гидрометеиздат, 1965, с. 132-140.

57. Кабанов П. Г. О поверхностном стоке талых вод в Поволжье. – «Соц. зерновое хоз-во», 1938, № 2, с. 44-57.

58. Казаков В. А. Экспериментальное изучение смыва на красноземах Аджарии. Тбилиси, 1940, с. 34-47.

59. Касаткин И. И. Увлажнительные работы и их значение в сельскохозяйственном и климатическом отношении. М., Изд. ГИСХМ, 1925, 99 с.

60. Каулин В. Н. Приемы обработки почвы на склонах и влагонакопление. – «Вестник с.-х. науки», 1965, № 1, с. 123-126.

61. Каулин В. Н. Влияние агролесомелиоративных мероприятий на сток талых вод с малых водосборов. – В кн.: Мат. совещ. по вопр. эксперим. изучен, стока и водн. баланса речных водосборов (4-7 августа 1964 г.). Валдай, 1965, с. 221-229.

62. Качинский Н. А. Замерзание, размерзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и на полевых участках. Изд-во МГУ, 1927. 168 с.

63. Качинский Н. А. О структуре почвы, некоторых водных ее свойствах и дифференциальной порозности. – «Почвоведение», 1947, № 6, с. 336-348.

64. Качинский Н. А. Структура почвы. Изд-во МГУ, 1963, 99 с.

65. Князев А. А. Обработка склонов. – «Земледелие», 1964, № 9, с. 37-40.

66. Коблев Ю. Н. Эффективность минеральных удобрений и бороздование зяби на смытых светло-каштановых почвах. – «Сборн. науч.-иссл. работ», 1961, вып. 32, с. 91-97.

67. Кобезский М. Д. Разработка мероприятий по борьбе с эрозией, УкрНИИ агролесомелиорации и лесей, хоз-ва. Научный отчет за 1939 г. Харьков, 1940, с. 91-147.

68. Козлов В. П. Восстановление плодородия смытых серых лесных почв путем внесения удобрений (по данным полевых опытов). – «Почвоведение», 1959, № 6, с. 42-46.

69. Козменко А. С. Работы Новосильской опытно-овражной станции по изучению приемов борьбы с эрозией. – В кн.: Эрозия почв. М. – Л., Изд-во АН СССР, 1937, с. 155-185.

70. Козменко А. С. Борьба с эрозией в земледельческих районах СССР. – В кн.: Борьба с эрозией почв в СССР. М. – Л., Изд-во АН СССР, 1938, с. 33-55.

71. Козменко А. С. Борьба с эрозией почв. М., Сельхозгиз, 1949, 160 с.

72. Козменко А. С. Борьба с эрозией почв. М., Сельхозгиз, 1954, 229 с.

73. Козменко А. С., Корнев Я. В. и др. Приемы противоэрозионной мелиорации. Курск, 1937, 163 с.

74. Козменко А. С., Ивановский А. Д. Режим поверхностного стока в Центральной лесостепи. – «Гидротехника и мелиорация», 1953, № 1, с. 3-18.

75. Коль С. А. Полевые экспериментальные исследования потерь дождя на инфильтрацию методом искусственного дождевания в Сальской степи. – «Труды ГГИ», 1950, вып. 24(78), с. 72-108.

76. Комаров В. Д. Исследование водопроницаемости мерзлой почвы. – «Метеорология и гидрология», 1957, № 2, с. 10-18.

77. Конке Г., Бертран А. Охрана почвы. Пер. с англ. М., Изд-во с.-х. литерат., журн. и плакатов, 1962, 344 с.

78. Кононова М. М. Пути к накоплению органического вещества в бросовых землях эродированных районов. – В кн.: Эрозия почв. М. – Л., Изд-во АН СССР, 1937, с. 259-272.

79. Константинов А. Р. Испарение в природе. Л., Гидрометеиздат, 1963, 590 с.

80. Корнев Я. В. Эрозия почвы как фактор урожайности. – В кн.: Эрозия почв. М. – Л., Изд-во АН СССР, 1937, с. 187-246.

81. Костылев П. А. Почвоведение. М-Л., Сельхозгиз, 1940, 224 с.

82. Крупенников И. А., Роговская Н. И. Влияние полимеров на структуру черноземов и урожай кукурузы. «Сб. трудов по агроном. физике», 1965, вып. 11, с. 145-149.

83. Кузнецова З. А. Опыт изучения смыва почвы. – «Земледелие», 1958, № 2, с. 46-49.

84. Кузник И. А. Влияние зяблевой вспашки на сток. – «Соц. зерновое хоз-во», 1939, № 6, с. 79-95.

85. Кузник И. А. Сток с разных сельскохозяйственных угодий и предварительные соображения о современной величине стока в Поволжье. – «Метеорология и гидрология», 1954, № 2, с. 30-35.

86. Кузник И. А. Агролесомелиоративные мероприятия, весенний сток и эрозия почв. Л., Гидрометеиздат, 1962, 220 с.

87. Лопатин Г. В. Наносы рек. М., Географгиз, 1952, 336 с.
88. Лоудермилк В. Ц. Почвенная эрозия и борьба с нею в США. – «Почвоведение», 1936, № 3, с. 391-402.
89. Лубовский Н. П. Новая система зяблевой обработки почвы в засушливых районах. – «Науч. зап. Ворошиловградского с.-х. ин-та», 1956, т. 4, вып. 1, с. 39-44.
90. Львович М. И. Гидрометеорологическое действие лесных полос и принципы их размещения на полях колхозов и совхозов. – «Труды ГГИ», 1950, вып. 23(77), с. 1-57.
91. Львович М. И. Влияние обработки почвы на сток. – «Изв. АН СССР, серия геогр.», 1954, № 5, с. 40-48.
92. Львович М. И. Человек и воды. М., Географгиз, 1963, 567 с.
93. Мажаров П. П. Микролиманы. – «Земледелие», 1958, № 1, с. 31-34.
94. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М., Изд-во АН СССР, 1955, 346 с.
95. Маккавеев Н. И. О научных основах методики борьбы с эрозией. – «Эрозия почв и русловые процессы», 1970, вып. 1, с. 52-60.
96. Манилов Н. Природа эрозионных явлений в Донском районе Сталинградской области. – «Почвоведение», 1939, № 8, с. 98-104.
97. Матчанов К. С. Эрозионная неустойчивость в серых лесных крупнопылеватых почвах Придеснянской возвышенности УССР. Автореф. канд. дисс. Киев, 1962, 22 с.
98. Махлин Т. Б. Влияние полимеров на сток осадков. Автореф. канд. дисс. Л., 1966, 17 с.
99. Милановский Е. В. Геологический очерк Поволжья. М., 1927, 128 с.
100. Миронченко Ф. А. Специальные увлажнительно-противоэрозионные приемы обработки почвы и их эффективность в условиях правобережья Нижнего Дона. Автореф. канд. дисс. Ростов, 1963, 23 с.
101. Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса. М., Изд-во АН СССР, 1960, 487 с.
102. Мосолов В. П. Рельеф местности и вопросы земледелия. – «Докл. ВАСХНИЛ», 1948, вып. 8, с. 3-22.
103. Мосолов В. П. Углубление пахотного слоя. Сочинения, т. 4. М., Сельхозгиз, 1954, 564 с.
104. Мосолова А. И. Влияние полимеров на структуру дерново-подзолистых почв и урожайность сельскохозяйственных культур. – «Почвоведение», 1970, № 9, с. 54-64.
105. Музыченко Б. А., Толоков Н. Р. и др. Указания по проектированию комплекса противоэрозионных мелиоративных мероприятий с контурно-полосной организацией территории колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий зон недостаточного и неустойчивого увлажнения (для опытных работ). Новочеркасск, 1973, 34 с.

106. Назаров Г. В. Влияние агротехники на поверхностный сток в Саратовском Заволжье. – «Сельское хозяйство Поволжья», 1957, № 4, с. 25-28.

107. Небольсин С. И., Надеев П. П. Элементарный поверхностный сток. М. – Л., Гидрометеиздат, 1937, 64 с.

108. Нерпин С. В., Ревут И. Б. Использование полимеров для борьбы с эрозией почв. – В кн.: Защита почв от эрозии. М., «Колос», 1964, с. 437-446.

109. Онуфриенко Л. Г. Некоторые данные о влиянии агротехнических мероприятий на склоновый сток. – «Труды УкрНИГМИ», 1956, вып. 6, с. 3-13.

110. Онуфриенко Л. Г. Весенний сток с малых водосборов в условиях овражно-балочного рельефа. – В кн.: Вопросы земледелия и борьбы с эрозией почв в степных и лесостепных районах СССР, т. 2. Саратов, 1959, с. 425-433.

111. Поляков Б. В. Влияние агротехнических мероприятий на сток. – «Метеорология и гидрология», 1939, № 4, с. 83-88.

112. Поспелов А. М. Структура дождя при искусственном дождевании с.-х. культур. – В кн.: Дождевание, т. 3. М., 1940, с. 117-186.

113. Потапенко Я. И. Мелиоративное земледелие – основа повышения урожайности сельскохозяйственных культур. – В кн.: Защита почв от эрозии. «Колос», 1971, с. 79-95.

114. Поясов Н. П., Агафонов О. А. Роль полимеров в повышении плодородия почвы. «Земледелие», 1961, № 12, с. 70-73.

115. Преснякова Г. А. Обвалование и бороздование зяби как меры борьбы с эрозией почв и засухой. – «Почвоведение», 1955, № 2, с. 48-60.

116. Разумихин Н. В., Назаров Г. В. Смыв почвы с полей в условиях Южного Заволжья. – «Труды лаборатории озероветения», т. 7. М. – Л. – Изд-во АН СССР, 1958, с. 82-86.

117. Ревут И. Б. Приемы создания и поддержания водопрочности макроструктуры почвы. – В кн.: Физика в земледелии. М. – Л., Физматгиз, 1960, 400 с.

118. Ревут В. И., Романов И. А. Динамика водопрочности почвенных агрегатов при различном их увлажнении и нитрифицирующая способность почвы. «Сб. трудов по агроном. физике», 1965, вып. 11, с. 112-115.

119. Решетникова А. И. Сток снеговых и дождевых вод с элементарных площадок в районе Валдайской возвышенности. – «Труды НИУ ГУГМС», 1945, сер. 4, вып. 17.

120. Рихтер Г. Д. Использование снега и снежного покрова в целях борьбы за высокий и устойчивый урожай. – В кн.: Роль снежного покрова в земледелии. М., Изд-во АН СССР, 1953, с. 6-61.

121. Роде А. А. Методы изучения водного режима почв. М., Изд-во АН СССР, 1960, 244 с.

122. Рожков А. Г. Расчет земляных работ при выполаживании оврагов. Кишинев, «Картя Молдовеняскэ», 1968, 34 с.

123. Румянцев В. И. Система обработки почв в засушливых районах Юго-Востока. М., «Колос», 1964, 198 с.

124. Сдобников С. С., Бакаев Н. М. О задержании талых вод в Целинном крае. – «Вести, с.-х. науки», 1963, № 2, с. 21-26.

125. Серик Ф. П. Расчет стока ливневых вод с малых бассейнов. – В кн.: Максимальный сток с малых водосборов. М., Трансжелдориздат, 1940, с. 285-329.

126. Сильвестров С. И. Эрозия и севооборот. М., Сельхозгиз, 1949, 142 с.

127. Сильвестров С. И. Районирование территории СССР по основным факторам эрозии. М., «Наука» 1965, 234 с.

128. Скачков И. А. Эрозия почв и борьба с нею. Воронеж, 1965.

129. Скородумов А. С. Земледелие на склонах. Киев, 1970, 427 с.

130. Сластухин В. В. Вопросы мелиорации склонов Молдавии. Кишинев, «Карта Молдовеняска», 1964, 212 с.

131. Соболев С. С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними, т. 1. М. – Л., Изд-во АН СССР 1948, 305 с.

132. Соболев С. С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними, т. 2. М., Изд-во АН СССР, 1960 248 с.

133. Соболев С. С. Современное состояние и задачи борьбы с эрозией почв в СССР. – В кн.: Защита почв от эрозии. М., «Колос», 1964 с. 8-38.

134. Соболев С. С., Садовников И. Ф. Борьба с водной и ветровой эрозией почв в СССР. – «Почвоведение», 1956, № 7, с. 18-29.

135. Созыкин Н. Ф. О динамике впитывания воды в почву. – В кн.: Максимальный сток с малых водосборов. М., Трансжелдориздат, 1940.

136. Субботин А. И. Сток талых и дождевых вод. М., Гидрометеиздат, 1966, 376 с.

137. Сурмач Г. П. Изучение водопроницаемости, стока и смыва на каштановых щебнистых почвах правобережья Нижней Волги в целях их мелиорации. – «Труды Почвенного ин-та им. Докучаева», 1955, т. 48, с. 5-141.

138. Сурмач Г. П. Об условиях, определяющих поглощение почвой талых вод. – «Земледелие», 1955, № 1, с. 8-12.

139. Сурмач Г. П. Почвенно-эрозионные исследования на Средне-Русской возвышенности. – В кн.: Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней. М., Изд-во АН СССР, 1956, с. 70-110.

140. Сурмач Г. П. Новое в обработке почвы в сети лесных полос. – «Земледелие», 1958, № 8, с. 12-20.

141. Сурмач Г. П. Ложбинная эрозия и меры борьбы с нею в сети лесных полос. – «Сборник науч.-иссл. работ ВНИАЛМИ», 1960, вып. 28, с. 63-66.

142. Сурмач Г. П. Пути борьбы с эрозией почв в СССР. – В кн.: Итоги работы Ин-та, опытных станций и пунктов (ВНИАЛМИ). Волгоград, 1961, т. 1, вып. 35, с. 45-66.

143. Сурмач Г. П. К методике определения водопроницаемости почвы и ливневого стока. – «Почвоведение», 1962, № 11, с. 93-97.

144. Сурмач Г. П. Борьба с эрозией почвы на основе учета поверхностного стока. – «Вести, с.-х. науки», 1964, № 8, с. 81-90.

145. Сурмач Г. П. О регулировании стока и борьбе с эрозией в защитной зоне водохранилищ на Юго-Востоке. – «Труды ВНИАЛМИ», 1964, вып. 44, с. 58-66.

146. Сурмач Г. П. О влиянии искусственного уплотнения снега на скорость снеготаяния. – «Сборник науч.-исс. работ Клетского опорного пункта», 1964, вып. 47, с. 45-50.

147. Сурмач Г. П. О влиянии микрорельефа поверхности и глубины зяблевой пахоты на сток талых вод. – «Почвоведение», 1965, № 6, с. 103-113.

148. Сурмач Г. П. Методика изучения водорегулирующей и противоэрозионной эффективности лесных полос и агротехнических приемов. Волгоград, 1967, 39 с.

149. Сурмач Г. П. Прогнозирование стока талых вод с черноземных и каштановых почв. – «Вестник с.-х. науки», 1969, № 12, с. 53-56.

150. Сурмач Г. П. Рельефообразование и современные процессы почвенной эрозии в степном Поволжье. – «Труды ВНИАЛМИ», 1970, вып. 1(61), с. 18-138.

151. Сурмач Г. П. О распределении влаги в светло-каштановой почве с неоднородным механическим составом при различной осенней ее обработке. – «Бюлл. ВНИАЛМИ», 1970, вып. 8 (60), с. 14-21.

152. Сурмач Г. П. Водорегулирующая и противоэрозионная роль насаждений. М., «Лесная промышленность», 1971, 109 с.

153. Сурмач Г. П. К вопросу регулирования снеготаяния. – «Сборник работ Поволжской АГЛОС», 1972, вып. 7, с. 179-217.

154. Сурмач Г. П., Коблев Ю. И. Влияние минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур на эродированных каштановых почвах. – В кн.: Химизация с.-х. Волгоградской области. Волгоград, 1965, с. 119-123.

155. Сурмач Г. П., Антипов М. Д., Бреус В. И. Простейшие способы закрепления вершин оврагов. – «Бюлл. ВНИАЛМИ», 1970, вып. 8 (60), с. 49-50.

156. Сурмач Г. П., Духнов В. К. Рекомендации по возврату сильно эродированных склоновых земель в интенсивное сельскохозяйственное пользование. Волгоград, 1972, 20 с.

157. Сус Н. И. Эрозия почв и борьба с ней. М., Сельхозгиз, 1949, 350 с.

158. Сухарев И. П. Влияние обработки почвы на сток талых и ливневых вод. – «Почвоведение», 1955, № 4, с. 48-55.

159. Сухарев И. П., Сухарева Е. М. Пруды центрально-черноземной полосы. Воронеж, 1957, 213 с.

160. Сухарев И. П. Гидрологическая и противоэрозионная роль лесных полос. Воронеж, 1966, 120 с.

161. Торгушников И. Н. Поверхностный сток как экспериментальная проблема. – «Труды ин-та экспер. гидрол и метеорол.», 1935, вып. 2 (44).

162. Трушин В. Ф. Влияние различных видов вспашки на весенний сток. – «Метеорология и гидрология», 1957, № 8, с. 38-40.

163. Указания по проектированию, устройству и эксплуатации водозадерживающих и водоотводящих валов. Киев, «Урожай», 1968.

164. Указания по проектированию противоэрозионных водозадерживающих валов в колхозах, совхозах и других с.-х. предприятий РСФСР. М., «Росгипрозем», 1970, 92 с.

165. Урываев П. А. Влияние зяблевой вспашки на сток талых вод. – «Метеорология и гидрология», 1953, № 7, с. 16-21.

166. Фалесов В. М. Определение коэффициента стока путем искусственного дождевания. – «Метеорология и гидрология», 1939, с. 98-100.

167. Федоров С. Ф. Опыт применения дождевальной установки для изучения инфильтрационной способности почв. – «Труды ГГИ», 1950, вып. 24(78), с. 109-121.

168. Хайруллин Ш. Выровненная зябь в засушливых районах Оренбуржья. Оренбург, 1959, 72 с.

169. Харитонов Г. А. Водорегулирующая и противоэрозионная роль леса в условиях лесостепи. М. – Л., Гослесбумиздат, 1950, 76 с.

170. Харченко С. И. Методика предвычисления весеннего стока в бассейне р. Дона. – «Труды ГГИ», 1962, вып. 82, с. 3-33.

171. Цыганов М. С., Троцкий А. И. Щелевание склонов повышает урожайность трав. – «Земледелие», 1960, № 10, с. 61-65.

172. Цыкин Е. М. Исследование инфильтрационных свойств почв при помощи дождевальной установки. В кн.: Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней. М., Изд-во АН СССР, 1956, с. 111-148.

173. Цыкин Е. М. Опыт исследования водопроницаемости мерзлых почв в Заволжье. – В кн.: Сельскохозяйственная эрозия и новые методы ее изучения. М., Изд-во АН СССР, 1958, с. 162-178.

174. Чеботарев А. И., Харченко С. И. О влиянии зяблевой вспашки на сток. – «Труды ГГИ», 1962, вып. 82, с. 34-49.

175. Чернышев Е. П. Гидрологические особенности смыва почвы на территории центрально-черноземных областей. Автореф. канд. дисс. М., 1970, 33 с.

176. Шалабанов А. А. Пропускает ли воду мерзлая почва? – «Почвоведение», 1903, № 3, с. 269-274.

177. Шамшин А. С. Эрозия почв и меры борьбы с ней в колхозах и совхозах Тульской области. Автореф. канд. дисс. М., 1961, 18 с.

178. Шапошников А. П. Процессы смыва и размыва почвогрунтов в районе правобережья Среднего Днепра. – «Советская агрономия», 1940, № 10, с. 23-30.

179. Шапошников А. П. Эрозия и лесомелиорация в борьбе с ней. Сталинград, 1947, 77 с.

180. Шевченко М. А. Влияние различных приемов обработки почвы на склонах на уменьшение стока талых вод. – «Метеорология и гидрология», 1962, № 2, с. 32-37.

181. Шикула Н. К. Борьба с эрозией и земледелие на склонах. Донецк, «Донбасс», 1968, 112 с.

182. Эвентов Я. С. Геологическое строение, полезные ископаемые и газоносность Сталинградской области. Сталинград, 1948.

183. Янковский П. О задержании снеговых вод земляными валиками, проведенными по горизонталям. – «Жури, опытной агрономии», 1902, кн. 3, с. 348-354.

184. Barnett A. P., Rogers J. S. Soil physical properties to runoff and erosion from artificial rainfall. – Transactions of the ASAE, 1966, vol. 9, N 1, p. 123-128.

185. Duley F. L., Haus O. E. The effect of the degree slope on runoff and soil erosion. – Agr. Res., 1932, vol. 45, N 6.

186. Ellison W. D. Soil erosion studies. Part 2. Soil detachment hazard by faindrop splash. – Agr. Engineering, 1947, May.

187. Haffziger Z. M., Horner G. M. Erosion and runoff controlled by clodings and mulch cover. – Progress in soil and water conservation research a quataly report. U. S. Dep. agr., 1956, N 9.

188. Harley A. D. Breaking plow pan tends to reduce runoff first two years. – Progress in soil and water conservation research a quartaly report. U. S. Dep. agr., 1956, N 9.

189. Loudermilk W. C. Further studies of factors affecting surfacial runoff and erosion. – Proceedings of the International Congress of Forestry Experimental Stations. Stokholm, 1929.

190. Loudermilk W. C. Influence of forest litter of runoff, percolation and erosion. – J. Forestry, 1930, vol. 28, N 4.

191. Woliny E. Untersuchungen fiber das Verhalten der atmospharischen Niederschlage zur Pflanzen und zum Bodenforschungen. Bd 10-20, 1897.

192. Zingg A. W. Degree and length of slope as it affects soil loss. – Agr. Engineering, 1940, vol. 21, N 2, p. 17-25.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	155
Глава I. Водная эрозия почв.....	158
1. Размыв гидрографической сети и крутых склонов.....	163
2. Смыв почвы.....	168
Глава II. Формирование стока талых вод.....	181
1. Подзолистые и серые лесные почвы.....	191
2. Черноземы.....	212
3. Каштановые почвы.....	254
4. Сток и факторы его формирования.....	292
Глава III. Мероприятия по регулированию стока и борьбе с эрозией почв.....	310
1. Агрономические мероприятия.....	310
2. Лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия..	359
3. Вовлечение сильноразмытых склонов земель в интенсивное сельскохозяйственное использование.....	385
Заключение.....	390
Список литературы.....	395

Г. П. Сурмач

**РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЕ,
ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСОСТЕПИ,
СОВРЕМЕННАЯ ЭРОЗИЯ
И ПРОТИВОЭРОЗИОННЫЕ
МЕРОПРИЯТИЯ**

Волгоград 1992

УДК 631.617.0:551.4

С у р м а ч Г. П. Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия. – Волгоград, 1992. – 175 с.

Рассматриваются вопросы распространения и свойства лёссовых пород, гипотезы их происхождения, концепции развития склонов, излагается новая теория циклического развития эрозионно-аккумулятивных процессов при рельефо- и лёссообразовании, формирования литогенной (гидрогеологической) основы ландшафтов и образования лесостепи. Приводятся закономерности и расчётные формулы определения смыва, описывается авторская логико-математическая модель, положенная в основу методики проектирования противоэрозионных мероприятий, обосновываются используемые при проектировании нормативные показатели. Работа рассчитана на специалистов по охране природы, геоморфологии, почвоведению, эрозиоведов, агрономов, землеустроителей, мелиораторов, лесомелиораторов.

S u r m a c h G. P. Relief formation, forest steppe formation, contemporaneous erosion and erosion-preventive arrangements. – Volgograd, 1992. – 175 с.

Are considered the problems of loess species spreading and properties, hypotheses of their provenance, conceptions of slopes development, is written out a new theory of cyclic development of erosion-accumulative processes, relief – and loess formation, formation of hydrogeological basis of landscapes and forest steppe formation.

Are adduced the regularities and the calculative formulas of washing off determination, is given a logico-mathematic model of the author, on the basis of which has been developed the methodics of planning of erosion-preventive arrangements, are grounded the normative indices used when planning.

The work is intended for specialists in nature conservation, geomorphology, soil sciences and soil erosion, agriculturists, soil organizers, ameliorators and forest ameliorators.

ВВЕДЕНИЕ

Земная поверхность с ее разнообразными ландшафтами является ареной жизни и производственной деятельности людей. Человек, интенсивно использующий ресурсы земли, должен глубоко проникать в тайны природы, изучать взаимодействие важнейших её компонентов и процессов их развития для обеспечения охраны и рационального использования богатств природы.

Рельеф земной поверхности вместе с другими элементами ландшафта определяет его тип, условия и направления хозяйственной деятельности.

Материнскими почвообразующими породами, в значительной степени определяющими характер и свойства почв и их плодородие, являются лёссовые породы, покрывающие сплошным или разорванным плащом пониженные равнины и возвышенности и лишь на обширных низменных флювиогляциальных (водно-ледниковых) террасах замещающиеся песчаными и слоистыми песчано-глинистыми отложениями.

Изучением рельефа Земли, факторов и процессов рельефообразования, истории его развития занимается геоморфология. Лёссовые породы и биоклиматические условия их формирования изучают палеогеография и четвертичная геология. Однако рельефо- и лёссообразование – результат проявления древних эрозионно-аккумулятивных процессов, поэтому образуемые ими формы поверхности могут и должны быть объектом изучения эрозионной науки. К тому же в этой проблеме ещё много спорного и нерешенного. Достаточно напомнить о так называемой "лёссовой проблеме", которая в течение целого столетия не получила положительного решения. С другой стороны, существующие концепции и схемы развития склонов оказались не в состоянии объяснить появление лёссов на водоразделах и плато и образование разных форм склонов с лёссовым покровом.

Существует также кажущаяся самостоятельной, между тем имеющая самое непосредственное отношение к сельскохозяйственному производству проблема, а именно: каковы причины формирования и существования лесостепи – мозаичного распределения (в неда-

леком прошлым) лесов и степей и соответственно серых лесных и черноземных почв в средней полосе страны.

В первой части монографии даются ответы на эти нерешённые вопросы. Синтез взаимодействующих факторов и процессов четвертичного времени, воссоздание картины формирования рельефа и становления литогенной (гидрогеологической) основы природных ландшафтов дают ключ к лучшему пониманию (и прогнозу) дальнейшего развития антропогенных ландшафтов и к научному обоснованию мер по охране природы, включая меры по защите почв от эрозии.

Вторая часть настоящей работы посвящена современным процессам эрозии, ущерб от которой сельскому, водному, дорожному хозяйству и другим отраслям ежегодно составляет примерно 10 млрд. руб., и описанию мер противоэрозионной защиты.

Обоснование и проектирование комплексов противоэрозионных мероприятий является важнейшей задачей эрозионной науки. Как известно, эти комплексы включают организационно-хозяйственные, агротехнические, луго- и лесомелиоративные, гидротехнические мероприятия и приёмы. Однако ввиду отсутствия отработанного, достаточно надежного метода определения смыва со склонов противоэрозионные мероприятия до настоящего времени проектируются без расчётов (за исключением гидротехнических сооружений), лишь с учётом эмпирических данных и рекомендаций.

В настоящей работе анализируются расчетные методы определения смыва почв и описывается логико-графическая модель (формулы) Всесоюзного научно-исследовательского института земледелия и защиты почв от эрозии (ВНИИЗиЗПЭ), положенная в основу методики проектирования противоэрозионных мероприятий на расчетной основе обосновываются различные нормативные показатели, необходимые для проектирования противоэрозионных комплексов.

Как известно, в фермерских хозяйствах США проектирование противоэрозионных мероприятий (преимущественно против дождевой эрозии) осуществляется с применением расчётов по эмпирическому уравнению В. Х. Уишмейера и Д. Д. Смита [126], которое разработано с учетом многолетних экспериментальных данных эрозионных станций этой страны. При этом в основу положен метод определения эрозионности дождевых осадков. В нашей стране разрушительная эрозия вызывается стоком как ливневых, так и талых вод, и более подходящей для этих условий является математическая модель эро-

зии, предусматривающая использование в расчетах величин поверхностного стока. Поэтому нами разработаны уравнения для расчёта смыва при стоке талых и ливневых вод. При разработке методики и определении нормативных показателей были систематизированы и обобщены экспериментальные материалы (данные стоковых площадок и др.), характеризующие гидрологическую, противоэрозионную и агрономическую эффективность различных приемов. В этой работе под руководством автора принимали участие научные сотрудники ВНИИЗиЗПЭ кандидаты наук А. Т. Барабанов, В. С. Буруменский, А. И. Крупчатников и др.

Рукопись монографии была полностью закончена автором незадолго до смерти, последовавшей в 1986 г. Ограниченные возможности издательства обусловили необходимость сокращения ее объема и неизбежного при этом редактирования, которые были выполнены членом-корреспондентом ВАСХНИЛ, доктором биологических наук М. И. Долгилевичем и кандидатами сельскохозяйственных наук А. Т. Барабановым и Е. А. Гаршинёвым.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСОСТЕПИ

ГЛАВА I РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЕ И ГЕНЕЗИС ЛЁССОВ

1.1. Четвертичные отложения. Их распространение и строение

Четвертичный (антропогеновый) период геологической истории Земли, продолжительность которого определяется 1,5-2 млн лет, характеризовался общим похолоданием, периодическим образованием ледниковых покровов в обширных областях северного полушария и чередованием ледниковых и межледниковых эпох (табл. 1). Это было время формирования рельефа равнинных территорий, особенно бурно протекавшего на завершающих этапах оледенений при таянии материкового льда и за счет делювиальных процессов в холодные и сухие периоды межледниковий.

Ввиду сильной изреженности растительности происходило интенсивное эрозионное разрушение возвышенных территорий и формирование рыхлых лёссовых пород – лёссов, лёссовидных супесей, суглинков и глин.

На Русской равнине в пределах возвышенностей, пониженных равнин и краевых частей низменностей лёссовые породы получили широкое развитие.

Они распространены также в Западной Европе, на Азиатском континенте в Северной и Южной Америке, в Новой Зеландии. Они покрывают сплошным или разорванным (на возвышенностях) плащом различной мощности водоразделы (плато) и склоны, а также террасы речных долин, за исключением верхней песчаной (или боровой) и пойменной. Поэтому их называют также покровными.

Находясь на поверхности, эти породы образуют внешние контуры рельефа. Они являются на больших пространствах почвообразующими и подстилающими породами, на них сформировались зональные почвы разных типов.

Таблица 1

Природно-климатические этапы в ледниковой и приморской областях Восточно-Европейского сектора [72]

Геохронология		Ледниковая область			Приморская область		
		Оледенения и межледниковья			Черноморский бассейн	Каспийский бассейн	
Четвертичный (антропогенный) период	Плейстоцен	поздний	Валдайская ледниковая эпоха	Поздний валдай	Оледенение позднего валдая	Новоэвксинский полупресноводный бассейн (-90...-100 м)	Позднехвальнская трансгрессия (±0 м)
				Средний валдай	Брянский интерстадиал	Сурожская трансгрессия, полуморской бассейн	Енотаевская регрессия (-40...-50 м)
				Ранний валдай	Перигляциальные условия	Предсурожский (Пицундский) бассейн (-60 м)	Раннехвальнская трансгрессия (+50 м)
	средний	Микулинское межледниковье			Карангагская трансгрессия, морской бассейн (+6...-8 м)	Регрессия (-50 м) Позднехазарский бассейн (-10...-15 м)	
		Днепровская ледниковая эпоха	Московская стадия	Одинцовский интерстадиал	Предкарангат, солончатоводный бассейн. Регрессия	Регрессия Косоожский бассейн	
			Днепровская стадия			Узунларская трансгрессия, полуморской бассейн	Регрессия
		Роменское межледниковье			Древний эвксин-П. Регрессия	Сингальский бассейн	
		Холодная эпоха				Палеоузунларский полеморской бассейн	Регрессия
		Лихвинская межледниковая эпоха	Верхний оптимум	Похолодание		Древнеэвксинская-1 трансгрессия	Регрессия
	Нижний оптимум						
	Окская ледниковая эпоха			Чауда	Поздечаудинская трансгрессия	Позднебакнинский бассейн	
	Предокское время с несколькими теплыми и холодными эпохами	Потепление (межледниковье?). Новохоперское похолодание? Корчевское межледниковье? Мичуринское (иловайское) оледенение?			Регрессия	Раннебакинский бассейн	
Раннечаудинская трансгрессия					Тюркянский регрессивный бассейн		
Эоплейстоцен	ранний			Регрессия	Позднеапшеронский солончатоводный бассейн		
				Верхний гурий (цвермагалий)		Регрессия, раннеапшеронский полупресноводный бассейн	
				Средний гурий (натанебий)			
				Нижний гурий (гурнангий)	Апшерон		

Мощность, строение и гранулометрический состав четвертичных отложений значительно варьируют главным образом в зависимости от местоположения.

На относительно пониженных равнинах и низменностях, примыкающих к возвышенностям и представляющих собой области древней аккумуляции мелкозема (Сыртовое Заволжье, Тамбовская равнина, левобережное Приднепровье, юг Русской равнины и др.), толща четвертичных отложений, согласно исследованиям [4, 7, 11, 20-22, 32, 36, 44, 53, 66, 67, 69, 80, 81, 93, 106, 107, 117], имеет преимущественно следующее строение (снизу вверх):

1) песчаные и песчано-галечниковые отложения, имеющие наибольшее распространение и мощность вблизи речных долин и в самих долинах (на склонах выклиниваются). Толща песчаных отложений в западной придолинной части и других частях Сыртовой обл. Заволжья известна под названием подсыртовых песков;

2) плотные красно-бурые и бурые (иногда сизо-бурые) глины и суглинки, выходящие на коренные склоны и выклинивающиеся на них, а в ряде случаев слагающие и водоразделы. Обычно содержат крупные камневидные известковые конкреции и иногда гипс;

3) неоднородные, преимущественно косослоистые песчано-глинистые образования, имеющие линзовидное залегание (распространены преимущественно вблизи долин и балок);

4) светло-бурые и желто-бурые суглинки или глины (лѣссы).

В районах распространения днепровского и донского языков днепровского оледенения на красно-бурых глинах и суглинках и других красноцветных породах залегает морена, а на ней – песчано-глинистые отложения и затем типичные лѣссы. В указанных областях лѣссы имеют большую мощность и относительно однородный литологический состав и строение, допускающий, однако, выделение отдельных горизонтов, а также погребенных почв.

Мощность лѣссовой толщи в зависимости от условий залегания сильно варьирует. Так, мощность напластований желто-бурых стартовых глин Заволжья (лѣссы) достигает 30-50 м, а всей глинистой толщи, включая красно-бурую, 40-70 м. В направлении к Общему Сырту оно уменьшается.

Строение и условия залегания сыртовых отложений в некоторых пунктах Заволжья и в северо-западной части Волгоградской обл. показаны на рис. 1-5. Как видно из рис. 4, толща красно-бурой глины выходит на дневную поверхность в отдельных пунктах водоразделов.

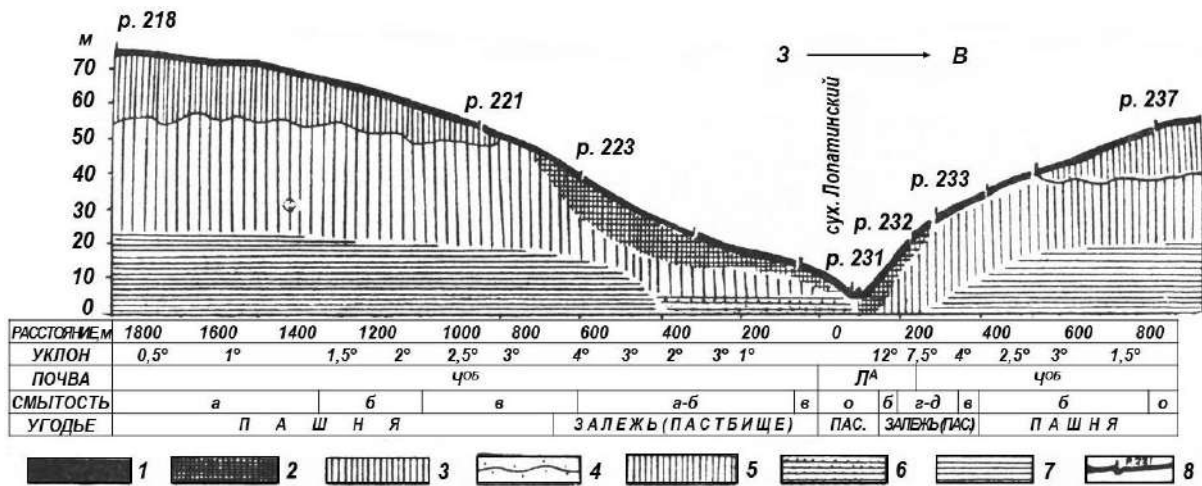


Рис 1. Профиль склона к суходолу Лопатинскому в среднем течении (открывается в долину р. Самарки, слева):

генетические типы почв: Ч^{об} – чернозем обыкновенный; Л^а – дерновая луговая; 1а – несмытая почва, 1б – слабосмытая; 1в – среднесмытая; 1д – весьма сильно смытая; 2 – водный дериват сыртовых глин; 3 – желто-бурая глина; 4 – размытая граница между желто-бурой и красно-бурой глинами, местами песчаные линзы; 5 – красно-бурая глина; 6 – слоистые и песчано-хрящеватые отложения; 7 – акчагыльская глина; 8 – почвенный разрез

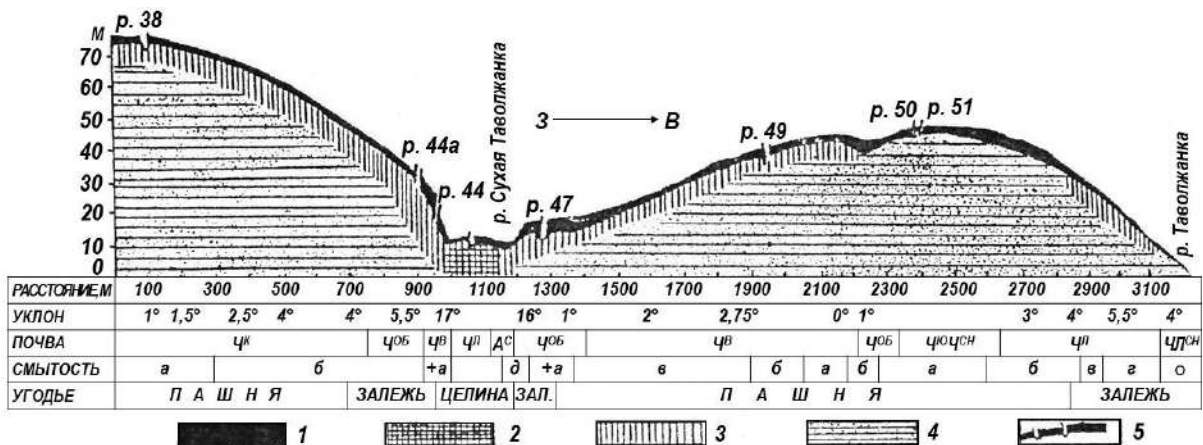


Рис. 2. Профиль склона к долинам рр. Таволжанок в среднем течении (левый приток р. Самарки):

генетические типы и подтипы почв: Ч^в – чернозем выщелоченный; Ч^{об} – чернозем обыкновенный; Ч^к – чернозем карбонатный; Ч^л Ч^л – чернозем южный в комплексе с черноземом солонцеватым; Ч^л – лугово-черноземная; Ч^л – лугово-черноземная солонцеватая; А^с – аллювий слоистый; 1а – почва несмытая; 1б – слабосмытая; 1в – среднесмытая; 1г – сильно смытая; 1д – весьма сильно смытая; 1+а – намываемая почва; 2 – песчано-глинистый аллювий; 3 – желто-бурая глина; 4 – коренные породы; 5 – почвенный разрез

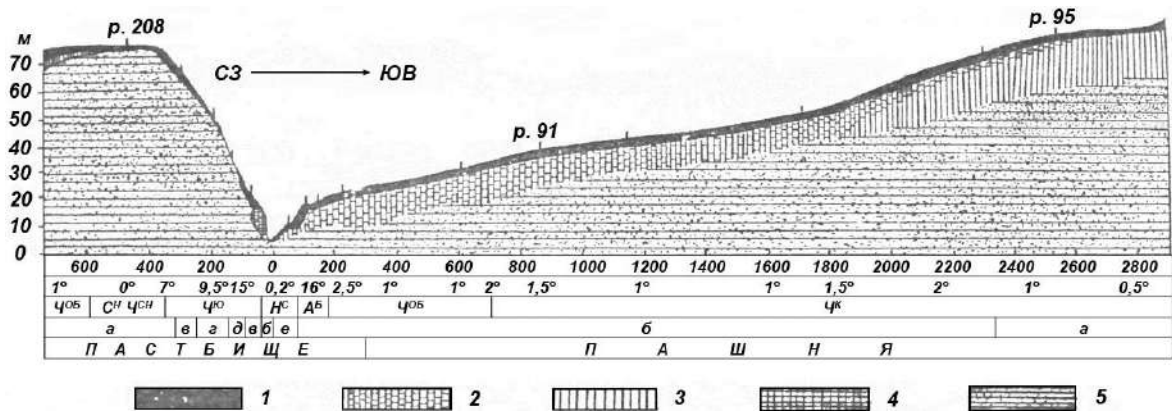


Рис. 3. Профиль склонов к р. Сухой Таволжанке в верхнем течении: генетические типы и подтипы почв: Ч^{ОБ} – чернозем обыкновенный; Ч^К – чернозем карбонатный; Ч^Ю – чернозем южный; С^НЧ^{СН} – солонцы, чернозем малогумусный солонцеватый; А^Б – балочный аллювий; Н^С – наносы слоистые. Почва: а – несмытая; б – слабосмытая; в – среднесмытая; г – сильносмытая; д – весьма сильносмытая; е – обнажения. 1 – почва; 2 – лёсс валдайского времени (переотложенная желто-бурая сырцовая глина), ниже – желто-бурая глина (лёсс); 3 – делювиальный опесчаненный суглинок; 4 – песчано-глинистые (с галькой) отложения; 5 – коренные породы

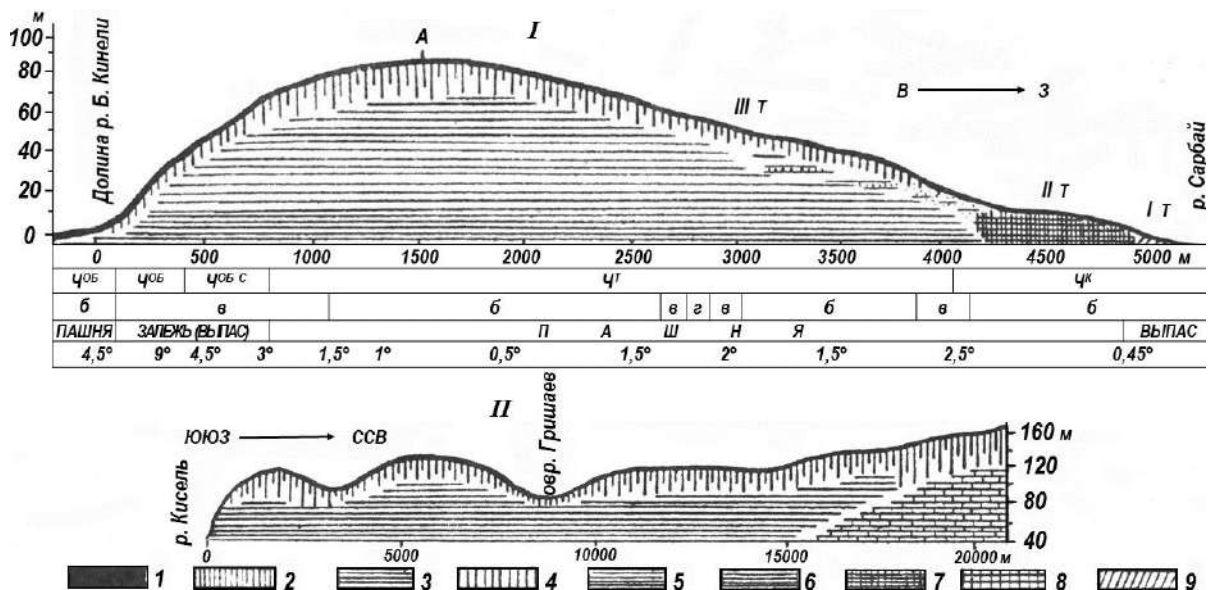


Рис. 4. Поперечный (I) и продольный (II) профили Кинель-Сарбайского водораздела (Куйбышевская обл.): 1 – почва; 2 – желто-бурая глина; 3 – коричнево-бурый промежуточный песок; 4 – красно-бурая глина; 5 – акчагыльская глина; 6 – коренная порода (пермь); 7 – бурые супеси и суглинки второй террасы; 8 – песчаные отложения второй террасы; 9 – розовато-бурые суглинки и глины первой террасы; А – точка сопряжения поперечного и продольного профилей; б – слабосмытая, в – среднесмытая, г – сильносмытая почва

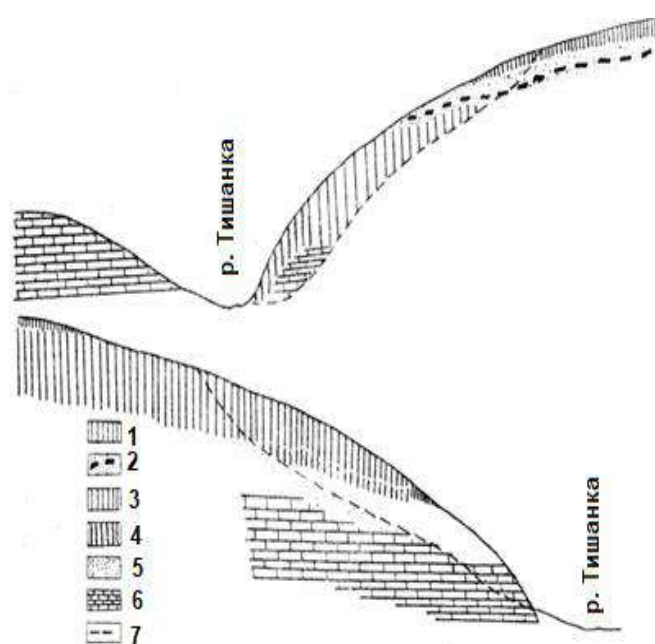


Рис. 5. Схематические поперечные разрезy склонов к долине р. Тишанки в совхозе "Верхнереченский" в Волгоградской обл. (1 – желто-бурая глина; 2 – промежуточный коричнево-бурый песок и супесь с катышками красно-бурой глины и мела; 3 – красно-бурая глина; 4 – сизовато-бурая песчано-глинистая порода; 5 – белый мелкозернистый песок; 6 – коренные породы (мел); 7 – профиль днища оврага

Сопоставляя рис. 1 и 4 с рис. 5, можно заключить, что строение четвертичных отложений северо-западной части Волгоградской обл. имеет много общего с их строением в Сыртовом Заволжье.

На юге Русской равнины нижний отдел четвертичной системы представлен красно-бурыми глинами. В пределах Украины эти отложения известны под названием скифских глин (скифский ярус [II]). В районах распространения днепровского ледникового языка лёссовые породы среднего отдела, залегающие выше красно-бурых глин и суглинков, расчленяются водно-ледниковыми (в частности, озерными) песчано-глинистыми отложениями и мореной на две толщи – подморенную с большим количеством известковых конкреций и надморенную, представляющую собой типичный лёсс.

Лёссовая толща междуречных водоразделов и плато УССР состоит из трех-четырех, иногда шести горизонтов, разделенных ископаемыми почвами. Ее мощность достигает 25-30, иногда 48 м и больше. Наибольшая мощность лёссового покрова наблюдается на широких междуречных пространствах Причерноморской низменности. Пойменные и древнейшие песчаные (боровые) террасы речных долин совершенно лишены лёссов. На средних террасах в бассейне Днепра мощность лёссов небольшая: на более молодых она колеблется в пределах 1,5-2,5 м, на более древних увеличивается до 4-5, местами до 6-8 м.

На возвышенных равнинах в районах интенсивного эрозионного разрушения и преимущественного сноса (Средне-Русская, Приволжская, Приднепровская и другие возвышенности, Донецкий кряж,

Общий Сырт и др.) мощность лёссового покрова значительно меньше; в наиболее высоких водораздельных пунктах местами к дневной поверхности выходят твердые коренные породы или находятся элювиально-делювиальные, в ряде случаев щебенистые образования.

Но и на возвышенностях большие площади занимают лёссовые породы. Однако в их составе, как правило, отсутствуют отложения нижнего отдела четвертичной системы – красно-бурые глины, местами же они представлены в сильно редуцированном, фрагментарном виде.

Согласно нашим данным, в Орловской обл. (район Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А. С. Козменко) на водоразделах и пологих склонах с абсолютными высотами около 230-250 м лёссовая толща обычно состоит из двух или трех ярусов (или горизонтов): а) верхний горизонт (валдайский лёсс) – обычно бурый, иногда с коричневым оттенком тяжелый суглинок, залегающий на склонах и в седловинах. Его мощность достигает 8-9 м. В ряде случаев он может быть выделен лишь по условиям залегания; б) средний горизонт (предположительно московского времени) – светло-бурый, пылеватый карбонатный суглинок, типичный лёсс. Его мощность варьирует в пределах от 1,5 до 4,0-4,5 м; в) нижний горизонт (предположительно днепровский) представляет собой бурую с оранжевым оттенком слабо опесчаненную бескарбонатную глину или тяжелый суглинок мощностью от 1 до 6-8-м и больше; г) под собственно лёссовой серией залегают переслаивающиеся песчано-глинистые отложения (рис. 6) с преобладанием желто-оранжевых цветов, имеющие мощность до 2-3 м (окский горизонт, относящийся к нижнему отделу четвертичной системы).

На левобережном склоне р. Зуши под песчано-глинистой серией пород вскрыты слоистые пески и супеси красно-оранжевого цвета, которые можно рассматривать как прирусловые или русловые отложения древней реки. Их окраска связана с широким распространением в этой местности красноцветных коренных пород юрского возраста, подвергшихся эрозионному разрушению и переотложению.

В районе г. Курска (северная окраина) в приводораздельной зоне общая мощность лёссовой толщи, по нашим данным, колеблется от 4 до 7-8 м. Верхний горизонт мощностью около 1,8-2,5 м (валдайский лёсс) имеет более тяжелый механический состав по сравнению с нижележащей частью. В нем содержится физической глины 45-55%, в нижележащей части до 5 м 20-30% и еще глубже 45-46%. В пределах Курской обл. А. И. Скоморохов [97] выделил горизонты: а) окский (раннечетвертичное время), сложенный разнообразными по механическому составу.

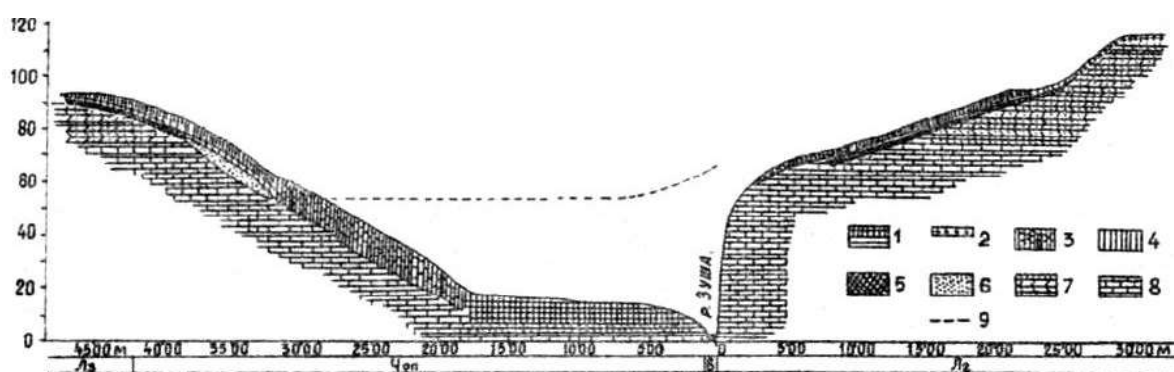


Рис. 6. Профиль склонов к долине р. Зуши в районе Новосильской АГЛОС Орловской обл. (При построении профиля использованы также материалы бурения скважин Е. А. Гаршинёва):

генетические типы и подтипы почв: L_2 – серая лесная суглинистая; L_3 – темно-серая лесная тяжелосуглинистая; $Ч_{оп}$ – чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый; в – вода. Породы: 1 – лёссы 1 надпойменной террасы, подстилающиеся песчано-глинистыми отложениями; 2 – элювий-делювий коренных пород; 3 – первый ярус лёсса (светло-бурый средний и тяжелый суглинок), сверху – переложенный валдайский лёсс; 4 – второй ярус лёсса (бурая с оранжевым оттенком опесчаненная глина или тяжелый суглинок); 5 – переслаивающиеся песчано-глинистые отложения (преобладают желто-оранжевые цвета); 6 – слоистые пески и супеси красно-оранжевого цвета; 7 – юрские отложения, в верхней части – рухляк песчаника, ниже – глинистые пески красного цвета; 8 – известняки среднего девона; 9 – предполагаемое днище древней долины

и цвету суглинистыми и песчано-супесчаными отложениями, приуроченными к водоразделам балок и имеющими небольшое распространение; б) днепровский, представленный оранжево-бурыми суглинками мощностью 2-4, иногда 6-8 м, получившими развитие в пологих понижениях древнего рельефа и седловинах; в) московский, представленный палево-желтым известковистым суглинком (типичный лёсс) и залегающий на водоразделах и пологих склонах; г) валдайский – бурый с коричневым оттенком тяжелый суглинок

На междуречьях Приднепровской возвышенности с абс. высотами 300-350 м мощность лёссов около 3-4 м, на склонах она увеличивается. На более высоких водоразделах лёссы местами отсутствуют. В лёссах водоразделов нет погребённых почв.

Гранулометрический состав лёссов довольно сильно изменяется в пространстве и в вертикальном разрезе. Многими исследователями отмечается тенденция к увеличению их глинистости по мере продвижения на юг (к Причерноморской низменности) и восток. Однако в средней

полосе эта тенденция не получила четкого выражения, о чем свидетельствуют данные С. С. Морозова [76]. Они показывают, что глинистость водораздельных лёссов в южном направлении несколько уменьшается от мстиславльского лёсса Белоруссии к трубчевскому (Брянская обл.) и прилукскому (Полтавская обл.); в восточном – изменения еще менее значительные. Лишь в пензенской покровной глине и сыртовых глинах Заволжья (наши данные) глинистость увеличивается, в лёссах Приволжской возвышенности она опять уменьшается.

Основную долю минеральной массы лёссов составляет кремнекислота SiO_2 , составляющая в упомянутых лёссах средней полосы около 68,5-75,3%. Остальное приходится (в убывающем порядке) на окислы алюминия (глинозем), железа, кальция, марганца.

Минералогический состав лёссов включает терригенные (обломочные) минералы, группу глинистых и много вторичных минералов. В песчаных и крупнопылеватых фракциях лёссовых пород ($> 0,01$ мм) содержится более 70 минералов, в составе тонких фракций ($< 0,01$ мм) их насчитывается более 20 [35]. В песчаных фракциях лёссов содержатся кварц в переменных количествах (до 90-95% веса фракций), полевые шпаты, карбонаты, амфиболы, слюды, гидроокислы железа и др. Отмечается относительно одинаковый состав терригенных минералов вниз по разрезу лёссовой толщи. М. Г. Дядченко пришла к важному выводу о существовании прямой и непосредственной связи минералогического состава лёссовых пород с местными породами Украинского кристаллического щита, а также областей Причерноморья, Приазовья и др. Ею также сделан вывод о том, что определенные ассоциации минералов характерны только для данного района, так как находятся в прямой генетической связи с коренными породами, являющимися основными источниками питания при образовании лёссовых пород. Указанные связи отмечались также другими учеными.

Ряд исследователей отмечают присутствие в субстрате лёссовых пород хорошо- и среднеокатанных, слабоокатанных и неокатанных зерен (кварц и другие минералы), а также агрегатов.

Характерным свойством лёссов и лёссовых пород является просадочность, способность уплотняться при увлажнении под влиянием собственного веса или нагрузки сооружений. Просадочность связана с большой их пористостью, содержанием в них карбонатов, гипса и легкорастворимых солей, при растворении которых теряется устойчивость стенок пор. С увеличением глинистости лёссов их просадоч-

ность уменьшается. География осадочных пород и их свойства имеют существенное значение в развитии эрозионных процессов.

1.2. Геоморфологические концепции развития рельефа (склонов) и их оценка

Эрозионное разрушение возвышенных территорий, формирующее склоны (рельефообразование), и образование рыхлых лёссовых пород – это единый эрозионно-аккумулятивный процесс, протекающий в изменяющихся биоклиматических и гидрологических условиях. Однако исторически сложилось так, что научные представления по рассматриваемым взаимосвязанным проблемам развивались обособленно: "лёссовая проблема" решается уже более ста лет сама по себе, а ученые, занимающиеся проблемой развития склонов, также решают ее изолированно, без генетической увязки с образованием лёссовых пород.

Известны концепции развития склонов зарубежных ученых – В. М. Дэвиса, В. Пенка, Дж. Литтла, Л. Кинга и др., в нашей стране – А. С. Козменко, С. С. Соболева и других исследователей. На рис. 7 представлены схемы развития склонов в соответствии с некоторыми концепциями.

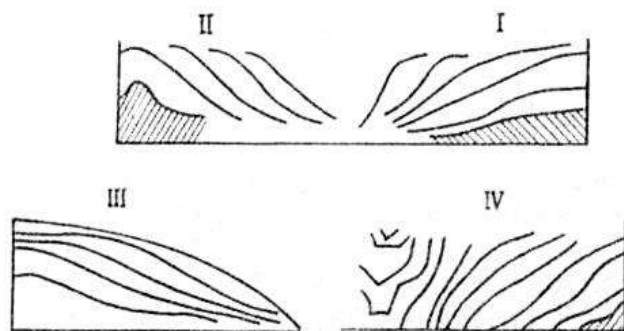


Рис. 7. Общие схемы развития склонов по Дэвису (I), В. Пенку (II), Литтлу (III) и С. С. Соболеву (IV). Рисунки приведены из работы С. С. Соболева (1948)

Концепция В. М. Дэвиса [34]. В. М. Дэвис дал теоретическое обобщение знаний о рельефе. Впервые сформулировал учение о циклах развития рельефа, проходящего краткую "юность", "зрелость" и "долгую старость". Эволюция склонов рассматривается как противоборство эндогенных и экзогенных сил, при этом вертикальные движения он считал основным типом тектонических движений. "Цикл совершается в течение многих десятков миллионов лет, и некогда возвышенная страна превращается в пониженную слаборасчлененную равнину – пенеплен". В ходе денудации и развития склонов

субстрат смещается (сползает) во всех точках и поверхность снижается по всему склону сверху.

Следует отметить, что в самом процессе выравнивания рельефа отсутствует важное звено – аккумуляция, рыхлый субстрат образуется на склонах лишь в процессе выветривания и медленного сползания обломочного материала с дальнейшим его измельчением. При этом механизм формирования склонов и образования лёссовых пород не раскрывается.

Концепция В. Пенка [86]. Согласно этой концепции, рельеф развивается циклически под действием эндогенных и экзогенных процессов, причем вторые подчинены первым. В. Пенк различает равномерное, нисходящее и восходящее развитие рельефа. При равномерном развитии сохраняется постоянное соотношение между интенсивностью сноса склонов и интенсивностью врезания реки; при этом образуются склоны с прямой формой профиля. В ходе нисходящего развития, обусловленного уменьшением интенсивности врезания, формируются склоны с вогнутой формой профиля, а при восходящем развитии с увеличивающейся интенсивностью врезания – выпуклые склоны. Однако такое представление не согласуется с фактами повсеместного распространения в условиях равнин склонов различной формы на сравнительно небольших участках территории.

Схема развития склона путем его отступления параллельно самому себе (см. рис. 7) более правильно отражает этот процесс. Наиболее интенсивный срез происходит в самой крутой части склона. В. Пенк связывает с эрозионной деятельностью воды лишь процессы врезания. Что касается склоновых процессов, то здесь он, как и В. М. Дэвис, главную роль отводит сползанию разрыхлившегося в ходе выветривания субстрата.

Концепция С. С. Соболева [98]. Склон в ходе срезания и отступления изменяет свою форму: первоначально крутой откос балки переходит последовательно в выпуклый, затем в прямой и вогнутый склон (см. рис. 7), причем все эти переходы совершаются в результате эрозионного среза, без участия делювиальной аккумуляции. У подножья склона формируется делювиальный шлейф, но его роль в дальнейшем формировании рельефа не раскрыта. В схеме С. С. Соболева незаконномерен переход выпуклого склона в прямой и затем прямого в вогнутый, на что обратил внимание Д. Л. Арманд [10].

Концепция Л. Кинга [49]. Выравнивание, согласно Л. Кингу, происходит путем педиפלенизации, т.е. подрезания междуре-

чий сбоку и параллельного отступления склонов, как это впервые было отмечено В. Пенком. "Нормальные склоны" состоят из четырех основных элементов: вершины, уступа, обмолочного склона, педимента. Они формируются благодаря деятельности текучей воды и гравитационному движению масс (крип), при этом наиболее характерна и эродируемая часть – крутой уступ – образуется в срединной части склона. Широко распространенные склоны выпукло-вогнутой формы (без уступа) Л. Кинг называет "вырождающимися", нетипичными.

Очевидно, что схема образования "нормальных склонов", предложенная Л. Кингом (первоначально Вудом), не согласуется с гидравлическим законом смыва.

Крупнейшим общим недостатком рассматриваемых геоморфологических концепций является не учет или недостаточный учет ими другой очень важной стороны эрозионного процесса – делювиальной аккумуляции, играющей важнейшую роль в формировании рельефа. Согласно этим концепциям, контур поверхности склона образуется в процессе среза коренной породы (что лишь отчасти справедливо для горных стран), в то время как в действительности в условиях равнин поверхность склонов, как правило, представляет собой лёссовую породу. На отсутствие связи между денудацией (эрозией) и делювиальной аккумуляцией в рассматриваемых концепциях указывает и то, что их авторы В. К. Дэвис, Дж. Литтл, В. Пенк, Л. Кинг являются сторонниками эоловой, а С. С. Соболев – флювиогляциальной гипотез происхождения лёссов.

Другим важным недостатком концепций формирования склонов является отсутствие связи отображаемых ими процессов денудации (и эрозии) с установленными наукой изменениями биоклиматических условий четвертичного периода.

Далее единственным стимулом развития склонов по указанным схемам являются эпейрогенические колебания земной коры. При этом не учитывается влияние изменений гидрологических условий и колебаний базисов эрозии, обусловленных изменениями климата (морские трансгрессии и регрессии), а также изменяющейся почвозащитной ролью растительности в разные эпохи.

К о н ц е п ц и я А. С. К о з м е н к о [50, 53-55]. А. С. Козменко выдвинул новую концепцию развития рельефа. Он обосновал идею "трех циклов послетретичной эрозии", обусловленных резкими изменениями климата, наличием ледниковых и межледниковых эпох. Эрозионный цикл проходил в основном три стадии:

стадию размыва – углубления и расширения первичных протоков (под влиянием больших масс воды), отложения грубого материала на путях стока (галечники, пески);

стадию бокового смыва, мелкоструйчатого размыва откосов, удаления коренной или более древней покровной породы и образования коренного склона. Вторая стадия протекала одновременно с первой и после ее завершения;

стадию намыва частиц коренной или переотложения древней покровной породы и формирования покровной породы данного цикла эрозии (лёссы, лёссовидные суглинки). Эти стадии проходили в условиях почти полного отсутствия растительности.

Согласно представлениям А. С. Козменко, первый цикл эрозии был "самым величественным эрозионным процессом четвертичного периода. Ему обязано все главнейшее расчленение Русской равнины и создание основных контуров гидрографической сети и прилегающих к ней склонов" [53]. Второй цикл проходил с меньшей интенсивностью, он совершался "уже в пределах сформированных в период первого цикла путей стока" (там же). Третий цикл был значительно слабее первых двух; в нем наибольшего развития достигла лишь первая стадия, а вторая и третья почти совершенно отсутствовали.

А. С. Козменко справедливо считал, что речные долины сформировались под воздействием больших вод тающих ледников и снежных скоплений. Однако он не принимал во внимание наличие аллювиальных террас, считая их элементом прилегающих склонов, что не соответствует действительности.

Оценивая в целом положительно концепцию А. С. Козменко, следует отметить слабую разработанность некоторых важных ее сторон. Основным недостатком концепции является неправильная трактовка механизма смыва-аккумуляций, разрыв во времени и пространстве этих двух сторон единого эрозионно-аккумулятивного процесса. Ученый полагал, что во второй стадии цикла происходит эрозионный срез коренной (или древнейшей покровной) породы и образование поверхности коренного склона, после чего лишь в третьей стадии эта поверхность покрывается лёссовой породой. При этом остается неясно, откуда поступает мелкозем. Указанная трактовка не позволила ученому дать правильное объяснение образованию склонов различной формы. Далее, приурочив образование основных форм рельефа к первому и частично ко второму циклам эрозии, А. С. Козменко встал

перед новой проблемой – почему новый скандинавский ледник (валдайский, эпоха третьего цикла эрозии) не изменил контуров гидрографической сети. Это побудило ученого пересмотреть свои прежние взгляды на условия прохождения эрозионных циклов. В последующих своих работах [54, 55] А. С. Козменко проводит мысль, что формирование рельефа "могло начаться после полного отступления скандинавских ледников" под влиянием сплошного снежно-ледникового (первый цикл) или снежного (второй и третий циклы) покровов и их таяния. Однако, как известно, в голоцене сплошные снежно-ледниковые или снежные покровы не формировались. А. С. Козменко отмечает также, что процесс отложения лёссовых пород "пока еще не вполне разгадан". Предпочтение отдается им солифлюкции.

Сделанный обзор основных геоморфологических концепций показывает, что ни одна из них не в состоянии дать удовлетворительное объяснение генезису рельефа и происхождению лёссовых пород водоразделов и плато.

1.3. Эрозионно-аккумулятивные циклы, общие условия их прохождения. Динамика склоноформирующих процессов

Эрозионно-аккумулятивный процесс имеет две стороны, находящиеся в диалектическом единстве, – эрозию (снос) и аккумуляцию, отложение мелкозема (лёссовых пород). Однако само по себе установление единства и неразрывности, сопряженности эрозии и делювиальной аккумуляции недостаточно для объяснения развития склонов и происхождения лёссов на водоразделах и плато. Лишь выявление закономерности циклического развития эрозионно-аккумулятивных процессов позволяет сделать это. Цикличность этих процессов определяется сильными изменениями биоклиматических и эрозионно-гидрологических условий в связи с чередованием ледниковых и межледниковых эпох (см. табл. 1).

Согласно выводам М. П. Гричук и В. П. Гричука [25, 26], каждая ледниковая эпоха может быть подразделена на две климатические стадии: криогидротическую, приуроченную к первой половине эпохи и характеризующуюся холодным и влажным климатом, и криоксеротическую, относящуюся ко второй половине ледниковой эпохи с холодным и сухим климатом. Межледниковые эпохи также подразделяются на две стадии: термоксеротическую (теплую и сухую), при-

уроченную к первой половине межледниковья, и термогидротическую (теплую и влажную), относящуюся ко второй его половине. В соответствии с этим формировались гляциальные мезофитные и ксерофитные и межледниковые термофильные флоры. По их данным, основанным на изучении ископаемой пыльцы, в ледниковые эпохи в более северных приледниковых районах (перигляциальная зона) господствовали растительные формации, представлявшие собой преимущественно березово-сосновое редколесье с участием степного и тундрового элементов, а южнее – растительность степного облика с участием бореального и пустынного элементов (эфедра, полыни, лебедовые). В эпоху лихвинского межледниковья во время климатического оптимума господствовали темнохвойные леса с участием широколиственных пород и хвойно-широколиственные с участием пихты и граба. В последующие более поздние и холодные межледниковые эпохи лесные ассоциации были представлены березовым редколесьем, березовыми лесами с участием хвойных и широколиственных пород, хвойно-широколиственными лесами, а степные – ксерофильной растительностью. В микулинскую (московско-валдайскую) межледниковую эпоху климатические условия характеризовались даже большей океаничностью, чем современные [26].

Данные пыльцевых анализов относятся преимущественно к торфяникам и озерно-лагунным отложениям. В лёссах водоразделов и склонов растительная пыльца в ряде случаев не обнаружена.

Нами на основе теории А. С. Козменко, с учетом других концепций и закономерностей проявления современных эрозионных процессов, собственных фактических материалов, касающихся строения в различных условиях толщи четвертичных отложений, установлена закономерность циклического развития эрозионно-аккумулятивных процессов, разработана новая схема рельефо- и лёссовобразования в условиях равнин. Она позволяет объяснить механизм формирования лёссовых напластований на водоразделах, плато и склонах, строение и форму склонов, а также становление литогенной (гидрогеологической) основы равнинных ландшафтов.

Логико-графическая модель формирования склонов и покровных лёссовых пород в ходе циклического развития рельефа представлена на рис. 8. Модель отображает то, что рельефо- и лёссовобразование – это единый эрозионно-аккумулятивный процесс, развивающийся во времени и изменяющихся биоклиматических и гидрологических

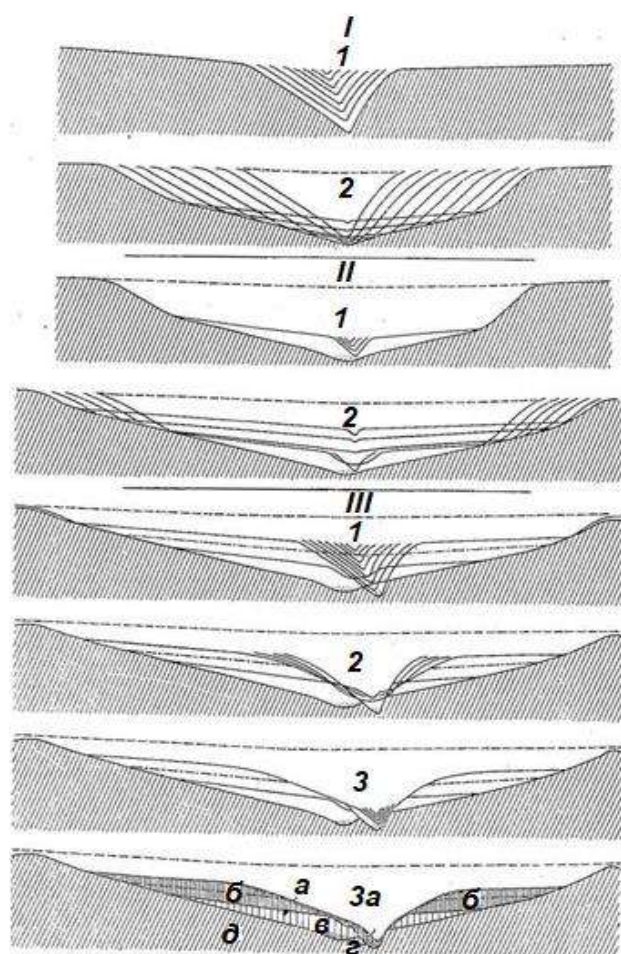


Рис. 8. Схема формирования склонов и покровных отложений (по Г. П. Сурмачу):

I – нижне-четвертичный цикл эрозии: I-1 – стадия углубления русла в коренной или древнейшей покровной породе и подмыва инсолируемого берега; I-2 – стадия сглаживания склона и образования лёссовой породы; II – среднечетвертичный цикл эрозии: II-1 – стадия размыва и подмыва инсолируемого берега; II-2 – стадия сглаживания склона и образования лёссов; III – верхнечетвертичный цикл эрозии; III-1 – стадия размыва и подмыва инсолируемого берега; III-2 – стадия сглаживания и отложения делювиальных суглинков; III-3 – размыв суходольной гидрографической сети (до сформирования почв); III-3а – современный рельеф; *a* – новейшие делювиальные суглинки; *б* – лёссы; *в* – красно-бурые глины; *г* – пески и галечники; *д* – коренные породы

условиях при изменениях базисов эрозии. Он проходит циклично, вернее по спирали, в связи с чередованием ледниковых и межледниковых эпох и соответственно периодическим прохождением больших масс ледниковых вод, деградацией или сильным угнетением и новым распространением растительного покрова.

Мы полагаем, что в криогидротические климатические стадии начала и первой половины ледниковых эпох во внеледниковых областях при стаивании периодически формировавшихся снежных покровов повышенной мощности протекали процессы усиленного размыва гидрографической сети и расчленения территории, в криоксеротические стадии в условиях развития многолетней мерзлоты [16] и слабого впитывания воды почвой, при сильной изреженности (или отсутствии) растительности, прерывистости и многократном за весенне-летний сезон формировании стока малой интенсивности (ввиду частого выпадения и стаивания снега) происходил смыв мелкозема со склонов и отложение лёссовых пород.

Внутри криогидротических и криоксеротических стадий также имели место существенные колебания климата, в связи с чем соответственно изменялись почвозащитные свойства растительности и интенсивность эрозионно-аккумулятивных процессов. Они продолжались также в начале межледниковых эпох в условиях еще холодного сухого климата. В дальнейшем в связи с увеличением почвозащитной роли растительности эти процессы ослабевали или полностью прекращались за исключением речных русел.

Логико-графическая модель помогает раскрыть механизм эрозии и аккумуляции в естественноисторическом аспекте, объяснить залегание лёссовых пород на водоразделах и образование различной формы продольного профиля склонов. Это, в свою очередь, позволяет уяснить становление литогенной основы ландшафтов в районах преимущественного сноса (возвышенности) и аккумуляции и в связи с этим расселение на территории различных растительных формаций и формирование соответствующих почв (см. гл. 2).

Необходимо иметь в виду, что модель (см. рис. 8) отображает развитие склонов и формирование лёссовых отложений, генетически сопряженных с балкой (а не с долиной). Развитие началось с вреза почвы в ровную поверхность.

Одновременно с врезом гидрографической сети протекали процессы обрушивания и осыпания стенок и откосов (берегов) размывов, приводящие к их выполаживанию до угла естественного откоса и затем к сглаживанию (закруглению) бровок. Выступающие формы в местах резких перегибов (бровки, долинное ребро и прочее), подверженные усиленному воздействию экзогенных факторов (температура, осадки, поверхностный сток, ветер и др.), сравнительно быстро сглаживаются и закругляются, особенно при изреженном растительном покрове. При наличии почвы и дернины в зоне выше бровки происходит подмывание скрепленного корнями слоя, что приводит к его оседанию с образованием плавной выпуклости.

В дальнейшем, после закругления бровок, развитие склонов совершается в ходе эрозионно-аккумулятивных процессов при сильно изреженном растительном покрове. Снос мелкозема происходит по всему склону, но с наибольшей интенсивностью – на нижних наиболее крутых отрезках (см. рис. 8). Так, согласно нашим расчетам, смыв при отсутствии растительности, например, на отрезках склона 10-15°, находящихся на расстоянии 450 и 750 м от водораздела, протекает соответ-

ственно в 59-103 и в 75-140 раз интенсивнее, чем в приводораздельной части при крутизне 1° . У подножия склонов на их пологих отрезках и во всевозможных понижениях имеет место аккумуляция мелкозема. Таким образом, происходит срезание (смыв) и отступление наиболее крутой части склона с одновременным образованием надвигающейся (вслед за отступающим склоном) более или менее мощной толщи рыхлых отложений, при этом склон выполаживается (см. рис. 8).

В настоящее время широко распространена точка зрения, согласно которой рельеф сформировался до начала образования рыхлых лёссовых пород и лишь позднее эти породы перекрыли коренной рельеф. Эта точка зрения неверна. Она не позволяет дать объяснение генезиса склонов и лёссовых пород на водоразделах и склонах. Именно в ходе эрозионно-аккумулятивного процесса образуется наклонная подлёссовая поверхность коренного склона, которая тут же покрывается лёссами и лёссовидными отложениями (см. рис. 8).

При эрозионном разрушении возвышенностей мелкоземистый материал, выносимый на прилегающую пониженную местность, может продвигаться на десятки и сотни километров, заполняя всевозможные понижения, депрессии. В процессе транспортировки мелкозем все больше выветривается, причем более крупные частицы при прочих равных условиях отлагаются ближе, а мелкие дальше от мест разрушения (сноса), обуславливая соответствующее изменение гранулометрического, состава отложений. Поэтому лёссовые образования, расположенные дальше от этих мест, обычно являются более однородными и более тяжелыми, чем аккумулярованные ближе к ним. Их гранулометрический состав зависит также от особенностей материнских пород, которые подвергались разрушению.

В связи с делювиальным переотложением продуктов выветривания гранулометрический и минералогический состав вновь образовавшихся (аккумулятивных) отложений должен существенно отличаться от состава исходных материнских пород. При переотложении часть минерального субстрата выносится за пределы зоны делювиальной аккумуляции (в реки и моря). Однако, когда переносятся неодинаковые по удельному весу минеральные частицы, например более легкие частицы кварца и более тяжелые – роговой обманки и других тяжелых минералов, то при одинаковых размерах (и форме) частиц тяжелые минералы будут отлагаться ближе, а легкие дальше от мест сноса. По той же причине глинистые фракции тяжелых минералов могут отлагаться вместе с

пылеватыми фракциями легких минералов. Происходит закономерное пространственное распределение фракций тяжелых и легких минералов в соответствии с их гидрологическими свойствами.

Этим можно объяснить, например, относительное накопление, с одной стороны, фракций крупного и среднего песка, а с другой – глинистых фракций при формировании в условиях понижения базисов эрозии позднеплейстоценовых (валдайских) лёссов (преимущественно путем переотложения более древних лёссовых пород). Поэтому валдайский лёсс обычно отличается некоторой опесчаненностью и повышенной глинистостью.

Коснемся вопроса о способах формирования речных долин. В настоящее время имеет широкое распространение точка зрения, согласно которой развитие пойменных долин, их широких пойм из первичных узких ущелий ("теснин") и V-образных долин есть результат боковой эрозии в связи с меандрированием речных русел; в дальнейшем пойма становится надпойменной террасой. Однако такое объяснение не согласуется с особенностями строения долин и проходящих в них процессов. Так, Н. Е. Кондратьев и др. [92], С. З. Максимов [68] установили, что пояс меандрирования русел рек на поймах значительно уже, чем ширина пойм, и, следовательно, исходя из признания ведущей роли меандрирования русловых потоков, невозможно объяснить ни формирование широких левобережных террас, ни асимметричное строение долин, ни факт несоизмеримости русел рек с шириной современной поймы. Упомянутые авторы принимают точку зрения А. С. Козменко [51, 53] о том, что огромные желоба долин образовались под воздействием намного более мощных водных потоков, чем современные реки. При этом в их основании на всем простираии долины формировались песчано-галечниковые отложения.

Следует особо подчеркнуть, что вообще формирование обширных террас возможно лишь при периодическом резком изменении мощности и расходов водных потоков, которое обусловлено чередованием ледниковых и межледниковых эпох. И если бы их расходы всегда находились на одном и том же уровне (например, как в настоящее время), то при врезании меандрирующего русла (например, вследствие понижения базиса эрозии) формировалась бы не единая терраса, а ряд террасовых площадок на разных последовательно понижающихся уровнях.

С. З. Максимов [68] правильно отмечает, что ширина долин на уровне различных террас закономерно уменьшается от древнейших к

более молодым: долины на уровне 4 и 3-й террас намного шире, чем на уровне 2-й и особенно 1-й террасы и поймы. Молодые долины как бы вложены последовательно в более древние. Он объясняет эту закономерность различной шириной и мощностью потоков, которые формировали долины, последовательным их уменьшением.

Однако при этом следует учитывать и другие стороны проблемы. Дело в том, что по мере углубления долин (в разные эрозионные циклы) при их расширении (преимущественно за счет подмыва правого берега) потокам приходится выносить все большую массу породы. Поэтому, например, при одинаковой мощности потоков каждая последующая (более молодая) долина за одинаковый промежуток времени будет расширяться на меньшую величину, чем предыдущая. По этой причине ширина более молодых долин на уровне террас должна последовательно уменьшаться. Фактор времени также играет важную роль. Поскольку во время окского и днепровского оледенений накапливались намного большие массы льда, чем во время валдайского, то и стаивание ледников в первых двух случаях проходило более длительное время. Это также должно было способствовать выработке более широких долин. Все перечисленные факторы сыграли роль в формировании долин разной ширины.

На схеме рельефообразования получили отображение три эрозионно-аккумулятивных цикла – ранне-, средне- и позднечетвертичный (последние два включают по два подцикла). Однако известны еще более древние эоплейстоценовые гюнцское и дунайское оледенения Западной Европы, а также плиоценовые климатические феномены и, возможно, оледенения. Каждый цикл эрозии должен был наложить отпечаток на рельеф, но наиболее сильные воздействия, придавшие рельефу современный вид, оказали три последних цикла.

Обратимся к их описанию.

1.3.1. Раннечетвертичный (раннеплейстоценовый) эрозионно-аккумулятивный цикл

В раннечетвертичном цикле эрозии, связанном с предокским похолоданием и окским (миндельским) оледенением северных районов нашей страны, в гидрографической сети под влиянием больших масс снежно-ледниковых вод вначале должен был протекать процесс углубления и расширения русел и их роста в длину, а по мере их выработки и повышения базисов эрозии, а также увеличения поступления обломоч-

ного материала с водосборов (в связи с сокращением периодически формировавшихся снежных полей) – аккумуляция твердых продуктов на путях концентрированного стока (галечники, пески, песчано-глинистые отложения). Одновременно с этим и в дальнейшем, с похолоданием и увеличением засушливости климата, продолжались процессы выколаживания склонов и отложения красно-бурых глин. Они проходили в условиях крайней скудности растительного покрова и слабой интенсивности почвообразовательного процесса.

Красно-бурые глины формировались как делювиально-пролювиальные наносы. Материал смывался со склонов местных высот и отрогов возвышенностей и отлагался в древнейших понижениях рельефа и на пологих склонах. При этом должна была заполняться делювиум и ранее выработанная суходольная гидрографическая сеть, приобретая плавные очертания. Взмученные воды выносили часть материала в долины, где он частично отлагался как аллювий, образуя аллювиальные разновидности красно-бурых глин, суглинков и супесей. Картина делювиально-пролювиального сноса и отложения будет более понятной, если иметь в виду, что при изреженном растительном покрове даже незначительный поверхностный сток, легко формирующийся вследствие неразвитости почвы и ее промерзания, может вызвать передвижение мелкозема.

В начале лихвинской межледниковой эпохи климат, по-видимому, больше благоприятствовал развитию растительности, и это способствовало усилению почвообразовательного процесса. Об этом свидетельствует некоторое увеличение кверху количества гумуса в красно-бурой (или коричнево-бурой) толще и наличие здесь в некоторых случаях погребенных почвенных горизонтов. Образование затем почв повлекло за собой ослабление смыва со склонов и уменьшение мутности поверхностного стока, что могло явиться причиной врезания речной сети в собственные рыхлые наносы и понижения местных базисов эрозии.

Красно-бурые глины отложились в понижениях древнейшего рельефа и у подножия отступавших (срезанных) склонов. Поэтому они имеют большое распространение в пределах пониженных равнин; на возвышенностях же, где в ходе эрозионно-аккумулятивных процессов рыхлые лёссовые породы образовались позднее, эти глины отсутствуют или представлены фрагментарно. В некоторых же пунктах, залегая на сравнительно невысоких водоразделах, они выходят к дневной поверхности (см. рис. 4).

Красно-бурые глины формировались в результате переотложения продуктов выветривания разных пород. Что касается Сыртового Заволжья, то такими породами отчасти послужили акчагыльские глины. Об этом свидетельствует наличие в красно-бурых глинах, например, Тимашевского сырта (см. рис. 4) обломков морских моллюсков *Cardium* и *Mastra*. С прекращением формирования красно-бурой глинистой толщи и развитием более или менее нормального почвенного покрова закончился раннечетвертичный эрозионно-аккумулятивный цикл. Вернее сказать, развитие рельефа прервалось или сильно замедлилось вследствие подавления геологического процесса биологическим фактором.

1.3.2. Среднечетвертичный (среднеплейстоценовый) эрозионно-аккумулятивный цикл

Начало нового цикла было обусловлено усилением стока, связанного с предледниковым похолоданием, а в дальнейшем – с таянием снежных скоплений, периодически появлявшихся под влиянием развивающегося днепровского (рисского) оледенения соседних более северных областей, с ослаблением почвозащитной роли растительного покрова. К этому времени положение общего базиса эрозии было, по-видимому ниже по сравнению с предшествующим лихвинским межледниковьем в связи с гляциоэвстатическим понижением уровня морей. Однако поскольку существовал выраженный рельеф, главными условиями его дальнейшего развития было усиление стока и особенно деградация растительного покрова.

При наступлении ледника в изменившихся физико-географических условиях происходило эрозионное разрушение почв и сильное размывание поверхности красно-бурой толщи. Балки врезались вершинами в междуречья, расчлняя территорию. В результате отдельные увалы оказались изолированными от вышележащей местности, что исключило возможность дальнейшего поступления на них делювия (см. рас. 4). Поэтому образовавшаяся здесь в предшествующую эпоху толща красных бурых глин в дальнейшем не покрывалась более поздними отложениями и эти глины выходят в возвышенных пунктах таких увалов к дневной поверхности.

В эпоху усиленного размыва красных бурых глин на делювиальной полупустынной равнине функционировала сеть водных потоков, образовавшая русловые косослоистые, преимущественно песчаные и супес-

чаные наносы коричнево-бурого цвета, имеющие линзовидное залегание и генетически родственные красно-бурой глине. Впервые эти образования выделил в Сыртовом Заволжье И. П. Герасимов [21] под названием межсыртовых отложений (мы называем их промежуточными). Аналогичные отложения получили широкое распространение в Болгарском бассейне, в Высоком Заволжье они образовали на пологих склонах шлейфы. А. Н. Мазарович [66] рассматривал их как рисскую (днепровскую) террасу. Ввиду последующей частичной изоляции некоторых водоразделов от источников поступления мелкозема эти отложения не были покрыты более поздними наносами и в настоящее время выходят к дневной поверхности, являясь почвообразующими породами. Указанные отложения довольно широко распространены также в верховьях балок и местами в прилегающей нижней части прибалочных склонов (например, балка Лопатинская, см. рис. 1). Они создают здесь благоприятные условия для произрастания леса. Эти отложения имеются также в северо-западной части Волгоградской обл. (см. рис. 5) и в других районах, что свидетельствует об их широком распространении.

В речных долинах в фазу наступления ледника среднечетвертичный эрозионный цикл проявился в размывании рыхлых отложений предыдущих ледниковой и межледниковой эпох, углублении и расширении русел, и образовании уступа древнейшей окской (миндельской) террасы. В процессе размыва происходило формирование галечников у основания днепровской (рисской) террасы и затем образование террасовых песчано-глинистых отложений. В районах Сыртового Заволжья существует генетическая связь косослоистых промежуточных отложений склонов с русловой частью отложений днепровской террасы, останцы которой имеются в низовьях долины р. Самары и в других пунктах. Они возвышаются над первой и второй надпойменными террасами на 30-40 м. Останцы сложены косослоистыми песками коричнево-бурого цвета, литологически и по внешнему виду очень сходными с песками промежуточного горизонта склонов, родственными красно-бурым глинам. Видимо, накопления рисской аккумулятивной террасы и промежуточные отложения представляют собой единый стратиграфический горизонт, сформировавшийся частично за счет красно-бурых глин в результате деятельности единой гидрографической сети в первую половину ледниковой эпохи.

Сопоставление высотных уровней окской (миндельской) и днепровской (рисской) аккумулятивных террас показывает, что в доли-

нах и придолинной зоне сыртовой области отложения миндельской террасы (подсыртовые пески) находятся несколько ниже, чем рисской, что, по-видимому, связано с положением базисного уровня Каспия в соответствующие эпохи.

В днепровскую ледниковую эпоху, а также в начальную холодную и сухую стадию межледниковья повсеместно происходило образование делювиальным путем желто-бурых суглинков и глин – типичных лёссов путем смыва продуктов выветривания коренных или ранее образовавшихся покровных пород с более крутых склонов и их отложения на пониженных и пологих участках и у подножия склонов (см. рис. 8).

Делювий продвигался на десятки и сотни километров, покрывал пологие склоны, заполнял понижения рельефа, в частности суходольную гидрографическую сеть, и частично выносился в долины, отлагаясь во время половодий как аллювий и формируя верхнюю суглинистую часть днепровской террасы. Это была делювиальная пустыня, которая в силу главным образом неблагоприятных климатических условий медленно осваивалась растительностью.

В одинцовское прохладное межледниковье (или интерстадиал, см. табл. 1) интенсивность эрозионно-аккумулятивных процессов уменьшилась, в это время могли формироваться ископаемые почвы. В московскую ледниковую эпоху (или фазу днепровского оледенения) возобновились процессы сглаживания склонов и отложения типичных лёссов. В последующее московско-валдайское (микулинское) межледниковье, характеризовавшееся благоприятным климатом и развитием растительности и почв, эрозионно-аккумулятивные процессы сильно ослабили или полностью затухли.

С прекращением или резким ослаблением формирования лёссов закончился эрозионно-аккумулятивный цикл (или циклы) среднего плейстоцена. В это время слаборасчлененные слабонаклонные равнинные территории с толщиной лёссов повсеместно занимали подчиненное положение относительно более высоких областей сноса (см. рис. 8). Можно представить себе, что тогда генетическая связь между ними была очевидной. Типичные лёссы находились тогда, как правило, не на водоразделах, а образовывали поверхность пониженных длинных очень пологих аккумулятивных склонов, т.е. представляли собой обширные делювиальные шлейфы. "Подняться" на водоразделы и плато предстояло в следующем эрозионно-аккумулятивном цикле.

1.3.3. Позднечетвертичный (позднеплейстоценовый) эрозионно-аккумулятивный цикл

Валдайская (вюрмская) ледниковая эпоха началась около 70 тыс. лет тому назад (к позднему плейстоцену относится также микулинская межледниковая эпоха с нижним возрастным пределом около 100 тыс. лет – см. табл. 1). Она включает три мегастадиала: ранневалдайское ледниковье, средневалдайский (брянский) интерстадиал и поздневалдайское ледниковье. В каждом из названных мегаритмов происходили многократные более мелкие ритмические колебания климата – похолодания и потепления. Причем в оптимальные фазы средневалдайского мегаритма климат был значительно холоднее, чем в соответствующие фазы микулинского межледниковья [38, 72].

Согласно выводам А. А. Величко и Т. Д. Морозовой [14], в ранневалдайское ледниковье образовался маломощный горизонт лёсса 1, а поздневалдайское – горизонты лёсса 2 и 3. В фазы потепления формировались почвы, брянскому интерстадиалу соответствует так называемая "брянская почва". Однако в большинстве случаев валдайские лёссы не расчленяются на горизонты.

Рассмотрим развитие эрозионно-аккумулятивных процессов отдельно в пределах гидрографической сети и на склонах.

Эрозионно-аккумулятивные процессы в долинах и балках. Новый позднечетвертичный цикл эрозии, обусловленный валдайским климатическим феноменом и периодическим прохождением больших масс снежно-ледниковых вод, протекал в условиях сильного понижения базисов эрозии. Поэтому стадии размыва гидрографической сети проходили особенно интенсивно и сопровождались, глубоким врезом. Об этом свидетельствует низкое положение молодых II и I надпойменных террас бассейнов Волги, Дона и Днепра по сравнению с более древней большей частью погребенной делювиальными отложениями или размытой террасой эпохи днепровского оледенения (рисской) [67, 106, 107]. Как уже отмечалось, изменение абсолютного базиса эрозии могло быть обусловлено гляциоэвстатическими колебаниями уровня морей и океана вследствие таяния или новообразования материковых льдов и отчасти тектоническими движениями земной коры. В валдайское время в замкнутом каспийском бассейне холодным фазам соответствовали трансгрессии, а более теплым – регрессии. В Черном море, связанном с океаном, наоборот, в ранне- и поздневалдайское время произошли регрессии [72].

Основной врез гидрографической сети и образование в основании II надпойменной террасы галечниково-песчаных отложений произошли по-видимому, во время ранневалдайского ледниковья, когда сильно возросла интенсивность поступления снежно-ледниковых вод. Формирование II террасы происходило во время максимальной стадии ранневалдайского оледенения [28, 67]. Одновременно должно было происходить и формирование балок, их углубление, расширение и рост в длину. В дальнейшем, по мере стаивания снежно-ледниковых покровов, достигла максимума (47-50 м) раннехвалынская трансгрессия Каспия [61, 72, 103]. Его воды образовали многочисленные лиманы в низовьях, впадающих в Волгу речных и балочных систем и отложили так называемые хвалынские шоколадные глины. По мере ослабления прекращения процессов размыва и увеличения интенсивности лёссовобразования часть выносимого лёссового материала стала отлагаться в балках, заполняя их.

В связи с возросшими затем объемами и расходами снежно-ледниковых вод поздневалдайского ледниковья снова усилился размыв гидрографической сети; формировалась сначала песчаная основа I надпойменной террасы, а затем, по мере спада больших ледниковых вод, верхняя суглинистая ее часть. Одновременно протекали процессы размыва в балках и происходил их рост, а затем заполнение лёссовым материалом. Судя по ширине долин на уровне II и I надпойменных террас и по их глубине, можно полагать, что во время таяния ранне- и поздневалдайского ледников расходы снежно-ледниковых вод превышали максимальные современные приблизительно в 10-20 раз.

В современных физико-географических условиях (при мощности снежного покрова в среднем около 30-40 см) в средней полосе европейской части страны весеннее снеготаяние обычно продолжается 10-12 дней, а в некоторые годы до 25 дней. Вследствие неравномерного отложения и различной интенсивности таяния снег в разных пунктах данного водосбора сходит не одновременно. В связи с этим пики стока с разных участков не совпадают во времени, продолжительность его прохождения в балочной сети сильно увеличивается, а интенсивность намного уменьшается по сравнению с тем, как если бы сток с разных точек водосбора поступал одновременно. Надо полагать, что при дружном, одновременном прохождении стока со всей площади его наибольшие расходы в балках были бы в 2,6-3 раза больше, чем это наблюдается в действительности. Одновременное по-

ступление стока в балочную и речную сеть со всей водосборной площади возможно при условиях: а) значительно большей мощности снежного покрова и, следовательно, увеличения периода снеготаяния и б) меньшего поглощения воды почвой. Если бы вся снеговая вода расходовалась на сток, то его объем в средней полосе был бы в 1,5-2 раза, а в более южных районах в 4-5 раз больше, чем в действительности; максимальные расходы увеличились бы соответственно в 4-5, а на юге в 8-10 раз. Такова картина формирования стока в условиях интенсивной сельскохозяйственной деятельности.

В период до начала вырубки лесов и повсеместной распашки склонов (целины) поверхностный сток, в связи с высокой водопроницаемостью хорошо оструктуренных почв, был намного меньше, особенно в районах лесостепи и степей. Об этом свидетельствуют также данные экспериментальных исследований, например в Центрально-черноземном заповеднике [24]. Половодья были незначительные, реки в межень – намного полноводнее. С другой стороны, при отсутствии почвы или ее слабой развитости в условиях холодного климата почти вся снеговая вода идет на сток, вследствие чего при одинаковых снеговых запасах объемы и расходы стока в начале голоцена должны были намного превосходить современные. Мы считаем, что половодья тогда были в 4-5 раз более мощными, чем современные. Они выработали широкие желоба для современной поймы и отложили в их основании сразу на всем пространстве поймы песчаные наносы (обычные русловые потоки даже при длительном меандрировании не в состоянии были бы это сделать). Они также окончательно сформировали современную балочную сеть.

По мере потепления климата, развития почвообразовательного процесса и в связи с этим уменьшения половодий формировалась верхняя суглинистая часть поймы. В дальнейшем, с завершением позднечетвертичного эрозионного цикла, половодья все реже затопляли пойму, на ней образовалась почва. В это время интенсивно функционировали родники, реки в межень были намного полноводнее, чем в настоящее время. Устья балок, имеющих большие водосборы, причленились к пойме, как базису эрозии, а некоторых балок с меньшими водосборами (особенно в более засушливых условиях) – к I надпойменной террасе. Гидрографическая сеть приобрела современные очертания.

В дальнейшем в связи с интенсивной производственной деятельностью резко увеличился поверхностный сток и смыв почв, пой-

ма снова стала систематически затопляться во время половодий, началось накопление слоистых гумусированных отложений (слоистая пойма). Почва поймы была погребена слоистыми отложениями. На днищах балок сформировался новый балочный аллювий различной мощности (до 2-3 м и больше), представляющий собой слоистые гумусированные отложения. Периодическое усиление и ослабление половодий и затопление поймы могло быть связано также с колебаниями климата в голоцене, чередованием более сухих и влажных эпох.

Эрозивно-аккумулятивные процессы на склонах. Для лучшего понимания механизма формирования валдайских лёссов опишем здесь более подробно особенности их залегания. Мощность валдайских лёссов на переходных участках от возвышенностей к низинам достигает 8-10 м, а в центральных частях возвышенностей она уменьшается до 1 м и меньше [15]. Характерной особенностью их залегания на возвышенностях является то, что они находятся преимущественно в водораздельных седловинах и на склонах, причем их мощность обычно возрастает к низу склона. Важно отметить, что лёссовая толща имеет наклон в сторону ближайшего звена гидрографической сети. Это подтверждается также данными бурения скважин в пределах Государственного Центрально-Черно-земного заповедника им. Алехина, полученными А. И. Скомороховым [97] и нами. При описании разреза четвертичных отложений в 3-метровой траншее (углублено бурением до 5,5 м), в 40 км южнее г. Курска нами установлено: находящийся на склоне бурый тяжелый лёссовидный суглинок (валдайский горизонт) косо срезает в водораздельной зоне более древнюю лёссовую толщу (предположительно московский горизонт) и прислоняется к ней (граница раздела очень четкая). Последняя, залегающая на водоразделе, представляет собой желтовато-бурый тяжелый пылеватый суглинок мощностью около 3 м (содержание физической глины 46-50, крупной пыли 43-48%). Далее до глубины 4,5 м идет горизонт пестроокрашенного песчанистого легкого суглинка (фракция мелкого песка составляет 60-75%), а еще ниже, с глубины 5 м, – светло-бурый суглинок (предположительно днепровский горизонт).

Обратимся к другому объекту.

На рис. 9 представлен геолого-геоморфологический профиль Тускарь-Курского междуречья, проложенный нами на северной окраине г. Курска. При его построении использованы строительные котлованы, выемки и траншеи, а также полученные нами данные в результате буре-

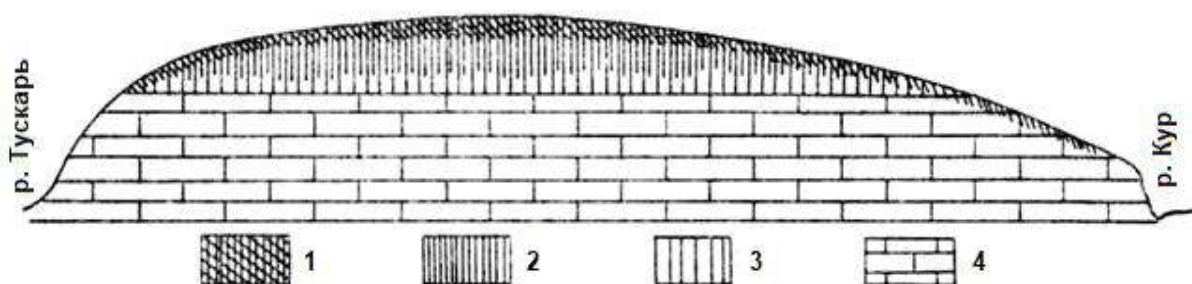


Рис. 9 Поперечный профиль Тускарь-Курского междуречья (1 – бурый с коричневым оттенком тяжелый суглинок или глина (валдайская ледниковая эпоха); 2 – светло-бурый пылеватый суглинок (московская ледниковая эпоха); 3 – бурый с оранжевым оттенком тяжелый суглинок (днепровская ледниковая эпоха); 4 – мел и мергели меловой системы)

ния. На водоразделе, имеющем общее слабое падение на юг, залегает 5-метровая лёссовая толща, в которой чередуются прослои разного механического состава и цвета: поверхность сложена темно-серой лесной почвой (до 0,7 м), далее до 2 м залегает бурый с коричневым оттенком тяжелый суглинок, выщелоченный до 1,8 м (валдайский горизонт лёсса), еще ниже до 5 м – светло-бурый карбонатный крупнопылеватый средний и легкий суглинок (в верхней части содержание физической глины около 33, крупной пыли 58,6%, а в нижней части соответственно около 28 и 62,4% – московский горизонт). Далее до 6 м и несколько глубже залегает горизонт, представленный бурым с оранжевым оттенком тяжелым суглинком, бескарбонатным (днепровский горизонт). С глубины 4 м от поверхности и глубже заметно увеличение влажности породы, что указывает на близкое нахождение относительного водоупора. Многочисленные направленные вниз корни произрастающей здесь березы (диаметром 2-5 мм) пронизывают толщу и достигают более влажного слоя грунта.

На западном склоне, падающем к долине р. Кур, верхний горизонт тяжелого суглинка (или глины) срезает в средней части склона нижележащие лёссовые напластования и переходит на белесый (светло-сероватый) меловой мергель, представляющий собой легкую и среднюю глину. Поверхность контакта неровная, размытая, взаимопроницающая. Еще ниже по склону этот слой местами выклинивается или залегает пятнами с небольшой мощностью. На восточном склоне, очень полого падающем к долине р. Тускарь, лёссовая толща по сво-

ему строению аналогична водораздельной. Общая мощность лёссовой толщи составляет около 6,6 м. Она подстилается водоупорным меловым мергелем.

Как видно, условия залегания валдайских лёссов отличаются большим разнообразием: в ряде случаев (но не везде) их можно встретить на водоразделах, причем их мощность здесь небольшая. В седловинах и на теневых склонах они залегают почти повсеместно, их мощность к низу склона возрастает; однако на склонах южной экспозиции, особенно в низовьях балок и вблизи ранее подмывавшихся берегов, они нередко выклиниваются и к поверхности выходит элювий коренных пород. Такое распределение валдайских лёссов характерно для возвышенностей, в частности Средне-Русской.

На пониженных равнинных территориях, где аккумуляровался лёссовый материал, поступавший с возвышенностей, валдайские лёссы характеризуются более горизонтальным и равномерным залеганием. В таких условиях значительно легче определить и положение нижней границы этих лёссов, так как в процессе лёссообразования происходило более спокойное погребение ранее образовавшихся почв, имеющих маркирующее значение. На возвышенных территориях в валдайскую эпоху в ходе эрозионно-аккумулятивных процессов почвы прибалочных склонов, как правило, подверглись эрозионному разрушению и теперь в породах они встречаются эпизодически, фрагментарно.

Вернемся к рассмотрению склоновых процессов. Следует подчеркнуть, что к началу валдайской эпохи обширные области равнин уже были сложены лёссовыми породами. Поэтому формирование валдайских лёссов происходило как за счет сноса продуктов выветривания с сохранившихся еще возвышенных элементов территории с выходами коренных пород, так и за счет (в ряде областей – преимущественно) переотложения ранее сформировавшихся лёссов (московских, днепровских и других). Новое ранневалдайское похолодание обусловило деградацию растительного покрова и резкое снижение его почвозащитной роли. В изменившихся климатических условиях еще при прежних базисах эрозии в ходе стаивания периодически накапливавшихся снежных покровов протекали процессы интенсивного размыва и расчленения территории, роста гидрографической сети в длину. Формировались новые водораздельные седловины, отчленявшие и изолировавшие участки водоразделов от более возвышенных элементов, поставлявших некогда (в прежние эпохи) лёссовый материал. Одновременно развивались про-

цессы смыва с наиболее крутых элементов склонов и аккумуляция мелкозема у их подножия, в понижениях и на пологих участках (лессонакопление). В связи с тем, что эти процессы протекали первоначально при повышенном стоке, у основания валдайских лёссов, как правило, формировались песчанистые отложения. Лёссовый материал частично отлагался также на длинных очень пологих межбалочных склонах, еще не отчлененных от более возвышенных участков. В дальнейшем по мере расчленения территории и развития потяжин и водораздельных седловин этот лёсс станет водораздельным. На участки очень пологих межбалочных (водораздельных) склонов с лёссами московского и днепровского времени, ранее отчлененных от возвышенных элементов территории, лёссовый материал не поступал; на них могло происходить лишь местное передвижение мелкозема. Поэтому на таких водоразделах валдайский лёсс полностью отсутствует или имеется лишь очень тонкий слой его. Как уже отмечалось, транспортируемый лёссовый материал частично аккумуляровался в балках (и оврагах) и других эрозионных образованиях, заполняя их.

Лёссообразование протекало на протяжении всего валдайского времени. В фазы с более влажным климатом, когда усиливался сток, скапливались более грубые песчанистые разности лёссов, а в фазы с холодным засушливым климатом при слабом стоке и сильно изреженном растительном покрове отлагался более тонкий суглинисто-пылеватый лёсс.

В фазу брянского интерстадиала, когда климат несколько смягчился и увеличилась почвозащитная роль растительности, процессы лёссонакопления затормозились, стала формироваться "брянская" почва. Одновременно усилился размыв.

В дальнейшем по мере усиления стока, в связи с развитием поздневалдайского ледниковья и продолжающегося понижения базисов эрозии, резко активизировались процессы размыва, роста гидрографической сети, расчленения территории. Они выражались в расширении и углублении балок (о долинах говорилось выше), сильном размыве и расчленении склонов глубокими оврагами и выносе коренных и более древних лёссовых пород, в образовании новых потяжин и седловин, перепоясавших межбалочные водоразделы и междуречья. Глубокая и частая изрезанность территории обусловила формирование более коротких и крутых прибалочных склонов. Это особенно касается районов распространения рыхлых (песчано-суглинистых) пород, более подверженных размыву и расчленению.

В эпоху с холодным и сухим климатом мелкозем смывался с наиболее крутых элементов склонов и отлагался в седловинах и ложбинах, на нижележащих более пологих отрезках склонов, в оврагах и балках. Естественно, что его мощность в направлении оси седловин и к низу склонов должна возрастать. Исключением являются некоторые склоны южной и западной экспозиции, особенно находящиеся в низовьях балок, и склоны, падающие к подмываемым длительное время берегам рек. Таким образом, в благоприятных условиях поздневалдайского ледниковья в процессе дальнейшего формирования склонов на них образовалась толща валдайских лёссов. Очевидно, что новый переотложенный склоновый лёсс должен залегать несогласно относительно более древних московского, днепровского и других горизонтов лёсса, находящихся на водоразделах и имеющих почти горизонтальную слоистость.

В ходе эрозионных циклов рост многих балок в длину проходил на протяжении нескольких эпох, и естественно, что нижние их звенья и падающие к ним склоны являются наиболее древними, а верхние – более молодыми. В связи с этим в нижней и средней частях балок склоны более сглажены и отличаются меньшей выпуклостью нижних отрезков при большей средней крутизне, а в верхней – наименее сглажены, имеют малый уклон верхних и средних отрезков и более выпуклы в нижней части.

В эпоху усиленного лёссообразования верхние звенья балок сильнее заполнялись лёссовым материалом, чем нижние; при этом должен увеличиваться уклон балочных днищ. В следующую эпоху в связи со значительным потеплением климата, обусловившим стаивание валдайских ледников, резко усилился сток. В ходе размыва сухоходольной гидрографической сети стали вновь вырабатываться глубокие разветвленные стволы балочных систем с уменьшенным уклоном днищ. Балки причленялись устьями преимущественно к формировавшемуся тогда полотну I надпойменной террасы, как к базису эрозии. Лёссовый мелкозем выносился преимущественно из балок в речные долины; в прибровочной зоне теневых склонов и в седловинах мощность толщи валдайских лёссов оставалась по-прежнему наибольшей, эту же эпоху размыва на склонах появились новые многочисленные промоины и овраги.

Одновременно с этим и в последующее время при еще очень слабой защищенности поверхности растительностью активно проте-

кали склоновые эрозионно-аккумулятивные процессы: происходило закругление бровок размытой гидрографической сети, в ходе эрозионного среза нижние отрезки склонов приобретали выпуклую форму, склоновые овраги и промоины заполнялись лёссовым мелкоземом и превращались в ложбины, в настоящее время хорошо выраженные в рельефе. Наличие древнего вреза в ложбинах под лёссовой породой обнаруживается при бурении на 3-7 м или больше.

Древнее происхождение ложбин доказывается, как правило, большей мощностью почвы в них, чем на прилегающих участках склонов, а также наличием ложбин на склонах, покрытых лесом. Ввиду систематического накопления снега и прохождения стока почвы в них более выщелочены.

Впервые древнее происхождение ложбин на склонах было обосновано А. С. Козменко [51, 53]. Но существует и другая точка зрения на происхождение ложбин, согласно которой их образование связано с современной эрозией [4]. В процессе эрозии, действительно, происходит интенсивный вынос почвы на пашне из ложбин склонов; вследствие концентрированного прохождения стока в них местами появляются сильно и весьма сильно смытые почвы, растут промоины и склоновые овраги. Однако все это является лишь следствием наличия на склонах древних ложбин.

Как уже отмечалось, позднечетвертичный эрозионно-аккумулятивный цикл проходил в условиях сильного понижения базисов эрозии и глубокого врезания гидрографической сети. Балочная сеть, врезаясь, приключалась устьями к пойме или к I террасе. Ввиду этого, а также вследствие относительно кратковременного прохождения стадии сглаживания (из-за сравнительно быстрого образования сомкнутого растительного покрова) склоны не успели достаточно выположиться. Произошло лишь выполаживание и понижение (вследствие эрозионного срезания) верхних более крутых отрезков склонов – водораздельных бугров, останцов, частично поставлявших материал валдайских лёссов; здесь местные базисы эрозии мало зависят от вреза гидрографической сети (за исключением верховий сети, формирующих седловины), а определяются положением нижележащей средней части склона. Нижние же отрезки склонов, примыкающие к гидрографической сети (особенно к инсолируемым и подмываемым берегам успели лишь закруглиться, приобретая при этом значительную крутизну. Рельеф стал зна-

чительно более выраженным по сравнению с тем, каким он был до начала позднечетвертичного эрозионно-аккумулятивного цикла. В таком виде он и законсервировался растительным покровом.

1.3.4. Формирование водораздельных увалов, сыртов, холмов

Рассмотрим подробнее механизм отчленения водораздельных увалов и образования седловин, а также эволюцию областей сноса, некогда поставлявших лёссовый материал. Как уже отмечалось, расходы ледниковых вод валдайского оледенения приблизительно в 10-20 раз превышали соответствующие расходы современных половодий. В ходе размыва, при неуклонном понижении базисов эрозии, происходил интенсивный рост в длину, углубление и расширение долин, древних балок и лощин, до этого слабо расчленявших равнинную территорию с лёссовым покровом, а также развитие новых балок. При размыве вначале формировались русловые наносы (песчано-галечниковые и песчаные), а затем песчано-глинистые отложения главным образом за счет поступления мелкозема с водосборов и его сортировки. На первых порах процесс врезания и удлинения гидрографической сети мог проходить при таянии снежников, сплошь покрывающих территорию, и в некоторых случаях направление вреза полностью совпадало с направлением прежней балочной сети. В дальнейшем, при периодическом образовании и стаивании снежного покрова, наряду с размывом проходили смыв и аккумуляция мелкозема у подножия и на пологих склонах, а также на речных террасах. На этом этапе прирост древней гидрографической сети, имевшей свои водосборы, можно уподобить современному размыву вершин (оврагообразование), проходившему, однако, с большей интенсивностью. При приблизительно совпадении направления роста противоположащих вершин и балок (лощин), открывающихся в параллельно расположенные долины малых и средних рек, происходило перепоясывание междуречий межбалочных водоразделов разных порядков с образованием потяжин и седловин. Однако такое перепоясывание возможно и при одностороннем росте балок. Седловины отчленяли водораздельные увалы от останцов господствующих высот, некогда поставляющих лёссовый материал.

Одновременно в процессе развития гидрографической сети и образования седловин подвергались расчленению и дальнейшему разрушению и сами господствующие высоты. Многие из них превра-

щались в невысокие водораздельные бугры, покрытые тонким слоем элювия-делювия. При росте (вершинами) некоторых балочных ответвлений в направлении указанных высот последние дополнительно расчленились и разрушались быстрее, чем соседние уже отчлененные водораздельные увалы с лёссовым покрытием.

В настоящее время в пределах возвышенностей сохранилось много водораздельных останцов, в некоторых случаях слабонаклонных плато, лишенных лёссового плаща и имеющих лишь элювий-делювий коренных пород, нередко щебенистый. Наиболее часто они встречаются на Приволжской возвышенности, особенно в Ульяновской, Саратовской и северной части Волгоградской обл. Однако в ряде других случаев подчиненные по высоте водораздельные увалы покрыты лёссами. Аналогичная картина наблюдается, например, в пределах Донецкого кряжа, где наиболее возвышенные водораздельные территории лишены лёссовых пород в отличие от подчиненных по высоте отчлененных лощинами и седловинами межбалочных водоразделов. На Средне-Русской возвышенности водораздельных выходов коренных пород значительно меньше, причем, например, в Орловской обл. они встречаются чаще (к ним мы еще вернемся), а в Курской, Воронежской (правобережье Дона) и Белгородской обл. – реже. Все это свидетельствует о том, что территория Средне-Русской возвышенности подверглась более сильному эрозионному разрушению по сравнению, например, с Приволжской.

Что касается обширных областей аккумуляции, ранее (до образования лёссовых пород) представлявших собой пониженные равнинные территории, то при поступлении на них делювиально-пролювиальным путем обломочного материала преимущественно с возвышенных массивов они сплошь были покрыты лёссовыми породами и в настоящее время здесь нет останцов с маломощным элювием-делювием.

Как уже отмечалось, в эпоху формирования в среднем плейстоцене желто-бурых сыртовых глин Заволжья (лёссов) мелкозем поступал на пониженную равнину преимущественно из районов разрушающихся отрогов Общего Сырта (а также и местных высот), а при формировании лёссов юга Украины – из районов Донецкого кряжа, Приазовской, Приднепровской и Подольской возвышенностей.

Таким образом, в одних случаях области сноса частично сохранились (в пределах возвышенностей) в виде участков с выходами коренных пород, занимающих господствующее положение над приле-

гающей пониженной лёссовой равниной, в других они превратились в более или менее выровненные территории с элювиально-делювиальным материалом, в третьих – полностью разрушились и исчезли вследствие бокового расчленения растущими ответвлениями балок с образованием седловин и последующего смыва.

Отсутствие в настоящее время поблизости возвышенных участков сноса делает несколько загадочным залегание лёссов на водоразделах. Однако такое представление может сложиться лишь при восприятии рельефа без учета его динамики и изменений в ходе длительного развития. С учетом же закономерностей циклического развития эрозионно-аккумулятивных процессов (рельефообразования) становится вполне понятным генезис водораздельных лёссов, включая и случаи с большей удаленностью остаточных областей сноса от мест аккумуляции.

Наряду с отчленением растущими балками покрытых лёссами элементов пологих склонов от господствующих высот и эрозионным разрушением самих этих высот проходил другой процесс – разрушение возвышенных приречных полос территории (бывших ранее источником лёссового материала) вследствие подмыва берегов и смещения долин малых рек в сторону инсолируемого откоса, а крупных речных долин вправо. При этом они приобретали асимметричное строение. Подмыв правого берега долин (северное полушарие) обусловлен вращением Земли. При среднегодовой скорости подмыва ледниковыми водами, например, 15-20 см речная долина за 20 тыс. лет может сместиться на 3-4 км. Ввиду разрушения и выноса грунта с возвышенных участков приречных территорий лёссы в прошлом приводораздельных пологих склонов в некоторых случаях могли бы стать водораздельными. В качестве примеров, где происходил подобный срез приречных полос и превращение пологих склонов с лёссовым покровом в водораздельное пространство, можно назвать следующие пункты: участок верховья р. Сухой Таволжанки Борского р-на Куйбышевской обл. (см. рис. 3), участок правобережья Северского Донца, включающий горы Артема Славянского р-на Донецкой обл. и др. В указанных пунктах возвышенные останцы коренных пород еще не полностью срезаны, и здесь можно проследить переходные формы упомянутого превращения. Однако этот способ превращения приводораздельных склонов с лёссовым покровом в водораздельные увалы имеет, по-видимому, ограниченное распространение.

1.3.5. Затухание эрозионно-аккумулятивных процессов в голоцене под влиянием биологического фактора.

Гидроморфизация почв

Из всего вышеизложенного становится ясно, что наибольшие преобразования рельефа, придавшие ему современный вид, произошли в ходе позднечетвертичного эрозионно-аккумулятивного цикла. Лощинно-балочная сеть в ее современном виде образовалась главным образом в этот эрозионный цикл, а рельеф в целом – при прохождении нескольких эрозионно-аккумулятивных циклов. Позднечетвертичный эрозионный цикл завершился, точнее прервался, при незакончившемся расчленении территории и выполаживании склонов, когда повсеместно расселилась растительность и образовался почвенный покров. Рельеф приобрел современные очертания. При этом он получил более резкие формы и большую эрозионную энергию по сравнению с предшествующим этапом развития. Создались предпосылки для интенсивного проявления антропогенной эрозии, вызванной уничтожением естественной растительности под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Изменение климата в позднеледниковое время способствовало расселению и развитию растительности. Так, в раннем и среднем голоцене происходило быстрыми темпами смещение природных зон и подзон. Леса, особенно сосновые, быстро продвигались с юга на север и с запада на восток [79]. Однако в начале голоцена климатические условия мало благоприятствовали произрастанию растительности. В конце послеледниковой эпохи (12000-10000 лет назад) на северо-западе и в средней полосе Русской равнины в арктический и субарктический климатические периоды был холодный климат, а в нижнем голоцене (вбореальный и переходный периоды) с потеплением он приобрел черты засушливости. В таких условиях при отсутствии или неразвитости почв растительность медленно завоевывала территорию и почвообразовательный процесс проходил слабо. Специальными исследованиями, проведенными на юге Украины, установлено, что почвообразовательный процесс в голоцене развивался медленно в направлении от примитивных пустынных почв к светло-каштановым и далее последовательно к каштановым, темно-каштановым, южным и обыкновенным черноземам [42]. Естественно, что в начале голоцена условия произрастания растительных сообществ были значительно хуже и почвозащитная роль растительности была намного слабее, чем в последующее время.

Развитие мощной растительности и образование почв как бы законсервировали созданные формы рельефа, сохранив присущую рельефу эрозионную энергию. Эрозионно-аккумулятивные процессы практически прекратились, за исключением речных русел, а в условиях полупустыни с неплотным задержанием почвы – резко ослабели.

По мере развития почв, особенно в степи и лесостепи, их водопроницаемость увеличивалась, а поверхностный сток уменьшался. Как уже отмечалось, в современных физико-географических условиях на целинных участках, в лесу или под степной (луговой) растительностью в районах лесостепи и особенно в степях почти все атмосферные осадки просачиваются в почву и сток бывает очень слабым или полностью отсутствует. В таких условиях со временем в четвертичных отложениях сформировался верхний горизонт грунтовых вод и начали действовать родники. При этом в более однородных лёссах (без значительных прослоек) вода свободно просачивается до водоупора и зеркало грунтовых вод в настоящее время обычно находится на глубине 8-15 м и больше от поверхности. Наличие промежуточных более слабых водоупоров способствует периодическому повышенному увлажнению и гидроморфизации почв.

Принимая во внимание палеоклиматическую схему Блитта-Сернандера, надо полагать, что наиболее благоприятные условия для увлажнения почвогрунта были в атлантический климатический период голоцена (7000-6000 лет тому назад), когда был теплый и влажный климат, а также в субатлантический период (последние 2000-1000 лет) с более холодным влажным климатом, когда происходило надвигание леса на степь и тундры на тайгу. В указанные периоды почвы (особенно степные черноземы) приобрели черты гидроморфности, которые воспринимаются в настоящее время некоторыми учеными как реликтовые.

1.4. О происхождении асимметрии берегов и склонов

И. С. Щукин [125] выделил пять групп теорий и гипотез происхождения асимметрии долин и междуречий: планетарные, климатические, структурные, топографические, гидродинамические. Остановимся на первых трех, имеющих наибольшее значение.

1. Асимметрия обуславливается действием закона Бера-Бабинэ, согласно которому в северном полушарии вследствие вращения Земли (сила Кориолиса) происходит подмыв правых берегов и смещение

долин вправо. Однако, по расчетам А. П. Дедкова [28], она существенно проявляется лишь при расходах реки не менее $1000 \text{ м}^3/\text{с}$. В связи этим напомним, что в ходе четвертичных циклов эрозии долины вырабатывались под действием громадных масс снежно-ледниковых вод. Поэтому подмыв правых берегов должен совершаться довольно интенсивно (при среднегодовом смещении долины вправо на 25-30 см она сместится за 20 тыс. лет на 5-10 км).

2. Асимметрия берегов и склонов балок и малых рек возникает вследствие различной интенсивности инсоляции, что, по мнению ряда ученых, приводит к более сильному смыву и размыву южных склонов во время снеготаяния и при ливнях и приобретению ими большей крутизны. Но при повышенной интенсивности смыва и размыва происходит и большее выполаживание склонов, что может вызвать лишь обратную асимметрию. Инсолируемые склоны приобрели большую крутизну не в силу более интенсивного смыва и размыва, а вследствие подмыва в связи с более ранним их обнажением от снега (отчасти слабой защищенностью растительностью) еще в эпохи прохождения снежно-ледниковых вод и размыва гидрографической сети (см. рис. 8). Действие солнечной инсоляции сказалось на развитии асимметрии и в ложбинах. После распашки склонов оно вновь стало проявляться в связи с более ранним сходом снега на инсолируемых бортах ложбин и усиленным выносом почвы из обнаженной зоны днищ.

3. Асимметрия обуславливается слабым наклоном пластов различной твердости, что приводит при врезании реки к смещению русла в сторону падения устойчивого пласта и усиленному подмыву и разрушению неустойчивого. Она имеет лишь локальное проявление.

1.5 Формы склонов и их развитие

Как уже отмечалось, форма склонов определяется соотношением интенсивности вреза реки и сноса продуктов выветривания. При этом склоны формируются преимущественно за счет срезания (сползания) верхних слоев выветрившейся породы, представляющей собой элювиальный субстрат.

Однако на обширных пространствах равнин поверхностные контуры склонов образованы плащом лёссовых пород, имеющим различную мощность и покрывающим коренные склоны. Причем их форма может быть различной даже в пределах одной балочной системы.

Лишь основываясь на закономерностях циклического развития эрозионно-аккумулятивных процессов, можно объяснить как формирование подпокровного (подлёссового) коренного склона, так и различную форму аккумулятивных склонов. Склоны формируются именно в ходе циклического развития указанных процессов (см. рис. 8), и вид каждого склона отражает определенную стадию развития (врез-снос аккумуляция, снова врез и т. д.). При этом, если склон вогнутой формы может сформироваться в течение одного цикла эрозии, то для формирования выпуклого и сложного склонов требуется прохождение двух или трех эрозионно-аккумулятивных циклов.

В о г н у т а я ф о р м а п р о д о л ь н о г о п р о ф и л я образуется в результате сноса (смыва) в наиболее крутой части склона коренной или древнейшей покровной породы и аккумуляции мелкозема у подножия и в нижней его части. Верхняя часть склона (зона сноса) может представлять собой (в случае залегания здесь коренной породы) элювиальный субстрат, а нижележащая его часть аккумулятивную толщу, делювиальный шлейф (см. рис. 8). При этом в пределах возвышенностей (преимущественно) в случае сильного эрозионного разрушения территории и наличия твердых пород образуются гребневидные водораздельные останцы, при, меньшем (неполном) эрозионном разрушении водораздельных высот – куполовидные останцы, а при недостаточной расчлененности плоских водораздельных площадей с эрозионно-устойчивыми породами и неполной их "сработанности" эрозией – островные водораздельные плато. При наличии куполовидных останцов профиль склонов приобретает выпукло-вогнутую форму.

В современном рельефе склоны вогнутой и выпукло-вогнутой формы продольного профиля широко распространены в верховьях балочных систем, особенно где имеются седловины, перепоясывающие разделы, а также в переходной зоне к террасам рек и другим пониженным уровням.

В ы п у к л а я ф о р м а а к к у м у л я т и в н о г о с к л о н а формируется при последовательном прохождении двух (или трех) эрозионно-аккумулятивных циклов (или подциклов). В предшествующем цикле образуется сглаженная эрозионно-аккумулятивная поверхность склона, а в последующем цикле в процессе вреза гидрографической сети и расчленения территории с отчленением водораздельных увалов происходит делювиальный срез и закругление нижней части склона, придающее ему выпуклость. В позднечетвертичном цикле эрозии, характеризовавшемся наиболее интенсивным врезом гидро-

графической сети и сглаживанием присетевых отрезков склонов, произошёл наибольший сдвиг в развитии выпуклой формы профиля склонов. При этом ввиду подмыва берегов южной экспозиции смещения оси балочной сети в сторону южного склона наиболее выраженную выпуклость и крутизну приобрели инсолируемые склоны, склоны северной экспозиции (теневые) стали более длинными и пологими со значительно меньшей выпуклостью в их нижней части. Формирование водораздельных седловин сопровождалось образованием склонов вогнутой или выпукло-вогнутой формы. Склоны, падающие к подмываемым берегам долин, также обычно имеют отчетливо выраженную выпуклую форму, а противоположные – полого падают и по форме сближаются к прямым.

Вогнуто-выпуклая форма склонов образуется также при прохождении двух (или трех) циклов эрозии (преимущественно в пределах возвышенностей). В предшествующем цикле в ходе эрозионно-аккумулятивного процесса сформировались склоны вогнутой, а также выпукло-вогнутой формы, а затем в результате углубления гидрографической сети, подмыва берегов и частично сглаживания при прохождении нового эрозионно-аккумулятивного цикла (позднечетвертичного) произошло закругление нижней части склонов. В результате они приобрели вогнуто-выпуклую форму, а при формировании в предшествующем цикле куполовидных останцов (в пределах возвышенностей) – сложную форму.

Дальнейшее развитие таких склонов должно протекать под влиянием двух местных базисов эрозии: для вышележащих крутых отрезков склона базисом эрозии является более пологая вогнутая срединная его часть, и здесь будет происходить частичная аккумуляция мелкозема, а для нижележащей выпуклой и крутой части – подножие склона. При отступании и выколаживании крутых верхнего и нижнего элементов склона его профиль будет постепенно приближаться к прямой.

Прямая форма продольного профиля склона образуется чаще всего в виде отдельных отрезков как в зоне среза, так и зоне аккумуляции мелкозема. Совместно эти отрезки образуют в целом склон вогнутой формы. Однако после среза верхней крутой части и выколаживания форма продольного профиля аккумулятивного склона приближается к прямой (в верхней части она может быть закруглена). Это может произойти в течение одного эрозионно-аккумулятивного цикла или в течение двух циклов (более древних) при слабом врезе гид-

рографической сети в последующем цикле. При прохождении поздне-четвертичного эрозионно-аккумулятивного цикла, характеризовавшегося врезом гидрографической (балочной) сети, ввиду подмыва инсолируемых берегов сети длинные аккумулятивные склоны северной экспозиции в ряде случаев слабо эволюционировали в сторону выпуклости и их форма профиля зачастую приближается к прямой.

Таким образом, в ходе циклического развития эрозионно-аккумулятивных процессов (врез, смыв пород, аккумуляция мелкозема и т. д.) происходит преобразование склонов и они приобретают разные формы продольного профиля. Их многообразие обуславливается, еще тем, что каждый склон имеет свой, изменяющийся во времени базис эрозии, и в соответствии с этим происходит его развитие. В настоящее время в районах преимущественного распространения выпуклого профиля склонов степень выпуклости варьирует в широких пределах, причем это связано не только с экспозицией, но также со звеном гидрографической сети, к которому падает склон. Так, по мере продвижения вверх от суходольного звена балки к лоцинному крутизна и выпуклость нижних отрезков склона обычно возрастают, а верхних – уменьшаются. Наиболее выраженной выпуклостью профиля и крутизной отличаются склоны южной и юго-западной экспозиций, а также склоны, примыкающие к подмываемым (или подмывавшимся в недавнем геологическом прошлом) крутым участкам берегов долин.

Поперечная форма профиля склонов также бывает различная: выпуклая, прямая, вогнутая. При выпуклой форме поперечного профиля линии стока расходятся и сток к низу склона как бы рассеивается. Поэтому склон с такой формой поперечного профиля называется рассеивающим. При вогнутой форме профиля склона линии стока сближаются к низу склона, склон (водосбор) получает веерообразную форму и называется собирающим. При прямой поперечной форме профиля склон является нейтральным.

Рассеивающие склоны обычно находятся в низовьях лоцин и балок. Чаще всего такой склон ограничивается разными звеньями гидрографической сети: с двух сторон лощинами или балками, проходящими приблизительно параллельно между собой и открывающимися в балку и речную долину (располагается с третьей стороны). Нередко такой склон ограничивается двумя лощинами или лощиной и балкой, сходящимися под некоторым острым углом.

Собирающие склоны (водосборы) находятся в верховьях лоцин и отвершков.

1.6. О распределении гранулометрического состава лёссовых пород на склонах и в придолинной зоне

С позиций теории циклического развития эрозионно-аккумулятивных процессов рельефообразования представляется возможным объяснить такие сложные вопросы, как распределение гранулометрического состава лёссовых пород на водоразделах и повышенная опесчаненность пород в придолинной зоне. Сторонники эоловой гипотезы связывают эту опесчаненность с навеванием песчаного материала из долин на прилегающие водоразделы и склоны, а сторонники водно-ледниковой гипотезы объясняют это отложением здесь более грубого мелкозема в условиях высоких ледниковых водополий. А. Б. Богуцкий [9], проанализировав фактический материал, относящийся к юго-западной окраине такой платформы, показал, что опесчаненность лёссовых пород в направлении от покрытых лёссом водоразделов к пологим склонам и далее к крутым их отрезкам увеличивается, а глинистость уменьшается. Причиной этого, по мнению Г. И. Горецкого [23], является денудационное, особенно делювиальное, перемещение частиц по склону. Вследствие выноса тонкого материала происходит "отощание" лёссовых пород.

Однако, с другой стороны, известно, что по мере удаления от пунктов эрозионного разрушения возвышенных территорий гранулометрический состав пород водоразделов и пологих склонов изменяется сторону некоторого увеличения глинистости. Это объясняется тем, что тонкие фракции мелкозема транспортируются и отлагаются на длинных делювиальных шлейфах (до расчленения) дальше от мест сноса, чем более крупные.

Другая картина наблюдается на территориях межблочных водоразделов и склонов и приречных зон, где рельеф претерпел большие изменения в ходе позднечетвертичного эрозионно-аккумулятивного цикла (валдайское время). В этом цикле, развивавшемся в условиях сильно понизившихся базисов эрозии и вреза гидрографической сети, происходило делювиальное срезание нижних (в ряде случаев и средних) отрезков склонов (см. рис. 8) и обнажение нижележащих более древних горизонтов разного литологического состава (от песчаных до глинистых). В связи с этим в одних случаях, например при выходах к дневной поверхности красно-бурых глин, глинистость пород на указанных отрезках склонов увеличивается или варьирует в определенных пределах, в других – практически не изменяется в третьих – резко

уменьшается при увеличении опесчаненности. Поскольку в придолинной и нередко прибалочной зонах широко распространены древнейшие террасовые песчано-суглинистые напластования (например, подсыртовые пески в долинах Волги и ее притоков и аналогичные отложения других рек, залегающие на красно-бурых глинах, промежуточные супесчаные отложения и другие породы), то при указанном эрозионном срезании и обнажении нижележащих горизонтов на нижних отрезках склонов здесь неизбежно должна была сильно увеличиться опесчаненность лёссовых пород.

Изложенное подтверждается специальными исследованиями на ключевых участках Куйбышевской и Воронежской обл., а именно: результатами механического анализа лёссовых пород в разных частях склонов, а также построением почвенно-геолого-геоморфологических профилей (см. рис. 1-5).

Г Л А В А 2

ЛИТОГЕННАЯ (ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ) ОСНОВА ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ. ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСОСТЕПИ

2.1. Литологическое строение лёссовых пород – основа распределения растительных формаций и формирования различных почв

В ходе рельефо- и лёссообразования пониженные участки территории на равнинах, более древние эрозионные выработки и пониженные пологие склоны в пределах возвышенностей покрылись мощной толщей отложений, причем верхняя часть толщи (верхний ярус), включая лёссы валдайского времени, представляет собой относительно однородную, преимущественно суглинистую или тяжелосуглинистую породу. Второй (днепровский) ярус лёсса, играющий роль относительного водоупора, или другие водоупорные породы находятся на достаточно большой глубине.

На более крутых и высоких склонах возвышенностей сформировались лёссы малой мощности, отличающиеся значительной слоистостью и неоднородностью литологического строения. Этому благоприятствовали сравнительно небольшая разница в гипсометрическом положении склонов, где аккумуляровались лёссовые породы, и возвышенных пунктов, откуда сносился мелкоземистый субстрат, сравнительно небольшой путь транспортировки мелкозема, а также варьирование расходов делювиальных потоков и их сортирующая способность.

Выше отмечалось, что в позднечетвертичном эрозионно-аккумулятивном цикле на слабонаклонных межбалочных водоразделах и на склонах сформировался новый горизонт относительно молодого валдайского лёсса более тяжелого механического состава, причем на более крутых сильно расчлененных правобережных склонах долин и на прибалочных отрезках склонов южной экспозиции он нередко залегает непосредственно на коренных породах и их элювиально-делювиальных дериватах. Этот горизонт представляет собой довольно сильный относительный водоупор.

Важно отметить, что слоистые отложения с чередованием прослоек различного гранулометрического состава обладают повышен-

ной общей влагоемкостью и значительно большим содержанием легкодоступной для растений влаги по сравнению с однородными грунтами. Кроме того, слоистые грунты, ввиду действия менисковых сил в зоне резкого изменения диаметра капилляров, представляют собой намного большее препятствие для просачивания воды вглубь, чем однородные. К тому же в ряде пунктов под маломощным лёссовым плащом залегают слоистые песчано-глинистые отложения мощностью около 1,0-2,5 м, образовавшиеся в раннечетвертичное время. Они являются довольно сильным водоупором, способствующим формированию в благоприятных условиях верхнего горизонта грунтовой воды или верховодки. Как уже отмечалось, в областях аккумуляции на некоторых приречных участках и особенно в верховьях лощин и балок к дневной поверхности выходят косослоистые промежуточные породы легкого механического состава, залегающие на красно-бурых глинах; вместе они образуют двучленный профиль почвообразующих пород с благоприятным гидрологическим режимом.

Таким образом, на возвышенностях и более пониженных равнинах возникли существенно отличающиеся между собой гидрогеологические условия, что определило формирование различного гидрологического режима почвогрунтов этих территорий и, как результат, – соответствующее распределение в одинаковых климатических условиях древесной (лесной) и травянистой (степной и луговой) растительных формаций, а следовательно, и генезис почв.

Как известно, основоположник генетического почвоведения В. В. Докучаев [31] глубоко обосновал и окончательно установил, что черноземные почвы образуются под травянистой степной и луговой растительностью. Он высказал предположение, что серые лесные почвы являются исконно лесными, развившимися под широколиственными лесами. В дальнейшем получила широкое распространение гипотеза С. И. Коржинского [57], согласно которой серые лесные почвы образовались в результате деградации черноземов вследствие вытеснения степной травянистой растительности лесной, как более мощной растительной формации. Однако в настоящее время многие ученые обоснованно считают, что из степных черноземов образовались лишь темно-серые лесные почвы и оподзоленные черноземы [6, 59]. Придерживаясь этой точки зрения, мы полагаем, что темно-серые лесные почвы образовались в результате освоения лесом степных участков на ранней стадии развития черноземов (средний голоцен), а

климатические условия определяют положение почвенно-растительных зон: с изменением климата зоны соответственно смещаются.

На обширных территориях лесостепной зоны нашей страны почвенный покров представлен серыми лесными и черноземными почвами, причем они имеют перемежающееся, мозаичное распределение. Серые лесные почвы чаще всего занимают наиболее возвышенные в данной местности куполовидные водораздельные участки, холмы, бугры, а также более расчлененные склоны и высокие берега гидрографической сети. Черноземы обычно находятся на более равнинных территориях и пологих склонах, имеющих разные гипсометрические уровни.

Встает вопрос, с чем связано указанное перемежающееся (мозаичное) распределение в прошлом массивов лесов и степей и соответствующих им почв, каковы причины этого явления.

В. В. Докучаев [30], придавая большое значение объяснению причин существования лесостепи и считая, что они связаны с естественными физическими особенностями страны, отмечал нерешенность проблемы.

По рассматриваемой проблеме в свое время проходила дискуссия, в которой приняли участие крупнейшие ученые-почвоведы, географы, геоботаники. Е. М. Лавренко и А. В. Прозоровский [60], обобщив взгляды ученых по рассматриваемому вопросу, объединяют причины безлесья степей в следующие семь групп: 1) уничтожение лесов человеком главным образом в результате пожаров (В. И. Талиев и др.); 2) недостаток осадков при усиленном испарении (Гризебах, Шимпер, Г. Н. Высоцкий и многие другие); 3) засоленность степных почв и подпочв (Г. И. Танфильев, частично Г. Н. Высоцкий, В. Н. Городков); 4) физические особенности степных почв – мелкоземистость (П. А. Костычев, И. И. Спрыгин); 5) равнинный рельеф степей, их слабый дренаж, что, в свою очередь, обуславливает временное (весеннее) затопление степных почв (эта теория, впервые разработанная американскими исследователями, перенесена на русскую почву А. Н. Красновым); 6) незакончившийся процесс облесения лесостепной полосы, в результате которого леса, как "более мощные и совершенные" растительные группировки, вытесняют степные фитоценозы (С. И. Коржинский), 7) циклический характер взаимоотношения леса и степи в лесостепной полосе: дубовый лес поселяется на степных почвах, черноземах и постепенно превращает их в сильнооподзоленные лесные суглинки, малопригодные для существования леса; в связи с этим дубовый лес по-

степенно исчезает, заменяясь степной растительностью, которая способствует превращению лесного суглинка снова в чернозем (процесс проградации и реградации чернозема); на последнем снова поселяется лес, вытесняя степную растительность, и т. д. (Г. Э. Гроссет).

Представленные взгляды на происхождение лесостепи, по существу, не изменились до последнего времени. Так, А. А. Роде и В. Н. Смирнов [89] утверждают, что название "лесостепь" для европейской части этой зоны отражает не столько ее современное состояние, сколько происхождение, ее историческое прошлое. Исторически эта зона образовалась в результате взаимных смен травянистой (степной или луговой) и древесной растительных формаций – смен, направление которых определялось как свойствами, присущими этим формациям, так и изменением климатических и иных условий и все возрастающим вмешательством человека. Эти взаимные смены растительных формаций и отразились на почвенном покрове лесостепной зоны.

Следует подчеркнуть, что ни одна из названных выше гипотез не раскрывает основной причины того, почему в одинаковых климатических условиях одна часть территории оказалась занятой (в прошлом) лесом, а другая – степью.

Основная причина указанного распределения лесов и степей лесостепи коренится в особенностях литологической (гидрогеологической) основы территории (литологического строения пород), которая возникла в ходе циклического развития эрозионно-аккумулятивных процессов (рельефо- и лёссовобразования) в четвертичный период геологической истории Земли. При формировании почвенно-растительных зон в голоцене леса расселились: а) на территориях с маломощным литологически неоднородным, слоистым лёссовым покровом; б) на площадях с маломощным ярусом типичного лёсса, подстилаемого породами более водоупорного второго яруса на небольшой глубине или водоупорными коренными породами (например, меловым мергелем); в) на участках с двучленным строением профиля при залегании сверху маломощного в ряде случаев неоднородного суглинка, представляемого водоупорной, например красно-бурой, глиной; г) на слоистом элювии-делювии коренных пород и т.д. Во всех случаях верхняя корнеобитаемая толща пород обладает высокой общей влагоемкостью и повышенными запасами продуктивной (легкодоступной для растений) влаги. Здесь образовались серые лесные почвы.

Степная травянистая растительность покрыла участки лесостепи с более мощной толщей однородного лёсса, отличающейся пониженными

влажностью и диапазоном активной влаги и, следовательно, меньшими запасами продуктивной влаги в корнеобитаемом слое, ибо просачивающаяся атмосферная влага недостаточно задерживается в этом слое, легко сбрасывается вглубь. На них сформировались черноземы.

Промежуточные по характеру гидрологических условий территории стали ареной наиболее ожесточенной борьбы между лесом и степью. В более влажные отрезки времени лес наступал в первую очередь на участки степей с более благоприятным гидрологическим режимом почвогрунтов. На территориях степей, ранее завоеванных лесом, образовались темно-серые лесные почвы, а куда лес пришел позднее – оподзоленные черноземы.

В конечном счете главной причиной перемежающегося (мозаичного) распределения массивов древесной лесной, травянистой степной и луговой растительных формаций и соответствующих им почв является различная влагоемкость (водоудерживающая способность) слоистых литологически неоднородных и мощных литологически более однородных толщ. Формирование серых лесных почв обусловлено не повышенным поверхностным увлажнением тех или иных участков территории, например в связи с выраженностью микро- или мезорельефа (всевозможные депрессии, понижения, где может собираться вода), хотя и они в определенных условиях являются лесопригодными, а благоприятным литологическим строением корнеобитаемой и подстилающей толщи почвогрунта (активная зона водообмена), способной удерживать просачивающуюся в почву гравитационную влагу и тем самым обеспечивать водой влаголюбивую лесную растительность. Дополнительное же поверхностное увлажнение почвогрунтов с наличием водоупоров и различной водоудерживающей способностью обуславливает появление (образование) "гомологического ряда" серых лесных почв по увлажнению и оглеению (серые лесные, серые лесные глееватые, серые лесные глеевые почвы).

Закономерная связь литологического строения корнеобитаемой и подстилающей толщи почвогрунта (обуславливающего благоприятный для леса гидрологический режим) с распространением лесов, а мощной однородной толщи лёсса – с распространением степей является всеобщей. Однако она четко проявляется лишь в благоприятных климатических условиях лесостепи. Опираясь на эту закономерность, можно утверждать, что в случае существенного изменения климата лес в первую очередь осваивал бы участки степей с наиболее благоприятны-

ми гидрологическими условиями (неоднородным литологическим строением пород), а при изменении климата в сторону засушливости он уступал бы место степной растительности прежде всего на участках с относительно более однородным строением почвогрунтов.

Умеренное действие гидрологических условий может определяться, например, глубиной залегания второго яруса лёсса, являющегося слабым или умеренным относительным водоупором, а также характером подстилающих этот ярус пород. При его залегании на глубине 5-7 м в условиях лесостепи, например, в Курской обл. сформировались темно-серые лесные почвы; а при более глубоком залегании – оподзоленные и выщелоченные черноземы.

При отмеченном выше двучленном строении верхнего яруса лёсса, когда сверху на типичном лёссе залегает слой (горизонт) тяжелого суглинка мощностью около 2,0-2,5 м, над более легкими отложениями (выше зоны смены наносов) формируется горизонт капиллярно-подвешенной воды, что улучшает гидрологические условия местообитания растительности [5, 10]. Однако улучшение водного режима при данной комбинации пород не настолько значительно, чтобы здесь сформировались темно-серые лесные почвы, хотя почвообразовательный процесс проходил здесь и в более благоприятных гидрологических условиях, но под травянистой степной и луговой растительностью (что привело к образованию типичных черноземов), и лишь увлажнение климата способствовало продвижению леса на степь. Что касается южной лесостепи, то с продвижением леса под дубравами до настоящего времени происходило лишь выщелачивание карбонатов без оподзоливания черноземов [5].

Следует отметить, что сравнительно небольшое варьирование в литологическом строении материнских и подстилающих пород в пределах лесостепи и степи определяет существенные нюансы в состоянии их гидрологического режима и, следовательно, биологическую продуктивность травянистой растительности, а на пахотных склонах – культурной растительности. Поэтому изучение этих свойств указанных пород будет иметь большое значение для сельскохозяйственного производства.

Наличие на водоразделах с однородным литологическим строением почвогрунтов хорошо выраженного ложбинно-западинного микро-рельефа, обуславливающего дополнительное поверхностное увлажнение, способствовало образованию гомологического ряда (по увлажне-

нию) почв: черноземы, лугово-черноземные, черноземно-луговые, луговые (последние развились при близком залегании грунтовых вод).

Лес получил распространение не только в лесостепной зоне. Он продвинулся по суходольной (балочной) гидрографической сети далеко на юг в сухую степь и в область полупустыни (например, в Волгоградскую обл.). Такие леса получили название байрачных или балочных. Распространение байрачных лесов также связано с особенностями литологического строения пород, а также с повышенным увлажнением берегов балок, обусловленным главным образом перераспределением снежного покрова, а иногда и боковым грунтовым подтоком влаги. Лес в ряде случаев выходит из балок по ложбинам и потяжинам на склоны, где залегают близко от поверхности или выклиниваются песчано-глинистые образования при наличии водоупоров. Однако на берегах балок, сложенных достаточно мощной толщей однородного лёсса, лес не поселялся и под травянистой растительностью развились черноземные почвы. Это подтверждается нашими специальными исследованиями на Новосильском (Орловская обл.) и Острогожском (Воронежская обл.) ключевых участках. Лишь после надвигания леса на степь указанные почвы эволюционировали в оподзоленные черноземы.

Очень важны экологические аспекты проблемы. Необходимо учитывать главнейшие механизмы эволюции ландшафтов, так как с ними связаны критические состояния ряда элементов, главным образом растительности. Дело в том, что растительность, как элемент ландшафта, эволюционируя, в то же время обладает как бы инерцией бытия (существования). Лес, занимая ту или иную территорию, стремится сохраниться на ней даже в существенно изменившихся условиях временного увеличения засушливости климата. Причем он может пребывать в этом критическом состоянии в течение довольно длительного времени (многие десятки лет). Восстановление прежних более благоприятных климатических условий и в связи с этим систематическое восполнение запасов легкодоступной влаги в корнеобитаемом слое (зона активного влагообмена) снова придает растительному сообществу стабильность и обеспечивает его интенсивное воспроизводство.

В период критического состояния леса особенно опасно грубое вмешательство человека в жизнь естественного фитоценоза. Так, вырубка леса в этот период может повлечь за собой весьма неблагоприятные экологические последствия: лес будет не в состоянии самостоятельно восстановиться в прежнем составе, и на его месте может

остаться лишь малопродуктивный кустарник. Подобные трансформации, обусловленные нерациональной хозяйственной деятельностью человека, имеют место в действительности. Поэтому в районах промышленной эксплуатации леса при критическом его состоянии (вследствие недостаточной влагообеспеченности в данных гидрогеологических и климатических условиях) не следует ориентироваться на его естественное возобновление, но нужно заранее планировать создание на вырубках лесокультур.

Обратимся к натурным исследованиям, иллюстрирующим теоретические положения о закономерной связи, с одной стороны, неоднородного литологического строения почвогрунтов с распространением лесов и соответственно серых лесных почв, а с другой стороны, более мощной однородной толщи лёсса – с распространением степей и черноземных почв.

2.2. Полевые исследования для обоснования литогенной основы ландшафтов

Изучение стратиграфии, литологического строения и особенностей гидрогеологии лёссовых пород, которые определяют их лесорастительные свойства, в пределах Средне-Русской возвышенности проводилось преимущественно в Орловской обл., в районе Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции (ЗАГЛОС) им. А. С. Козменко, (совместно с Е. А. Гаршинёвым) на участках с серыми лесными почвам и оподзоленными чернозёмами и в Курской обл.; кроме того, некоторые исследования выполнены в Воронежской и Куйбышевской обл. При этом описывались обнажения оврагов, закладывались почвенные шурфы и буровые (смотровые) скважины на глубину 5-6, а в ряде случаев до 8-10 м с описанием литологии, отбором образцов для механического анализа и определением влажности грунтов.

В результате исследований установлено следующее.

На более возвышенных водораздельных буграх междуречья Зуши и ее правого притока Колпны (куполовидные водоразделы I порядка, абсолютные высоты около 255-267 м), сложенных коренными песчано-глинистыми породами (меловая и юрская системы) и покрытых маломощным элювием-делювием, ввиду наличия глинистых водоупорных прослоек ежегодно весной и во время обильных дождей формируется на глубине 1-2 м верховодка или зона высокой влажно-

сти. Кроме того, в самой массе глинистого песка или супеси может содержаться значительное количество стыковой и пленочно-подвешенной воды. Наличие гравитационной воды в почве водораздельных бугров обнаружено нами в летний сезон в ряде пунктов: в 2 км юго-восточнее д. Чулково в шурфах глубиной 1,5 м, в 1,5 км на северо-запад от этой деревни (склон с ивовым кустом, глубина бурения 2,3 м), вблизи Чулковской базы станции и в других пунктах. Относительными водоупорами обычно служат прослой глины, а в некоторых случаях – плиты железистого песчаника. Куполовидные (местами гребневидные) водораздельные бугры являются своеобразными останцами коренных пород, занимающими в настоящее время сравнительно небольшую площадь. Они в свое время были заняты лесом, и на них сформировались серые лесные почвы.

На водоразделах II порядка и их склонах, падающих к долинам и балкам (высота около 230-250 м), где также находятся серые лесные почвы, толща покровных пород состоит из двух ярусов лёсса и подстилающих их слоистых песчано-глинистых образований (см. рис. 8). Верхний ярус вместе с горизонтом бурого валдайского лёсса (его не везде возможно выделить) – светло-бурый (местами белесый от карбонатов) средний и тяжелый суглинок с прослойками легкого суглинка или супеси, он имеет мощность в пределах 1,5-3,5 м; второй ярус – бурая с оранжевым оттенком лёссовидная опесчаненная легкая глина (или тяжёлый суглинок), его мощность варьирует в пределах 0,5-2,5 м, а общая мощность двух ярусов около 2,5-4,5 м (местами в нижней части склонов достигает 5-6 м). Ниже залегают, чередуясь между собой, прослой глины и глинистой супеси или песка желтовато-оранжевых цветов (общая мощность варьирует в пределах (0,5-2,3 м), а у их основания на рухляке находится древний глинистый элювий известняков. Некоторая слоистость верхнего яруса лёсса и второй лёссовый ярус (легкая глина) в значительной степени тормозят продвижение атмосферных осадков вниз, и гравитационная влага накапливается в прослоях более лёгкого механического состава. Дополнительным водоупором являются залегающие ниже прослой более плотной глины.

Некоторые данные о механическом составе разных прослоев лёссовых и отчасти подстилающих их пород на территории Новосильской ЗАГЛОС представлены в табл. 2.

В урочище Колодезном (склон с-з экспозиции) основной глинистый водоупор находится на глубине 4,4-4,5 м, на склоне со снегораспределителями (ю-з экспозиция) – на глубине 2,45-4,65 м. При опи-

санном литологическом строении покровных пород налицо предпосылки для формирования в этих породах (в благоприятных условиях) маломощного горизонта грунтовых вод или временной верховодки, что и установлено исследованиями.

Таблица 2

**Механический состав почв и грунтов на участках
с серыми лесными почвами и оподзоленными черноземами
(Новосильская ЗАГЛОС им. А. С. Козменко)**

Но- мер раз- реза	Глубина взятия образцов, см	Размер фракции								Название почв, грунтов и пород по механическо- му составу
		1,0- 0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001	>0,01	<0,01	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Серые лесные почвы</i>										
<i>Урочище Колодезное, склон С-З экспозиции</i>										
2	0-10	0	0,3	60,1	13,9	18,7	7,0	60,4	39,6	Суглинок средний
	70-80	0,1	1,0	44,5	8,8	13,8	32,4	45,5	54,5	Глина легкая
	170-180	0,3	9,6	71,5	8,9	4,7	5,0	81,4	18,6	Супесь
	440-460	3,5	1,5	26,4	12,0	27,0	29,6	31,4	68,6	Глина средняя
	540-660	47,7	28,3	0,8	5,1	10,3	7,8	76,8	23,2	Суглинок легкий
3	0-10	0	1,4	57,7	7,3	14,9	18,7	59,1	40,9	Суглинок тяжелый
	70-80	0	3,6	41,1	15,6	11,7	28,0	44,7	55,3	Глина легкая
	290-310	0,2	2,9	57,2	16,7	11,7	11,3	60,3	39,7	Суглинок средний
	540-560	3,3	2,0	30,5	13,2	29,0	20,0	35,8	64,2	Глина легкая
<i>Участок со снегораспределительными лесными полосами, склон Ю-З экспозиции</i>										
6	0-10	1,3	1,5	60,0	5,3	9,2	22,7	62,8	37,2	Суглинок средний
	80-90	0,2	8,1	42,6	4,4	7,7	37,0	50,9	49,1	тяжелый
	205-215	0,4	37,3	27,8	4,9	8,4	21,2	65,5	34,5	ср. опесч.
	220-230	20,4	30,3	10,0	5,6	14,9	18,8	60,7	39,3	опесчан.
	340-360	26,8	33,6	9,3	3,8	1,1	25,4	69,7	30,3	опесчан.
	440-465	2,0	1,4	6,9	4,7	9,9	76,1	9,3	90,7	Глина тяжелая
7	0-10	0,1	1,6	57,6	12,1	9,8	18,8	59,3	40,7	Суглинок тяжелый
	70-80	0,3	2,6	48,4	10,5	5,4	32,8	51,3	48,7	То же
	170-180	5,3	6,5	26,6	22,7	5,2	33,7	38,4	61,6	Глина: легкая
	245-260	8,4	12,4	12,0	8,9	11,6	46,7	32,8	67,2	средняя
	465-472	5,5	9,0	7,3	7,5	15,1	55,6	21,8	78,2	средняя
	490-505	61,8	28,3	0,1	4,3	0,3	5,2	90,2	9,8	Песок крупнозерн.
7	540-560	6,7	14,3	7,9	19,8	13,9	37,4	28,9	71,1	Глина легкая

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Оподзоленные черноземы. Заречье, склон С-В экспозиции. Верхняя часть склона</i>										
21	190-200	0,6	1,2	56,6	7,5	10,9	23,2	58,4	41,6	Суглинок: средний
	320-350	2,1	4,6	40,8	2,4	12,6	37,5	47,5	52,5	тяжелый
	460-470	44,7	12,4	14,4	3,5	5,3	19,7	71,5	28,5	легкий
	540-550	74,2	10,4	1,3	2,1	1,5	10,5	85,9	14,1	Супесь глинистая
	915-920	74,6	13,6	2,4	1,8	0,9	6,7	90,6	9,4	Песок глинистый
<i>Нижняя часть склона</i>										
20	190-200	0,8	3,8	55,6	5,9	19,3	14,6	60,2	39,8	Суглинок средний
	415-425	0,4	6,4	51,3	10,9	9,9	21,1	58,1	41,1	То же
	440-450	1,2	8,7	33,2	14,4	13,9	28,6	43,1	56,9	Суглинок тяжелый
	570-580	1,8	11,1	27,0	16,5	12,4	31,2	39,9	60,1	Глина легкая
	600-610	2,7	12,5	29,1	7,6	16,6	31,5	44,3	55,7	Суглинок тяжелый
	630-640	1,5	11,7	24,3	9,7	15,2	37,6	37,5	62,5	Глина легкая
	750-760	3,7	30,1	34,8	4,4	3,1	23,9	68,6	31,4	Суглинок средний
	775-785	0,3	1,4	9,7	4,8	29,2	54,6	11,4	88,6	Глина тяжелая
	800-810	8,7	7,3	27,9	19,7	1,6	34,8	43,9	56,1	Суглинок тяжелый

Примечание. Бурение скважин 20 и 21 (с отбором образцов) произведено автором совместно с Е. А. Гаршинёвым; работы по бурению 2, 3, 6 и 7-й скважин, а также по механическому анализу образцов выполнены Е. А. Гаршинёвым.

В июле 1952 г. нами была обнаружена на глубине 1,75-2,0 м верховодка в 1-й стокорегулирующей лесной полосе и в приопушечной зоне ниже по склону до 100 м. Наблюдения В. А. Каргова за потоком грунтовой воды от лесополосы показали, что в весенние месяцы вода находилась в 1,5-2,6 м от поверхности. В заложенных нами в 1965 г. на склоне с водозадерживающими валами смотровых скважинах (глубина 3,0-4,6 м) установлено наличие постоянного зеркала грунтовых вод на глубине 0,5-3,0 м. В скважине, пробуренной в июле 1968 г. на пологом пахотном склоне в молодой лесополосе (накапливающей мало снега), зеркало воды находилось в 4,75 м от поверхности. Верховодка близко от поверхности (1,5-3,0 м) наблюдалась так же ниже садовой полосы и в других пунктах. Летом 1965 г. отмечался значительный подъем воды в скважинах после выпадения обильных дождей.

Все это свидетельствует о том, что элювий-делювий возвышенных куполовидных бугров (водоразделы I порядка) и маломощные

слоистые лёссовые напластования водоразделов II порядка (и их склонов) представляют собой значительные водоудерживающие емкости, как бы резервуары, в которых при благоприятных условиях может накапливаться гравитационная и капиллярно-подпертая влага, легкодоступная для растений. Это и явилось необходимой предпосылкой, главнейшим условием освоения этих участков территории лесной растительностью (широколиственный лес) и формирования на них серых лесных почв. В нижней части некоторых склонов (особенно падающих к речным долинам) мощность и однородность первого лёссового яруса увеличивается, а слоистость уменьшается, и водоупор понижается и ослабляется; в таких местах залегает более гумусированная темно-серая почва, а иногда оподзоленный чернозем.

На массивах с черноземными почвами толща покровных пород существенно отличается от описанной выше. Это также межбалочные водораздельные пространства (водоразделы II порядка), имеющие общий уклон к долинам, однако ввиду большой выработанности и более низкого положения коренной поверхности склона мощность лёссового плаща здесь значительно большая. Например, на левобережном склоне с-в экспозиции, падающем к долине (I надпойменной террасе) р. Зуши (см. рис. 8), где залегает оподзоленный чернозем (здесь пробурили шесть глубоких скважин), толща лёссового плаща – крупнопылеватого среднего и тяжелого суглинка – варьирует в пределах 3-8,9 м, а вместе с нижележащей лёссовидной глиной 6,5-9,9 м (это отложения валдайского времени). В верхней части этого склона лёссовая толща подстилается переслаивающимися песчано-глинистыми напластованиями мощностью около 3 м или слоистыми глинистыми песками и супесями с участием суглинка, имеющими желто-оранжевые цвета (их общая мощность около 5,5 м и больше), а в нижней – рыхляком верхнедевонского известняка.

Из табл. 2 видно, что в верхней части склона (скв. 21) имеется лишь слабый водоупор на глубине около 3,0-3,5 м (тяжелосуглистый лёсс), в нижней его части (скв. 20) водоупорная прослойка из легкой глины располагается на глубине около 5,8 м и лишь на глубине 7,8 м находится прослой тяжелой глины. Скважины заложены в лесной полосе, где собираются большие сугробы снега (до 1,8-2,0 м) и в почву ежегодно просачивается много талой воды (около 600-650 мм). Несмотря на это, грунтовая вода в скв. 20 появлялась на глубине около 6 м лишь весной, а затем исчезала; в скв. 21 она вообще отсутствовала.

Наличие на глубине около 4-5 м тяжелого суглинка или легкой глины, тормозящей быстрое просачивание воды вглубь, в определенных климатических условиях благоприятствовало надвиганию леса на степь и оподзоливанию чернозема.

Аналогичный гидрологический режим может создаваться и при ином сочетании прослоев разного механического состава (ином литологическом строении пород).

Выше на геолого-геоморфологическом профиле Тускарь-Курского междуречья с темно-серыми лесными почвами (см. рис. 9) показано, что на глубине около 6-7 м находится относительный водоупор, а на расстоянии около 4 м от поверхности – зона повышенной важности (капиллярная кайма). Установлено, что корни березы (здесь произрастают изреженные полосные лесокультуры) проникают на глубину до 5-6 м. Описанные гидрогеологические условия способствовали поселению здесь леса (по-видимому, в атлантическую климатическую фазу) и формированию темно-серых лесных почв. При наличии здесь естественного леса влагопотребление было бы значительно большим и грунтовая вода не накапливалась бы. На других территориях Курской обл. (Центрально-Черноземный заповедник, ОПХ ВНИИЗиЗПЭ и др.), где сформировалась более мощная и однородная лёссовая толща, образовались черноземные почвы.

Приведенные материалы подтверждают, что древесная (лесная) растительность освоила участки территории с литологически неоднородным (или с близким водоупором) лёссовым покровом, обладающим повышенной водоудерживающей способностью (здесь образовались серые лесные почвы), а травянистая (степная, луговая) – участки, где залегает более мощная, литологически однородная толща лёссов, характеризующаяся меньшей влагоемкостью и меньшим содержанием легкодоступной влаги в корнеобитаемом слое (в связи с наступлением леса на степь на них сформировались черноземы, которые подвергались затем оподзоливанию в фазу с более влажным климатом).

2.3. Анализ литературных источников для обоснования литогенной основы формирования лесостепи

Закономерную связь черноземных и серых лесных почв с особенностями материнских и подстилающих пород можно проследить и в других районах лесостепи и северных степей. Обращает на себя

внимание следующее обстоятельство. В Курской обл. в высоких изрезанных правобережьях Сейма, Реута, Псла и других рек, обращенных на юг и юго-запад, на более иссушаемых склонах широкое распространение получили серые и темно-серые лесные почвы. Левобережные же северные менее иссушаемые склоны, заняты черноземами. Много подобных примеров имеется и в других районах лесостепи. Это свидетельствует о неизмеримо более сильном влиянии литологического строения корнеобитаемой толщи материнских и подстилающих пород по сравнению с другими факторами.

На территории Курской зональной опытно-мелиоративной станции (КЗОМС, Льговский р-н), где был построен в 1951 г. на склоне с выщелоченным черноземом водоем-копань (емкостью 53 тыс. м³), ввиду наличия мощной толщи однородного лёсса почти ежегодно в дно копани просачивается слой 1-2 м собирающейся здесь снеговой воды, при этом не отмечено образования нового горизонта грунтовой воды [58].

Исследованиями, проведенными на Балашовской сельскохозяйственной опытной станции Саратовской обл. (почва – обыкновенный глинистый чернозем), установлено, что под лесной полосой посадки 1940 г. в периоды исследований 1949-1953 и 1957-1959 гг. в слое лёсса мощностью 0-4 м после снеготаяния влажность почвы не достигала полевой влагоемкости, а в лесополосе посадки 1891 г., хотя запасы воды в слое 0-3 м несколько превышали полевую влагоемкость, лишь в одном 1958 г. уровень грунтовой воды под лесополосой достиг 2,5 м от поверхности [41]. Это свидетельствует о "степном типе" гидрологического режима почвогрунта.

Нашими исследованиями на Острогожском ключевом участке Воронежской обл. установлено, что на наиболее возвышенных плоскоовальных водоразделах, где находятся серые лесные (местами осолоделые) почвы, близко от поверхности залегает толща красной бурой глины, покрытая сверху тонким шлейфом делювиального суглинка (лёсс); его мощность варьирует от 0,5-0,7 м на наиболее высоких участках до 1,5-3,0 м на склонах, падающих к гидрографической сети. Двучленность профиля материнской породы при малой мощности верхнего члена – слоистого суглинка – и наличие на небольшой глубине довольно сильного водоупора благоприятствует произрастанию леса. По мере понижения межбалочных водоразделов мощность верхнего лёссового яруса возрастает до 6-8 м и больше, и здесь сформировались черноземы. Наличие пятен осолоделых серых лесных

почв и солонцеватых черноземов (в низшей части склонов) связано с присутствием засоленных красно-бурых глин.

В Каменной степи Воронежской обл. (НИИСХ ЦЧП им. Докучаева), где обыкновенный чернозем залегает на лёссах, имеющих суммарную мощность 7-14 м и больше, зеркало грунтовой воды находится на глубине 6,29-8,56 м, а под лесными полосами на 5,49-8,54 м от поверхности [7]. Гидрологический фон здесь неблагоприятен для произрастания леса, и здесь сформировались черноземные почвы.

Геологическое строение территории междуречья Хопер-Карачан (правый приток р. Хопра), где находится Борисоглебский лесной массив (включающий Теллермановскую рощу) с темно-серыми и серыми лесными почвами, существенно отличается от такового в Каменной степи. Согласно описанию С. В. Зонна [43] (с привлечением материалов бурения А. А. Дубянского), на склонах вблизи балок почвообразующие и подстилающие породы представляют собой неоднородные по литологическому составу слоистые, местами с линзовидным залеганием образования: суглинистые и глинистые прослойки небольшой мощности чередуются с прослоями перемытого песчаного (валунного) суглинка, глинистого песка и других пород, создавая большую пестроту. Это, безусловно, лесопригодные земли. Для более возвышенных плоских или куполовидных водораздельных участков (гипсометрические уровни 164-170 м) характерно двучленное строение пород: сверху находится маломощный (0,5-1,0 м или несколько больше) крупнопылеватый, местами сильно опесчаненный суглинок, а ниже залегает глинистый субстрат – преимущественно бурая или красно-бурая глина, представляющая собой довольно сильный относительный водоупор; в результате создаются благоприятные условия для произрастания леса.

Сходное строение имеет толща почвообразующих и подстилающих пород Шипова леса Воронежской обл., где сформировались серые и темно-серые лесные почвы. Согласно исследованиям П. В. Отоцкого [83], здесь также толща красно-бурых или шоколадных глин покрывается маломощным наносом слоистых лёссовидных суглинков, что благоприятствует произрастанию леса. П. В. Отоцкий указывал на полное отсутствие грунтовых вод в Шиповом лесу (а также в других лесных массивах) при наличии их на прилегающей степной территории и на то, что эти факты не поддаются объяснению.

Известный швейцарский ученый лесовод Энглер, критикуя выводы Отоцкого, связывал резкое понижение грунтовых вод в Шиповом

лесу (их глубокое залегание) не с транспирацией леса, а с тем, что вода в лесу уходит глубоко по ходам корней, в то время как на степных участках, где нет корней, она задерживается на некоторой глубине. Факт быстрого повышения грунтовых вод на лесосеке он приписывал тому, что почва после вырубки леса уплотняется и ходы корней заиливаются. В действительности же, ввиду наличия водоупора атмосферная влага здесь временно накапливается в корнеобитаемом слое, а затем полностью потребляется лесом. На степных же участках в однородной толще лёссов гравитационная влага быстро просачивается вглубь до нижележащих водоупорных слоев, пополняя или формируя горизонт грунтовых вод. Вырубка леса способствует образованию на лесосеке верхнего горизонта грунтовых вод (в зоне активного влагообмена) или верховодки, поскольку прекратилось потребление влаги лесом. Таково наше объяснение отсутствия грунтовых вод в Шиповом лесу и других лесных массивах и их наличия на смежных степных участках.

Мы считаем, что наличие и других островных естественных лесных массивов среди степей юга и юго-востока нашей страны (Воронежская, Саратовская, Волгоградская, Донецкая, Ворошиловградская, Полтавская, Винницкая и другие обл.) связано с благоприятными гидрогеологическими условиями их местообитания – своеобразием литологического строения почвообразующих и подстилающих пород. В одних случаях это элювий-делювий возвышенных водораздельных бугров и холмов или маломощные делювиальные напластования, залегающие на коренных породах, в других – такие же маломощные напластования на пониженных водоразделах с близким залеганием красно-бурых, шоколадных и других глин, представляющих собой сильный относительный водоупор, в третьих – переслаивающиеся песчано-глинистые образования, преимущественно вблизи или в черте гидрографической сети. Чаще всего лесные массивы занимают относительно наиболее возвышенные участки междуречий, а также берега гидрографической сети, поскольку в ходе рельефо- и лёссовобразования именно здесь сформировались неоднородные маломощные отложения с благоприятным гидрологическим режимом. Смежные пониженные водоразделы и склоны с более мощным плащом однородного лёсса и, следовательно, худшими гидрологическими условиями были освоены степной (травянистой) растительностью.

На основании вышеизложенного можно заключить: сформировавшиеся в ходе рельефообразования на склонах и водоразделах лёс-

совые породы (в ряде случаев элювий-делювий коренных пород), характеризующиеся различными мощностью и литологическим строением и потому обладающие неодинаковыми гидрологическими свойствами (в частности, различной водоудерживающей способностью), обусловили соответствующее распределение более влаголюбивой древесной (лесной) и засухоустойчивой травянистой (степной) растительных формаций и образование соответственно серых лесных и черноземных почв, т. е. формирование лесостепи.

Основные положения и выводы по первой части

1. Процессы формирования рельефа (склонов), лёссовых пород водоразделов и склонов при циклическом их прохождении с превращением эрозионно-аккумулятивных лёссовых территорий в холмистые (бугристые) или увалисто-сырцовые пространства являются едиными. При этом одновременно формируется и подлессовая поверхность коренного склона (или промежуточные лёссовые поверхности). Цикличность процессов обуславливается большими изменениями климатических и связанных с ними биологических (растительность и почвы), а также гидрологических условий, постоянным изменением базисов эрозии.

Это важное положение помогает теоретически осмыслить грандиозные процессы эрозионного разрушения возвышенностей и формирования лёссовых пород (коры выветривания), т. е. литогенной основы современных ландшафтов, а также более полно и правильно оценить большую роль растительности (биологический фактор) в рельефообразовании. Более глубокое понимание причинно-следственных связей и результатов взаимодействия различных факторов при циклическом развитии эрозионно-аккумулятивных процессов открывает перспективу направленного регулирования этих процессов в условиях хозяйственной деятельности, более продуктивного использования земель и более правильного подхода к охране окружающей среды. Сделанные разработки позволяют также более эффективно проводить дальнейшее изучение литогенной (гидрологической) основы и разных компонентов ландшафта и разрабатывать способы более продуктивного использования земель. Они создают предпосылки для лучшего уяснения причин оврагообразования, смыва почв и разработки или совершенствования теоретических основ борьбы с эрозией.

Так глубокое, причем не закончившееся расчленение территории в верхнеплейстоценовом эрозионном цикле и сравнительно сла-

бое сглаживание склонов (из-за подавления эрозии развившимся растительным покровом) создало предпосылки для бурного развития антропогенной эрозии – смыва почв и оврагообразования; причем эти процессы развиваются на основе древнего рельефа и древних базисов эрозии независимо от современных тектонических движений земной коры. Поэтому в настоящее время противоэрозионные мероприятия требуется разрабатывать во всех тех районах, где выражен рельеф, независимо от современного эпейрогенеза.

2. Обосновано положение о том, что в зонах преимущественного эрозионного разрушения (возвышенности) получили широкое распространение лёссы малой мощности (или маломощный элювий-делювий) с неоднородным литологическим строением, характеризующиеся повышенной водоудерживающей способностью, что благоприятствует произрастанию леса. В зонах древнейшей эрозионной выработки и преимущественной аккумуляции сформировались лёссы большой мощности с более однородным литологическим строением и пониженной влагоемкостью.

3. С учетом всеобщей закономерной связи в распределении древесной (лесной), травянистой (степной и луговой) растительных формаций, генезиса соответственно серых лесных и черноземных почв, с одной стороны, и особенностей литологического строения и гидрологического режима материнских, подстилающих (лёссовых) пород, с другой – аргументирована литогенная основа формирования лесостепи.

Наши научные разработки помогают глубже понять генезис серых лесных и черноземных почв лесостепи и их приуроченность к различным территориям, что очень важно для развития теории почвообразовательного процесса. Из этого также следует важный вывод, который может быть использован в практике сельскохозяйственного производства: поскольку корнеобитаемая толща материнских пород серых лесных способна содержать больше доступной для растений влаги, на этих почвах при их окультуривании и полном обеспечении растений питательными веществами можно получить такие же (или более высокие) урожаи, как и на соседних черноземных массивах.

4. Изложенные материалы позволяют глубже уяснить взаимосвязь леса с почвенно-грунтовыми условиями и более обосновано подойти к оценке лесопригодности (лесорастительных условий) того или иного участка территории, где предполагается создавать лесонасаждения. Наилучшие условия для их произрастания – это слоистые

отложения с чередованием прослоев более легкого (песок, супесь) и тяжелого механического состава, а также профиль почв с двучленным строением, когда верхний член представляет собой субстрат легкого механического состава, а нижний – средний или тяжелый суглинок или глину; наилучшие – отложения, имеющие однородный литологический состав. Гидрологические условия произрастания, например, лесных полос на однородных породах в условиях сухой степи могут быть улучшены созданием на глубине 1,5-2 м относительного водопора в виде тонких глинистых прослоек [107]. Не исключено, что в будущем такое мероприятие найдет применение в практике.

5. Учитывая указанные закономерные связи, можно более рационально подойти к решению проблемы возобновления леса в районах его промышленной эксплуатации. В ряде случаев, в условиях критического состояния предназначенного под вырубку леса, характеризующегося недостаточной влагообеспеченностью в данных гидрогеологических и климатических условиях, не следует ориентироваться на его естественное возобновление, но нужно сразу планировать меры, рассчитанные на создание лесокультур.

6. Проведенные исследования и сделанные разработки помогают выявить особенности формирования грунтовых вод на участках с сетью лесных полос. При дополнительном гидрогеологическом обследовании территории можно прогнозировать характер формирования нового верхнего горизонта воды или устойчивой верховодки при проектировании противоэрозионного комплекса, предвидеть возможность и скорость продвижения грунтового потока вниз по склону и использования этой воды растениями. На серых лесных почвах более благоприятные условия для продвижения грунтового потока от лесных полос вниз по склону, чем на черноземах. При наличии мощной толщи однородного лёсса вода просачивается преимущественно вертикально вниз. Представляется возможным прогнозировать также выклинивание грунтовой воды на полях и предотвращать отрицательные последствия этого явления.

Представленные теоретические разработки в области рельефо- и лёссовобразования позволяют лучше понять ландшафтные особенности территории и использовать их в практических целях.

7. Руководствуясь предложенной схемой рельефообразования, можно более эффективно производить поиск россыпей полезных ископаемых, а также строительных материалов, уточнять геоморфоло-

гические, геологические и ландшафтные карты.

8. Из-за сложности рельефообразования в плейстоцене правильная интерпретация фактических материалов (данные бурения, описания обнажений, погребенных почвенных горизонтов и др.) возможна лишь с учетом изложенной общей теории рельефо- и лёссовобразования.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ ПРОЦЕССЫ ЭРОЗИИ ПОЧВ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Г Л А В А 3 ЭРОЗИЯ ПОЧВ. МЕТОДЫ РАСЧЕТА СМЫВА

3.1. Некоторые общие вопросы.

Распространение смытых почв, интенсивность смыва

Под эрозией почв мы понимаем единый процесс формирования поверхностного стока, отрыва (отделения) частиц почвы или породы и их переноса водными струями или потоками, нередко с образованием водороев и размывов. Он сопровождается частичной или полной аккумуляцией продуктов смыва и размыва на путях стока, чаще у подножья склонов. Эрозия проявляется в виде плоскостного смыва, при котором почва удаляется с поверхности послойно или в виде струйчатых размывов под влиянием мелких струй вода с последующим выравниванием поверхности обработкой и в виде линейного размыва под влиянием концентрированных водных потоков, сопровождающихся ростом промоин и оврагов.

Эрозия почв является результатом сложного взаимодействия многих природных факторов в условиях хозяйственной деятельности людей. Среди природных факторов важнейшими являются рельеф местности, геологическое строение, особенности почвенного покрова, растительность, климатические и гидрометеорологические условия. Их характеристика и влияние на процессы эрозии даны в первой части книги.

В результате проявления антропогенной эрозии в нашей стране появилось много эродированных (смытых) почв и размывных земель.

Согласно данным ВНИИЗПЭ [82], площадь пашни в СССР на склонах более 1° занимает 55,1%. Подвержено эрозии всего 34%, в том числе слабо 23,6, средне 8,4, сильно 2%. Потенциально эрозионно-опасные земли составляют 66%.

Коснемся вопроса о том, с какой интенсивностью протекают процессы смыва почв, каковы средние величины выноса почвы. Этот вопрос является довольно сложным и давно занимает исследователей.

В литературе приводится много сведений о величинах смыва почв со склонов при стоке как талых, так и ливневых вод. Эти величины сильно варьируют в разные годы от долей до десятков и сотен тонн с гектара в зависимости от особенностей рельефа, агрофона полей, интенсивности и величины стока и других факторов, и мы не будем их здесь приводить. Отметим лишь, что эти материалы очень трудно систематизировать и определить по ним средние показатели смыва для пахотных склонов, особенно разных их отрезков. Они получены преимущественно по методу замера объема водороин, как правило, при отсутствии данных о стоке. В ряде случаев отсутствуют сведения о том, на каком расстоянии от водораздела и при какой крутизне склона сделан учет смыва. Приводимые величины смыва, найденные замером водороин, как правило, не согласуются с показателями стока. Например, при стоке талых вод 2-3 мм встречаются величины смыва с зяби 3-26 м³/га, что невероятно; как известно, средняя мутность сточной воды на склонах до 4-5° обычно не превышает 7-10 кг/м³, а максимальная 40-50 кг/м³. (Во время ливней на чистых парах она может составлять около 100-150 кг/м³).

Нашими исследованиями на серых лесных, черноземных и каштановых почвах установлено, что при учете смыва на стоковых площадках по твердому стоку и методом замера объема водороин в последнем случае его показатели завышаются в 3-8 и более раз. Подобное завышение выявилось и в опытах В. В. Жилко [37] на оподзоленных почвах Белоруссии. Так, если при среднем стоке (за 1967-1971 гг.) 20,7 мм вынос почвы с зяби, определенный по мутности воды (на стоковых площадках), составил 1,05 т/га, то по замерам объема водороин при среднем стоке (за 1972-1973 гг.) 21,7 мм он равнялся 26,8 т/га (в 25 раз больше).

Указанное завышение смыва мы объясняем следующими причинами.

1. Воды поверхностного стока всегда прокладывают себе русла, используя готовые бороздки и всевозможные понижения (особенно при вспашке и посевах вдоль склона). В результате подмыва и обрушивания наносклонов и отложения мелкозема в бороздках и понижениях при сравнительно небольшом выносе почвы образуются довольно емкие русла. Поэтому при замерах водороин к действительной величине смыва прибавляется часть пустого пространства борозд и понижений.

2. Обычно недостаточно строго подходят к выбору типичных профилей для замеров водороев. Зачастую их прокладывают в местах с большей выраженностью водороев, обусловленной, с одной стороны, некоторой невыровненностью, гребнистостью поверхности пашни, а с другой – неодновременным обнажением разных пунктов склона от снежного покрова. Завышенный по указанной причине смыв (за пределами стоковых площадок) распространяют на больше площади полей.

3. Не всегда достаточно строго учитывают (иногда вообще не учитывают) аккумуляцию мелкозема на профилях. В некоторых случаях в местах прохождения распластанного потока формируются обширные пятна аккумулярованного и переотложенного на месте мелкозема, а затем здесь в собственных наносах формируются широкие русла: вынос почвы в таких местах намного меньше образовавшихся водороев.

4. Значительному завышению смыва способствует также грубость, низкая точность замера водороев, особенно при неправильной форме их сечения. Относительное завышение смыва тем больше, чем меньше размеры водороев.

Вместе с тем следует обратить внимание на то, что при учете смыва по твердому стоку на стоковых площадках иногда вынос почвы существенно занижается из-за неучета аккумуляции мелкозема перед нижним ограждающим валиком (или в формирующемся здесь снежном шлейфе) и на пониженной площадке перед водосливом.

Все сказанное о причинах завышения смыва от талого стока при его замерах по объему водороев в большой степени относится и к определению смыва, формирующегося при ливнях.

Следует отметить, что о количественном соотношении смыва, учтенного двумя указанными методами, имеются и другие суждения. Так, Г. И. Швобс [122], исходя из предпосылки, что объем водороев полностью соответствует действительному выносу почвы, и учитывая возможное снижение гребней между водороевами под влиянием удара дождевых капель или их оседание во время снеготаяния и стока, пришел к выводу (с некоторыми оговорками), что метод учета смыва по объему водороев как при ливнях, так и от талого стока дает заниженные результаты. При этом им совершенно не учитываются другие важные особенности механизма формирования водороев и их замеров, о чем сказано выше. Вывод Г. И. Швобса по рассматриваемому вопросу не согласуется с данными натурных измерений смыва двумя методами.

Среднегодовое смыв со склонов может быть с достаточной точностью определен при систематических стационарных исследовани-

ях, а также историческим методом по результатам учета эродированных почв на ключевых участках. Среднегодовые величины его, установленные по твердому стоку на стоковых площадках, мы приведем дальше.

По довоенным данным Новосильской опытной станции, средний смыв серых лесных почв составлял около 5-6 т/га. По нашим данным, полученным на ключевых участках Орловской, Воронежской и Куйбышевской обл., среднегодовой смыв за исторический период выражается нижеследующими показателями. На серых лесных почвах Новосильского ключевого участка $5,87 \text{ м}^3/\text{га}$ (6,75 т/га), на оподзоленных и выщелоченных черноземах $5,16 \text{ м}^3/\text{га}$ (5,78 т/га). Среднегодовой вынос почвы с пахотных склонов Острогожского ключевого участка составил $5,9 \text{ м}^3/\text{га}$. Мы считаем, что величину среднегодового смыва в целом для Орловской и Воронежской обл. следует уменьшить соответственно в 2,5 и 3,0 раза, имея в виду, что ключевые участки расположены в наиболее расчлененных и сильноэродированных приречных районах. В этом случае осредненный на всю площадь (без гидрографической сети) среднегодовой смыв в указанных областях выразится следующими величинами: на серых лесных почвах Орловской обл. $2,35 \text{ м}^3/\text{га}$ (2,70 т/га), на черноземах $2,06 \text{ м}^3/\text{га}$ (2,31 т/га); на почвах Воронежской обл. $1,97 \text{ м}^3/\text{га}$ (2,21 т/га).

На четырех ключевых участках Куйбышевской обл. (общая площадь землепользования 25578 га) осредненный на всю площадь участков среднегодовой смыв (за 180-220 лет) колеблется в пределах $2,3\text{-}2,6 \text{ м}^3/\text{га}$ (2,58-2,91 т/га).

А. Г. Рожков [90], исходя из классификации смывости почв С. С. Соболева и фактического распределения почв разной степени смывости, определил среднегодовую величину смыва для ЦЧО на склонах более 1° за исторический период 3,9 т/га. Если учесть, что указанный смыв относится к склонам круче 1° (а не ко всей площади пашни), а также то, что при всех этих расчетах несколько преуменьшен срок распашки склонов (А. Г. Рожков считает, что вначале распахивались приводораздельные земли, однако ввиду их занятости лесами в первую очередь должна была осваиваться степная целина склонов), то станет ясно, что рассчитанная А. Г. Рожковым средняя величина смыва близка к вышеприведенным величинам.

Следует иметь в виду, что на более крутых склонах ($3\text{-}4^\circ$ и больше) исторический смыв значительно больше среднего, на них находятся средне- и сильносмываемые почвы.

В процессе смыва ухудшаются агрохимические свойства почв, существенно снижается их плодородие, падает урожайность сельскохозяйственных культур.

На основании экспериментальных данных опытной сети ВНИ-АЛМИ и литературных источников, а также сведений о распределении гумуса в почвах разной степени смывости нами получена следующая шкала снижения урожайности (в основном для зерновых культур) по сравнению с несмытыми почвами: на слабосмытых почвах до 10-15% (средний коэффициент для эродированного пояса 0,07), на средне-смытых почвах от 10 до 40% (средний коэффициент для пояса 0,25), на сильносмытых от 40 до 60% (средний коэффициент 0,5) и на весьма сильно смытых от 60 до 80% (средний коэффициент 0,7).

Однако сельскохозяйственные растения по своим биологическим особенностям делятся на высокотребовательные к условиям произрастания (свекла, овощи, картофель, конопля, озимая и яровая пшеница, крупяные, кукуруза), среднетребовательные (ячмень, гречиха, зернобобовые, однолетние травы) и малотребовательные (овес, многолетние травы, озимая рожь). Считается, что на сильно и весьма сильно смытых почвах урожайность культур первой группы снижается на 65-90%, второй – на 40-70% и третьей – на 25-55% [96].

3.2. Классификация смывости почв

Смытые почвы по степени разрушенности гумусовых горизонтов подразделяются на четыре или пять категорий: слабо, средне, сильно, очень (весьма) сильно и полностью смытые. Для характеристики степени смывости почв при их картировании применяют ту или иную классификацию смывости. Поскольку классификация предназначена для практических целей, она должна отличаться четкостью в смысловом отношении и быть удобной в работе.

В настоящее время все имеющиеся классификационные схемы по их подходу к определению диагностического признака – степени смывости – можно разделить на три крупных группы.

Первая группа. Градации смыва выделяются по главному признаку – степени смывости гумусовых горизонтов, т. е. минеральной части почвы вместе с содержащимся в ней органическим веществом (гумусом). Другие признаки (цвет почв и проч.) являются вспомогательными. Это классификации А. С. Козменко [51], С. С. Соболева [99,

100], Г. П. Сурмача [104, 105] и др. Эти классификации позволяют определять степень смытости почв и намечать контуры почвенно-эрозионной карты непосредственно в полевых условиях, а более детальную характеристику агрохимических свойств эродированных почв – в камеральных условиях после получения данных анализов.

В т о р а я г р у п п а . Смытость почв определяется и почвенная карта составляется в камеральных условиях по уменьшению содержания в почве гумуса. Такой принцип классификации смытости предложен С. В. Наумовым [77] и М. Н. Заславским [39].

Т р е т ь я г р у п п а . В основу выделения градаций смытости положены два основных признака: смытость почвы и уменьшение содержания гумуса. К этой группе относится классификация С. В. Наумова [77, 78].

Основные классификации смытости почв, относящиеся к первой группе, изложены в табл. 3. Из этой таблицы видно, что между указанными классификациями имеются существенные различия. Так, градации смытости в классификациях А. С. Козменко и Г. П. Сурмача выражены в процентах (при разных их значениях), в них принята различная эталонная мощность почвы; в номенклатуре С. С. Соболева – в долях генетических горизонтов. Тем не менее, если увязать градации смытости с эталонной мощностью почвы, то получим достаточно сопоставимые величины смыва. По А. С. Козменко в качестве эталона берется весь гумусированный профиль серой лесной почвы – сумма горизонтов $A + B_1 + B_2$. Если его мощность в среднем равняется около 100 см, то при слабой смытости теряется до 10 см почвенного слоя, при средней смытости – до 30 см, сильной – до 50 см, весьма сильной – еще больше. В пределах слабой смытости потери почвы в два раза меньше, чем средней. По классификации Г. П. Сурмача [105], где эталонная мощность ($A + B_1$) серой лесной почвы составляет 45 см, при слабой смытости теряется до 11-12 см почвы, при средней – до 22 см, при сильной – до 33 см и весьма сильной – 45 см и больше. По С. С. Соболеву, при мощности гор. А серой лесной почвы 24 см и B_1 21 см слабосмытая почва также потеряла до 11-12 см, а среднесмытая до 24 см.

Чтобы еще раз подчеркнуть, насколько важно точное воспроизведение понятия эталонной мощности почвы, как его трактуют сами авторы классификаций, приведем высказывания В. В. Жилко [37] и П. С. Трегубова, В. И. Шуриковой [116]. Рассматривая вопрос о классификации смытости, В. В. Жилко пишет: "М. Н. Заславский [39] пред-

предлагает устанавливать категории эродированности черноземов по уменьшению запасов гумуса в слое 0-50 см по сравнению с незэродированными почвами, С.С. Соболев по уменьшению гумусового горизонта наполовину, А. С. Козменко – по уменьшению на 10%, Г. П. Сурмач – на 25-30%, а С. В. Наумов – до 20%".

П. С. Трегубов и В. И. Шурикова по этому вопросу замечают, что А. С. Козменко и другие авторы "предлагают классифицировать смытые почвы, основываясь на учете смыва лишь гумусового горизонта, что делает эти классификации непригодными в тех случаях, когда смываются нижележащие горизонты".

Недоразумение, вносимое этими высказываниями, заключается в том, что В. В. Жилко применил понятие гумусового горизонта в неопределенном его значении, завуалировавшем смысл всех классификаций смытости, а П. С. Трегубов и В. И. Шурикова, понимая под гумусовым горизонтом гор. А, приписали это свое понимание и авторам классификационных схем. Сами же упомянутые авторы классификации под гумусовым горизонтом понимают генетические горизонты или их сумму: С. С. Соболев – дерновый горизонт А, Г. П. Сурмач – сумму горизонтов А + В₁, А. С. Козменко и С. В. Наумов – А + В. Очевидно, что только при правильном воспроизведении понятия эталонной мощности почвы возможно правильное истолкование классификационной смытости.

Существенным недостатком классификации А. С. Козменко, как и других классификационных схем, включающих в эталонную мощность почвы гор. В₂, является значительная изменчивость, непостоянство этой мощности, что довольно сильно сказывается на количественном выражении градаций смытости. Наибольшей стабильностью во всех типах почв отличается суммарная мощность генетических горизонтов А + В₁, что обеспечивает наибольшую точность выделения градаций и определения смытости почв.

Недостатком классификации С. С. Соболева, является трудность определения, исходя из мощности генетических горизонтов, категории смытости почв, так как уже при слабой и средней смытости в распашку включается (припахивается) горизонт В₁; особенно это касается почв малой и средней мощности.

Сопоставляя нашу классификацию с номенклатурой С. С. Соболева, нужно отметить следующее. Для почв, у которых мощность генетических горизонтов А и В₁, примерно одинаковая, значения пока-

зателей смывности для слабо- и среднесмытых почв при строгом их определении в обоих случаях совпадают. Если мощность гор. А превышает таковую гор. В₁, указанные показатели смывности по нашей классификации будут несколько меньше, чем по классификации С. С. Соболева, а если мощность гор. А меньше мощности гор. В₁ (как, например, в черноземах Северного Казахстана и других засушливых областей), то по классификации С. С. Соболева будет уменьшаться толщина смытых слоев в пределах категорий слабой и средней смывности (при растянутости и неопределенности категорий сильной смывности). Иначе говоря, в связи с варьированием мощности и соотношения генетических горизонтов А и В₂ значения показателей смывности по классификации С. С. Соболева могут существенно изменяться. Но это возможно при практическом определении смывности в точном соответствии с классификацией, что трудновыполнимо.

Классификация С. С. Соболева в основном вошла в инструкцию по определению категорий смывности почв. Однако почвоведы при определении смывности почв чаще берут в основу сумму горизонтов А + В₁, т. е., по существу, используют нашу классификацию смывности.

Некоторые исследователи возражают против метода определения смывности от суммы генетических горизонтов (например, А + В₁). Так, П. С. Трегубов и В. И. Шурикова [116] считают, что это противоречит основным понятиям генетического почвоведения. Однако здесь налицо недоразумение. Во-первых, ни одна из классификаций смывности не может быть генетической, поскольку все они отображают не генезис почв, а их разрушение. Во-вторых, смыву подвержены не генетические горизонты в чистом виде, а пахотный слой, представляющий собой, как правило, смесь генетических горизонтов.

Таблица 4

Классификация смывности почв

Категории смывности почв	Уменьшение содержания гумуса в верхнем слое (0-30 или 0-50 см) по сравнению с несмытой почвой, %
Слабосмытые	10-20
Среднесмытые	20-50
Сильносмытые	Более 50

Ниже приводится классификация смывности М. Н. Заславского [40] (табл. 4).

Нам представляется, что эта классификация значительно менее совершенна по сравнению с другими, построенными по признаку смывности гумусовых горизонтов. Причем не только потому, что не позволяет составить почвенно-эрозионную карту непосредствен-

но в полевых условиях, но также и в связи со значительно меньшей точностью определения категорий смытости.

Дело в том, что по уменьшению содержания гумуса значительно труднее определять смытость. Его содержание изменяется не только в связи со степенью смытости почвы. Исходная гумусность зависит от ряда факторов: экспозиции склона, микрорельефа (ложбинность и проч.), литологического строения материнских и подстилающих пород, определяющих (через особенности гидрологии) биологическую продуктивность растительности и накопление органического вещества, и др. Кроме того, гумус недостаточно равномерно уменьшается с глубиной в разных горизонтах почвы, образуя более или менее гумусированные "карманы", что сказывается на его содержании в отобранных образцах. Варьирование исходной гумусности почвы вместе с изменением содержания гумуса в связи со смытостью может создавать пеструю картину распределения гумуса на водоразделах и склонах. Так, например, по нашим данным, содержание гумуса в пахотном горизонте черноземов на четырех ключевых участках Куйбышевского Заволжья колеблется в следующих пределах: в несмытых почвах 6,04-9,57% (18 анализов), в слабо смытых 4,72-8,61% (14 анализов), в средне смытых 4,76-7,91% (12 анализов) в сильно и весьма сильно смытых 3,66-5,25% (7 анализов).

Распределение гумуса в подпахотном горизонте в почвах разной степени смытости можно иллюстрировать кривыми (рис. 10), построенными на основании фактических данных о содержании гумуса в эталонных разрезах и расчетов по специальным формулам. Для ускорения расчетов во ВНИИЗиЗПЭ составлена программа для ЭВМ.

В связи с тем, что на пахотных горизонтах, представляющих собой смесь генетических горизонтов, смыв происходит с поверхности, гумус в них как бы разбавляется за счет припашки нижележащих горизонтов, и его содержание в почвах разной степени смытости уменьшается более постепенно, чем если бы смыв происходил без припашки. Поэтому в пределах слабой смытости процентное содержание гумуса в пахотном горизонте падает очень постепенно и слабо, и лишь при резком перепаде в содержании гумуса от пахотного к подпахотному горизонту эталонного разреза наблюдается более резкое его снижение. В подпахотном горизонте кривая распределения гумуса во всех случаях падает более круто.

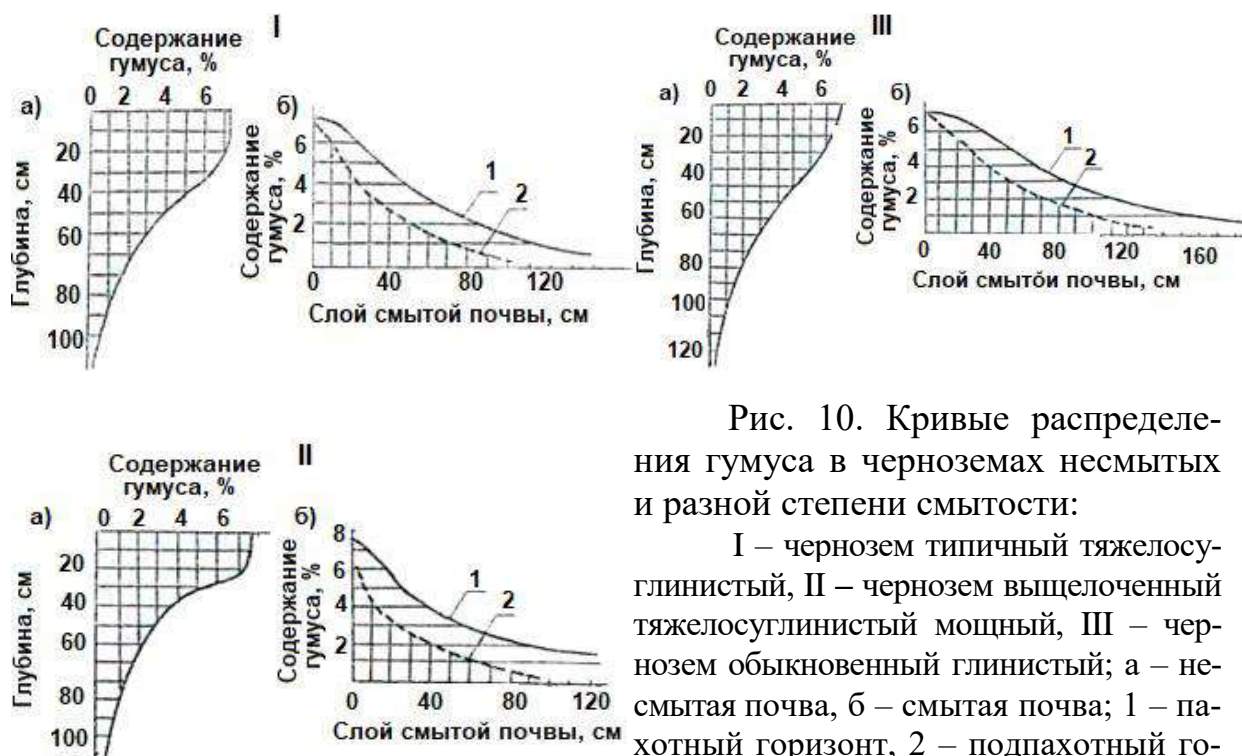


Рис. 10. Кривые распределения гумуса в черноземах несмытых и разной степени смытости:

I – чернозем типичный тяжелосуглинистый, II – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый мощный, III – чернозем обыкновенный глинистый; а – несмытая почва, б – смытая почва; 1 – пахотный горизонт, 2 – подпахотный горизонт

М. Н. Заславский относит почвы к незродированным, если содержание гумуса в верхнем слое уменьшается на 10%. Зададимся вопросом при какой смытости (слое смыва), например, чернозем теряет 10% гумуса. Для пахотного горизонта эту потерю можно определить по кривым распределения гумуса (см. рис. 10). Например, для типичного тяжелосуглинистого чернозема с содержанием гумуса в пахотном горизонте 7,2% снижение гумуса на 10% произойдет, когда мощность почвы уменьшится приблизительно на 14 см, а для мощного чернозема с содержанием гумуса в пахотном горизонте 7,8% – когда она уменьшится на 18 см. При расчете на слой 0-50 см результаты мало изменяются. В то же время при использовании классификации, основанной на смытости почвы с эталоном мощности, определяемой суммой горизонтов А + В₁, можно зафиксировать минимальную потерю почвы 3-4 см. Из изложенного следует, что в классификации М. Н. Заславского слабо обоснованы границы категорий смытости. С другой стороны, М. Н. Заславский не выдвинул достаточно обоснованных возражений против классификаций, построенных на основе смытости почвы.

Имея графики распределения гумуса, можно более точно подсчитать потери гумуса с продуктами смыва для любого слоя почвы по формуле:

$$\varepsilon = M_{\text{Э}} V Q_{\text{П}},$$

где ε – потеря гумуса, т/га; $M_{\text{Э}}$ – мощность смытого слоя, для которого ведется расчет, см; V – объемная масса почвы пахотного горизонта, г/см³; $Q_{\text{П}}$ – содержание гумуса в пахотном горизонте эродированной почвы, % (берется по кривой распределения как среднее для крайних точек взятого слоя).

Классификация смытости почв по С. В. Наумову представлена в табл. 5. То, что в ее основу положены два основных диагностических признака (даже три: смытость почвы и уменьшение гумуса в двух вариантах), не дает никаких преимуществ для характеристики степени смытости и плодородия почвы, а лишь осложняет дело. Для этих целей вполне достаточно иметь сведения о смытости почвы (основной показатель) и содержании в ней гумуса, а также о других ее агрохимических свойствах (обменные катионы, водопрочность структуры и проч.) без внесения в классификационную таблицу величин уменьшения гумуса. Тем более, что введенные в нее указанные показатели не могут быть полностью увязаны между собой в рамках той или иной категории смытости. Так, например, при мощности гумусированного профиля типичного чернозема 130 см (содержание гумуса в пахотном горизонте 7,2%) он уменьшается в пределах слабой смытости до 26 см, но, чтобы потери гумуса в 25-сантиметровом слое составили 2,16% ($7,2 \times 0,3$), потребуются (в соответствии с рис. 10), чтобы его мощность сократилась на 34 см. Эта неувязка обуславливается, с одной стороны, зависимостью исходной почвы от ряда упомянутых выше факторов, а не только от ее смытости, а с другой – наличием параболической зависимости между степенью смытости почвы и запасом гумуса в пахотном горизонте (см. рис. 10). В классификациях же С. В. Наумова и М. Н. Заславского подразумевается прямолинейная связь между ними. На это несоответствие указывает также Г. И. Швобс [122].

Таблица 5

Классификация смытости почв по С. В. Наумову

Категория смытости почв	Сокращение запаса гумуса, %		Смытость почвенного профиля А + В, %
	в 25-сантиметровом слое	в почвенном профиле	
Слабосмытые	30	25	20
Среднесмытые	30-60	25-55	20-40
Сильносмытые	60-80	55-75	40-60
Весьма сильносмытые	80-100	75-100	100

Как уже отмечалось, суммарная мощность горизонтов $A + B$ значительно варьирует, и уже по одному этому степень смытости почвы в случае принятия за эталон указанной мощности ($A + B$), как это сделано С. В. Наумовым, не может быть определена с достаточной точностью.

Правомерность выбора эталона на водоразделе или поблизости от него в условиях сплошной распашки впервые обоснована нами ранее [104, 105]. Мы исходим из того, что при одинаковых материнских и подстилающих породах мощность почв одного и того же типа и подтипа на выровненных (слабовыпуклых) водоразделах и на ровных склонах (вне зоны ложбинности) до распашки была приблизительно одинаковая, за исключением южных склонов выпуклой формы; на последних, например, в черноземной и каштановой зонах она была несколько меньше. С учетом этого эталон мощности при определении смытости почв следует брать на водоразделе, а если данный водораздел имеет, например, гребневидную форму, то на соседних водоразделах или в верхней очень пологой части склонов (до $0,5-1,0^\circ$). В древних ложбинах мощность почвы до начала распашки была несколько больше, чем на водоразделах, а на межложбинных водоразделах – такая же или меньше. Определяя смытость почвы в ложбинах при отсутствии нераспаханных ложбин, следует, помимо обычного эталона мощности, учитывать также и мощность оставшихся горизонтов.

Чем сильнее смыта почва, тем труднее определять степень ее смытости. При выделении сильно и особенно очень сильно смытых почв предварительно следует установить суммарную мощность остатков горизонтов AB_1 , и B_2 , чтобы затем, исключив известную нам мощность горизонта B_2 , определить остаток гумусового горизонта ($A + B_1$), находящегося в составе пахотного слоя.

Существует точка зрения [116], согласно которой вопрос об эталоне при определении степени смытости почвы по оставшимся генетическим горизонтам отпадает. Однако это не так. Для более или менее точного определения границ разных категорий смытости требуется знать эталонную мощность всех генетических горизонтов (в том числе нижележащих). Таким образом, мы снова приходим к необходимости установления эталона мощности как для почвы в целом, так и в отдельных ее горизонтах.

Нашими исследованиями эродированности почв Новосильского и Острогжского ключевых участков (где склоны длительное время находятся в распашке) установлена для склонов продольно-выпуклой формы корреляционная связь смытости с уклонами; она представлена в табл. 6.

Таблица 6

Распределение смытых почв в связи с уклоном

Категория Смытости	Крутизна склона, град	
	серые лесные почвы	темно-серые лесные почвы и черноземы оподзоленные, выщелоченные и обыкновенные
Слабосмытые	1,5-2,0	3,0
Среднесмытые	1,5-3,0	2,5-4,0
Сильносмытые	2,5-4,0	3,0-5,0
Весьма сильно смытые	3,0-7,0	4,0-7,0
Чрезмерно (полностью) смытые	7,0	7,0

Примечание: Несмытые почвы те, у которых уменьшение гумусового горизонта не более 3-4 см.

Колебания уклонов, которым соответствует та или иная степень смытости, объясняются главным образом различной длиной склонов и степенью выпуклости, а также зависят от истории распашки. Нами предложена нижеследующая шкала интенсивности смыва, позволяющая судить об опасности этого процесса (табл. 7).

Таблица 7

Шкала интенсивности смыва почв

Интенсивность смыва	Среднегодовой вынос почвы, м ³ /га	Слой умень- шения почвы за 100 лет, см	Примечание
Смыва нет	0	0	-
Слабая	2	2	В основном восполняется в процессе почвообразования
Умеренная (средняя)	3-8	3-8	Недостаточно восполняется
Сильная	9-15	9-15	Не восполняется

В приведенной шкале мы сочли целесообразным ужесточить требования к смыву почв и уменьшить величины среднегодового смыва для категорий слабой (2 вместо 3 м³/га) и катастрофической (60 вместо 80 м³/га) интенсивности.

Нельзя, конечно, допускать, чтобы интенсивность смыва выходила за рамки слабой степени, так как уже при умеренном смыве почвен-

ное плодородие будет довольно быстро истощаться. Тем более нельзя допускать сильного смыва и еще более высокой его интенсивности.

3.3. Прогнозные расчеты смыва почв

3.3.1. О взаимосвязях факторов и закономерностях смыва

Природные факторы образуют сложную эрозионно-гидрологическую систему, которая определяет интенсивность смыва и размыва и влияет на формирование рельефа в современных условиях. Затруднения в осуществлении прогнозного расчета смыва заключаются не только в сложности построения обоснованной математической модели смыва, увязки главнейших его факторов в единую эрозионно-гидрологическую расчетную систему, но и в том, что компоненты (факторы) этой системы находятся в зависимости друг от друга: изменение одного из них влечет за собой изменение влияния на смыв других. Теоретически принципиальная зависимость влияния на смыв одних факторов от изменения других представлена на рис. 11.

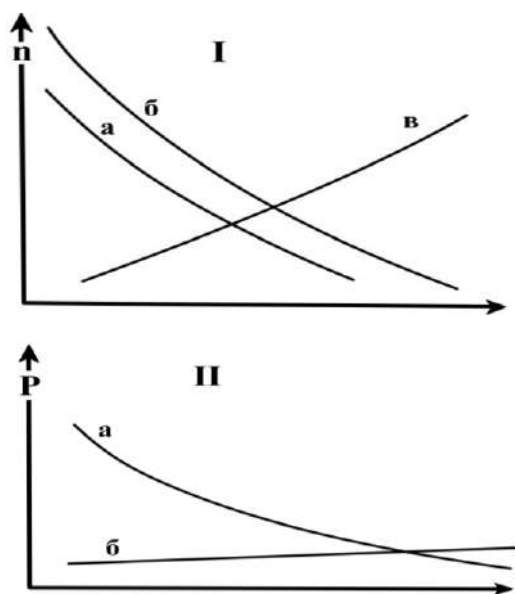


Рис. 11. Изменение степени влияния уклона n и длины склона P на смыв в различных условиях:

I – влияние уклона (изменение показателя степени n) на интенсивность смыва в зависимости от противоэрозионной устойчивости почв (а), защищенности поверхности растительностью и мульчей (б), интенсивности дождей и стока (в); II – влияние длины склона (изменение показателя степени P) на интенсивность смыва в зависимости от степени защищенности поверхности (а), интенсивности стока (б) и др.

Влияние уклона на смыв (показатель степени уклона n) существенно изменяется в зависимости от противоэрозионной устойчивости почвы, от степени ее защищенности растительностью, всевозможной мульчей, щебенкой, снежным покровом, ледяной коркой и проч., от интенсивности осадков и стока. Чем больше податлива почва эрозии и чем

менее она защищена растительностью и проч., тем сильнее влияет уклон на смыв. Аналогично проявляется влияние уклона на смыв при повышении интенсивности стока. И наоборот, повышение противозрозионной устойчивости почвы и ее защищенности растительностью или мертвым покровом, а также уменьшение интенсивности осадков и кинетической энергии стока снижает влияние уклона на смыв. При очень хорошей защищенности почвы значение уклона почти не проявляется, т.е. смыв при любых уклонах отсутствует или бывает незначительным. Это же относится и к длине склона.

Благодаря различной податливости почв смыву наибольшее влияние уклона на легко податливой почве обычно проявляется при меньшей крутизне склона, на слабо податливой – при большей. При интенсивных ливнях влияние уклона на смыв проявляется сильнее, чем при слабых.

В свою очередь, увеличение длины склона способствует возрастанию интенсивности и кинетической энергии стока и повышению значения крутизны. Однако на очень коротких площадках (1-3 м) при дождевании и особенно при проведении подтока уменьшение их длины приводит к относительному разрастанию смыва. Это объясняется тем, что в головную часть площадки поступает чистая вода, лишенная взмученных частиц и поэтому обладающая наибольшей кинетической энергией. По мере продвижения вниз по склону она насыщается мелкоземом и частично теряет энергию на транспорт мелкозема и трение. При этом в самой верхней части площадки вынос почвы наибольший, а вниз по склону он уменьшается. Именно поэтому на очень коротких площадках, когда фактор длины еще действует слабо, значение уклона наибольшее, что и выявляется в экспериментах. Еще раз подчеркиваем: указанная тенденция особенно резко проявляется при проведении подтока.

Увеличение протяженности склонов выпуклой формы должно сопровождаться усилением энергетического действия уклона на интенсивность смыва; удлинение склонов вогнутой формы, наоборот, должно способствовать некоторому ослаблению действия уклона. На длинных склонах, пологих в приводораздельной части и крутых в присетевой, интенсивный вынос почвы происходит благодаря увеличению массы воды при резком возрастании ее мутности. Влияние уклона в таких условиях значительно возрастает в связи с увеличением длины склона. С другой стороны, увеличение длины склона (и, следовательно, объема и кинетической энергии стока) само по себе обуславливает большее или

меньшее относительное возрастание смыва на слабозащищенных эрозионно-податливых почвах, что должно проявляться в некотором увеличении показателя степени P при длине L .

Из изложенного следует, что результаты экспериментальных исследований влияния уклона на смыв, проведенных на площадках разных размеров при неодинаковой уплотненности (рыхлости) почв и различной защищенности их растительностью, а также различной интенсивности осадков, должны значительно отличаться между собой.

Г. И. Швобс [180], обобщив и проанализировав отечественные и зарубежные экспериментальные данные по этому вопросу, сделал правильные выводы о том, что значительные колебания показателя степени n при уклоне I (от 0,7-0,8 до 2,0-2,2) связаны с различной противоэрозионной устойчивостью и защищенностью поверхности почвы: на устойчивых к смыву участках (залежь, травы) он колеблется в пределах 0,7-1,0, а на обработанных участках в пределах 1,0-2,0. В то же время вопрос о влиянии интенсивности осадков и стока на изменение влияния уклона на смыв, а также об изменении показателя степени P при длине склона L в зависимости от податливости почв эрозии (смываемости) в указанной работе не рассматривается.

Вместе с тем вызывает возражение, даваемое Г. И. Швобсом, объяснение причины изменения показателя степени P . Он считает, что на эрозионно-устойчивой поверхности вода движется по линиям стока, имеющим уклон менее среднего уклона участка, и слабая смываемость почвы тормозит спрямление линий стока, в то время как при повышенной смываемости линии стока быстро спрямляются, приобретая наибольший уклон, это и определяет повышение интенсивности смыва. Конечно, большая устойчивость нанорельефа, влияя на скорость впитывания воды, тем самым способствует и уменьшению смыва. Что касается линий стока, то средний их уклон мало изменяется, так как уменьшение уклона в одних пунктах компенсируется более резкими его перепадами в других.

В действительности увеличение значения уклона при слабой противоэрозионной устойчивости почвы и слабой, ее защищенности объясняется тем, что частицы такой почвы способны легко отделяться (взмучиваться) и переноситься, способствуя тем самым более полной реализации энергии водного потока, обусловленной уклоном. Главная причина изменения значения показателя степени заключается именно в легкости отделения (взмучивания) частиц почвы, особенно когда их

размеры определяют наибольшую их транспортабельность при данных условиях уклона и интенсивности стока. Г. И. Швевс отмечает также, что не удалось установить причину очень высокого значения n (равного 3,23), полученного В. М. Павловым [83] при дождевании площадки с насыпным песчаным грунтом с преобладанием фракции 0,25-1,0 мм. Однако нет сомнения, что причина заключается именно в чрезвычайно низкой противэрозионной устойчивости насыпного песчаного субстрата, обусловленной очень слабым сцеплением частиц; к тому же размеры определяют высокую их транспортабельность при данном уклоне и интенсивности стока. Чем меньше сцепление между частицами, тем будет больше смыв при том же уклоне. Кроме того, на песчаных почвах (субстрате) интенсивность смыва значительно возрастает по мере увеличения уклона еще и в связи с повышенной инертностью песчаных частиц. На более крутых склонах их транспортабельность резко увеличивается.

3.3.2. Логико-математические и эмпирические модели смыва

Различают полный смыв со склонов (кг или т), или расход смытого материала (кг/с), и средний смыв в расчете на единицу площади (кг/га или т/га). На Новосильской опытной станции А. Д. Ивановским и Я. В. Корневым получена следующая теоретическая зависимость, характеризующая влияние крутизны и длины склона на смыв почвы:

$$M = AI^{0,75}L^{1,5}x^{1,5},$$

$$W = AI^{0,75}L^{1,5}x^{1,5},$$

где M – расход смытого материала (кг/с); W – смыв почвы на единицу площади (кг/га); I – уклон поверхности склона (тангенс угла наклона); L – расстояние от водораздела (длина склона), м; x – интенсивность осадков или водоотдача из снега (мм/мин); A – коэффициент, учитывающий другие факторы эрозии.

Формула А. В. Цинга [127], явившаяся результатом обобщения большого экспериментального материала эрозионных станций США, имеет следующий вид:

для расчета полного смыва

$$M = AI^{1,4}L^{1,6},$$

для расчета смыва с единицы площади

$$W = AI^{1,4}L^{0,6}.$$

Отметим здесь, что в известном уравнении эрозии Уишмейера-Смитта принят показатель степени длины для расчета полного и среднего смыва соответственно $P = 1,5$ и $P = 0,5$.

Анализ связи показателей степени уклона и длины склона с противозерозионной устойчивостью и защищенностью почвы, а также другими факторами позволил нам на основе имеющихся формул написать общее выражение твердого расхода (выноса) почвы:

$$R = A_k I^{\frac{1,4}{z} + 2 \cdot 10^{-4}} L^{\frac{1,5}{z}},$$

где z – коэффициент, характеризующий степень защищенности растительностью, мульчей, щебенкой, снегом, ледяной коркой и проч. (Он может колебаться от 1,0 на незащищенной почве до 10,0 и более на очень хорошо защищенной).

Однако в этом выражении не раскрыто значение A_k (комплекс факторов), что не позволяет проводить расчеты смыва. Тем не менее, оно использовано при разработке приводимых ниже формул для расчета смыва.

Возвращаясь к обзору экспериментальных материалов, касающихся зависимости показателей степени уклона и длины склона от эродуемости почвы и других факторов, отметим, что не всегда такие материалы достаточно выдержаны в методическом отношении. Так, например, В. С. Федотов и И. И. Германюк [118] в результате дождевания обработанных площадок разной длины и крутизны (длина 30, 60, 120 м при крутизне 5,5° и ширине 10 м и крутизна 2,5°, 5°, 10° при длине 20 м и ширине 5 м) пришли к выводу, что смыв черноземной почвы Молдавии увеличивается пропорционально длине склона в степени 2,60 и крутизне в степени 3,11. Что касается влияния длины склона, то очевидно, что при проведении этих опытов не был соблюден принцип единственного различия. Об этом ясно свидетельствует вольное превышение слоя осадков до начала стока на коротких площадках над слоем на длинных. При идентичности почвенных условий, в частности одинаковом уплотнении почвы обработкой, сток со всех площадок должен начинаться практически одновременно. В другой серии опытов на площадках с горохово-овсяной смесью, а также на свежеспаханном поле четко выявилась обратная тенденция; на длинных площадках водопоглощение было намного большим, чем на коротких, а сток в относительном и абсолютном выражении значительно меньше. Однако авторы не придали этому факту должного значения.

Нет сомнения в том, что указанная противоречивость результатов объясняется неудачным выбором места для дождевания площадок. Мы полагаем, что огромное значение показателя степени при крутизне склона ($n = 3,11$) также связано с невыявленными методическими погрешностями, допущенными при проведении опытов с дождеванием.

В специальной литературе приводится много других данных, свидетельствующих о том, что влияние крутизны и длины склона на смыв в разных условиях проявляется по-разному, причем сейчас трудно выявить истинные причины значительных колебаний смыва. В частности, исследователи, как правило, не приводят данные о распределении снежного покрова на опытных объектах, о наличии или отсутствии ледяной корки, об интенсивности стока и др.

Из всего вышеизложенного следует, что в разрабатываемых формулах прогнозного расчета смыва показатели степени n и P уклона I и длины склона L должны применяться по возможности дифференцированно.

Формула Г. И. Швевса [120, 121], предназначенная для определения смыва при ливнях, имеет вид

$$W_{л-о} = 1,2 \cdot 10^{-4} j_R \sum_{i=1}^n K_{ГМ} \Phi_{л}(I, L) e^{-\lambda_p(0,85-100m)}, \quad (1)$$

а для расчета смыва, вызываемого стоком талых вод, записывается в следующем виде:

$$\bar{W}_{3-в} = 10^{-5} j C_э [\lambda_{\rho_3} \bar{\rho}_3 \Phi_3(I, L) \bar{\eta}_{ст_3} \Delta \bar{X}_3 + \lambda_{\rho_в} \bar{\rho}_в \Phi_в(I, L) \bar{\eta}_{ст_в} \Delta \bar{X}_{в.с}], \quad (2)$$

Здесь $W_{л-о}$ – значение смыва за летне-осенние месяцы, т/га; $\bar{W}_{3-в}$ – среднеголетний модуль зимне-весеннего смыва, т/га; j , j_R – коэффициент, отражающий влияние почвенного фактора, находится с учетом смывости почв; λ_p – параметр, характеризующий относительную смываемость почвы при различной ее защищенности; e – основание натуральных логарифмов; λ_p – параметр, изменяется от 1,0 для оголенной поверхности до 5,0 для целины и леса; m – параметр формулы скорости, учитывающий шероховатость; $C_э$ – коэффициент, учитывающий экспозицию склона; $\bar{\rho}$ – средняя мутность, г/м³; $\Delta \bar{X}_3$ – среднегодовые запасы воды в снеге, высвободившиеся в результате оттепелей; $\Delta \bar{X}_{в.с}$ – среднегодовые максимальные запасы воды в снеге перед весенним снеготаянием; $\bar{\eta}_{ст_3}$ и $\bar{\eta}_{ст_в}$ – средние коэффициенты стока соответственно за время зимнего и весеннего снеготаяния; $\Phi(I, L)$ – функция рельефа, причем

$$\Phi(I, L) = (p + 1)(I^n L^p + L^{p+1} \frac{dI^n(L)}{dL}), \quad (3)$$

$K_{ГМ}$ – гидрометеорологический параметр,

$$K_{ГМ} = \frac{x_{см}^{2,7}}{\Delta t_{ст}^{1,1}} \left(1 + 17,5A \frac{x \Delta t_{ст}}{\Delta t_{ст}} \right),$$

где $x_{см}$ – смывообразующая сумма осадков, мм; $x \Delta t_{ст}$ – количество осадков за время стока мм; $\Delta t_{ст}$ – общее время стока, мин; A – параметр, зависит от степени покрытия почвы растительностью.

В зависимости (3) первое слагаемое характеризует величину смыва с прямого склона, а второе – приращение смыва в связи с криволинейностью профиля склона. Таким образом, введение функций рельефа позволяет проводить расчет смыва не только для склона с прямой формой профиля, но также с учетом формы склона (выпуклая, вогнутая).

В связи с установлением закономерности изменения интенсивности смыва почвы на склонах (и их отрезках) разной крутизны в зависимости от эрозионной устойчивости почвы, связанной главным образом с ее защищенностью растительным покровом (на разных угодьях), Г. И. Швевс обоснованно дает разные значения показателя n при уклоне I (для незащищенной почвы большие, для защищенной – меньшие).

Вместе с тем нельзя не обратить внимания на некоторую громоздкость расчета по формулам (1) и (2): так, например, для определения величины смыва на каком-то отрезке выпуклого склона, имеющей конечные точки на расстоянии L_m и L_{m-1} от водораздела, требуется отдельно рассчитать средний смыв по всей длине склона от водораздела до указанных конечных точек, затем определить разницу между его величинами и приращение за счет криволинейности профиля склона.

Слабой стороной рассматриваемых расчетных схем, на наш взгляд, является недостаточная отработанность некоторых параметров и коэффициентов, что сильно влияет на результаты расчетов. Так, например, параметр $\bar{\rho}$ в формуле (2), имеющий одинаковое значение для разных почв и агрофонов (зябь, озимые, многолетние травы и др.), выступает в действительности не в качестве мутности, а как некий символический коэффициент.

При использовании расчетной схемы Г. И. Швевса для проектирования противоэрозионных мероприятий встает вопрос о среднегодовых величинах поверхностного (талого) стока, который проработан слабо. Следует иметь в виду, что воспользоваться результатами расчетов смыва для проектирования противоэрозионных мероприятий можно лишь в том случае, если имеются готовые нормативные показатели смыва при ливнях и стоке талых вод для различных склонов и их отрезков. Чтобы

удовлетворять указанным целям, расчетные формулы Г. И. Швевса нуждаются в серьезной доработке и совершенствовании.

Первоначально уравнение Ц. Е. Мирцхулавы [74] позволяло производить расчет смыва при ливнях лишь для склонов прямой формы. Под его руководством формула была преобразована Г. Ш. Читишвили [73], и теперь она учитывает влияние формы склона на смыв:

$$q(x) = 0,011\gamma\omega d \left[M\sigma^{0,6}(\xi)\sin\beta \left(\frac{\xi}{\sqrt{\sin\beta}} \right)^{0,6} - 1 \right] t,$$

$$M = \left(\frac{n_0 i_0}{m} \right)^{0,6} \left(\frac{22,2}{V_{\Delta\text{доп}}} \right)^2,$$

где q – величина смыва, т/га; γ – объемный вес почвы, т/м³; d – средний диаметр почвенных агрегатов, м, принимают $d = 3,5$ мм, в среднем $d = 0,004$ м. Для почв равнинных территорий европейской части СССР величина d не превышает 1-2 мм, а в среднем равняется 0,0005 м; $V_{\Delta\text{доп}}$ – допустимая донная неэродирующая скорость потока, м/с; ω – средняя частота пульсаций скорости потока, приближенно принимается равной 10 с⁻¹; t_0 – средняя интенсивность осадков, м/с; t – время, в течение которого происходит сток (с некоторым завышением принимается равным продолжительности дождя), с; σ – коэффициент стока; n_0 – коэффициент гидравлического сопротивления; m – коэффициент, учитывающий по А. Н. Костякову изборожденность поверхности склона, концентрацию стока; x – расстояние от водораздела, измеренное вдоль линии профиля склона, м; ξ – горизонтальная координата, м; β – угол, характеризующий наклон склона.

Важным достоинством этой формулы является то, что она позволяет проводить расчет смыва на отрезках склона различной длины и крутизны, находящихся на разном расстоянии от водораздела, т. е. с учетом формы склона.

Однако формула не лишена существенных недостатков. Важнейшим из них является то, что показатель степени при уклоне сильно занижен, он равняется около 0,7 (для различных агрофонов). Это сильно затрудняет расчеты смыва при переходе от районов с предгорным и горным рельефом, где преобладают крутые склоны прямой формы, к районам с равнинным рельефом, где распространены склоны выпуклой формы, и наоборот. Авторы формулы попытались устранить возникшие трудности путем необоснованного уменьшения (в 8 раз) среднего диаметра почвенных агрегатов. Однако средний размер агрегатов для аналогичных почв горных и равнинных территорий не может столь резко из-

меняться. Истинная причина неувязок состоит именно в сильном занижении показателя степени уклона. Это приводит к резкому уменьшению относительного влияния уклона на смыв на крутых отрезках склонов и некоторому его возрастанию на пологих. Иначе говоря, как показали наши проверочные расчеты, на крутых склонах (или их отрезках) смыв сравнительно сильно занижается, а на пологих – завышается.

Отсюда следует, что на склонах выпуклой формы расчет смыва по рассматриваемой формуле проводить нельзя (за исключением участков, занятых многолетними травами и отчасти густопокровными культурами). В случае более правильного выбора показателя степени уклона совсем не потребовалось бы изменять заданное значение среднего диаметра агрегатов, разрушение которых в процессе транспортировки к тому же не поддается контролю.

Следует также отметить, что поскольку вводимая в расчет продолжительность стока принимается равной продолжительности дождя, то при более слабых ливнях, согласно расчетам, получается относительно более сильный смыв, чем при сильных.

Таким образом, рассматриваемая зависимость нуждается в совершенствовании.

Эмпирическая формула ГГИ [46] для расчета смыва почв на склонах за период весеннего половодья вероятностью превышения $P\%$ имеет вид

$$M_{s,p\%} = h_{p\%}^n a v k_I,$$

где $M_{s,p\%}$ – модуль стока наносов вероятностью превышения $P\%$, т/га; $h_{p\%}$ – слой стока за период весеннего половодья заданной вероятности превышения $P\%$, мм; v , n – параметры, зависшие от типа ручейковой сети на склоне вида агротехнического фона и типа почв (для зяблевой вспашки), принимаются по специальным таблицам; a – коэффициент, учитывающий влияние агротехнического фона за предшествующий год на смыв с зяблевой пахоты, озимых и стерни, определяется по специальной таблице; k_I – коэффициент, учитывающий крутизну склона.

Аналогичная формула дается и для расчета смыва за период дождевых паводков. Временная ручейковая сеть на склонах характеризуется нижеследующими признаками.

I тип. Микроручейковая сеть на приводораздельной части склона; длина ручейков до 100 м (площадь водосбора до 5 га).

II тип. Ручейковая сеть на нижерасположенной части склона; длина ручейков от 100 до 300 м, а общее расстояния от водораздела до замыкающего створа до 400 м (площадь водосбора от 5 до 25 га).

III тип. Ручейковая сеть, выраженная в рельефе (приурочена к ложбинам): длина ручьев от 300 до 1000 м, а общее расстояние от водораздела до замыкающего створа от 400 до 2000 м (площадь водосбора от 25 до 200 га).

Из изложенного следует, что формула ГГИ предназначена главным образом для расчета смыва с водосборов и мало пригодна для его определения по элементам склона. При расчете смыва для склонов могут быть получены результаты в среднем для 100-метрового приводораздельного отрезка, для зоны от 100 до 400 м и далее для зоны более 400 м (от 400 до 1000 м и более); при этом не дифференцируется крутизна (до 6°) и не учитывается форма склона. Если учесть, что площади пахотных земель до 6° занимают около 90% пашни, то станет очевидной нецелесообразность практического использования этой формулы для целей проектирования противоэрозионных мероприятий.

Универсальное уравнение почвенной эрозии (УПЭ) В. Х. Уишмейера и Д. Д. Смита [126] получено в результате статистической обработки данных стоковых площадок эрозионных станций США. Оно имеет следующий вид:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P,$$

где A – потери почвы в тоннах с акра; R – показатель эрозийности дождя, выраженный в единицах эрозионного индекса осадков EI_{30} . Годовой эрозионный индекс – это сумма произведений кинетической энергии дождевых осадков при их слое более 0,5 дюйма (12,2 мм) на их максимальную 30-минутную интенсивность; K – коэффициент эродированности почвы, определяется потерями почвы на единицу эрозийности дождя при стандартных условиях (склон длиной 22,6 м, уклон 9%, содержится под паром с обработкой вдоль склона); L – коэффициент длины (отношение потерь почвы с данного поля к потерям с поля длиной 22,6 м); S – коэффициент уклона (отношение потерь почвы с данного поля к потерям с поля, имеющего уклон поверхности 9%); C – коэффициент возделывания культур – отношение потерь почвы с данного поля к потерям почвы с поля при стандартной обработке (черный пар); P – коэффициент охраны почв (отношение потерь почвы с данного поля к потерям почвы с поля, на котором не проводились работы по охране почв, например, вспашка вдоль самого крутого склона).

Уравнение разработано для условий ливневой эрозии и используется в целях прогнозирования выноса почвы и выбора (назначения) противоэрозионных приемов. При этом эрозия рассчитывается в

среднем для поля без учета различий в крутизне разных отрезков склона, т.е. без учета формы склона. Это свидетельствует о некотором несовершенстве формулы Уишмейера и Смита. Например, для большого поля, расположенного на склоне выпуклой формы, недостаточно иметь среднюю величину смыва, так как в верхней и нижней частях поля показатели смыва могут сильно отличаться между собой. Впрочем, в фермерских хозяйствах США с небольшими сельскохозяйственными полями, где к тому же широко применяется перехват и направленный сброс стока, формула позволяет проводить обоснованные расчеты и проектировать противоэрозионные мероприятия.

Уравнение Уишмейера и Смита применяется в целях прогноза дождевой эрозии также во многих других странах.

3.3.3. Логико-математическая модель смыва (метод расчета) Г. П. Сурмача

Разделим склон длиной L на равновеликие отрезки a и обозначим длину разных отрезков, считая от водораздела, через $L_1, L_2, L_3, \dots, L_m$. При количестве отрезков m $L = ma$.

Напомним здесь, что различают полный (валовой) смыв почвы со склона, учитываемый в замыкающем створе (т или кг), и смыв, рассчитанный на единицу площади (т/га или кг/га).

Учитывая теоретические разработки ряда авторов и исходя из предпосылки, что величина полного смыва почвы со склона W_L прямо пропорциональна среднему уклону I^n и длине склона L^p (где n и p – показатели степени), можно выразить смыв на отрезках склона L_1, L_2, \dots, L_m , кратных отрезку a , как

$$\begin{aligned} W_{L_1} &= \alpha_1 I^n L_1^{p+1}; \\ W_{L_2} &= \alpha_1 I^n L_2^{p+1}; \\ W_{L_m} &= \alpha_1 I^n L_m^{p+1}, \end{aligned}$$

где α_1 – параметр, отражающий влияние прочих факторов.

Чтобы получить характеристику смыва почвы в расчете на единицу площади (m^2), разделим левую и правую части уравнения на L_m :

$$\frac{W_{L_m}}{L_m} = \frac{\alpha_1 I^n L_m^{p+1}}{L_m} = \alpha_1 I^n L^p.$$

Так как $L_m = ma$, то, подставив в левую часть уравнения ma вместо L_m и проведя несложное преобразование, получим:

$$\frac{W_{L_m}}{m} = \alpha_1 a I^n L^p, \tag{4}$$

Здесь $\frac{W_{Lm}}{m}$ – это средний смыв почвы на любом отрезке склона a , находящемся на расстоянии L от водораздела (в дальнейшем будем обозначать его через индекс W_a).

Раскрывая последовательно содержание уравнения (4), с учетом механизма смыва выведем из члена уравнения α_1 параметр γ , характеризующий исходную мутность сточной воды на приводораздельном отрезке склона a . При этом, разделив γ на a^p , приведем этот параметр к среднему значению (в пределах отрезка склона a) в расчете на единицу площади (m^2). Заменяв в уравнении α_1 на α_2 и введя $\frac{\gamma}{a^p}$, получим:

$$W_a = \frac{\alpha_2 a I^n L^p \gamma}{a^p} \text{ или } W_a = \alpha_2 a^{1-p} I^n L^p \gamma,$$

где γ – параметр, характеризующий насыщение водного потока мелкоземом (мутность) на приводораздельном отрезке склона a единичной ширины (1 м), имеющем длину 75 м и уклон 0,004, на среднесуглинистых типичном выщелоченном и обыкновенном черноземах, $г/м^3$ (см. дальше).

Поскольку эта мутность относится к стандартным условиям рельефа и почв, параметр выступает как эрозионный коэффициент. Устанавливается с учетом имеющихся экспериментальных данных (обратным расчетом). Значения параметра приводятся в табл. 8 и 9. При изменении длины приводораздельного отрезка a до a_1 значение параметра γ также будет изменяться: $\gamma_1 = \frac{\sqrt{a_1}}{\sqrt{a}}$.

В предшествующих рассуждениях уклон склона I – средняя для склона величина или постоянная, т. е. объектом служит склон с прямой формой профиля. Для склона с параболической формой профиля будет справедливым записать:

$$W_a = \alpha_2 a^{1-p} F^n L^p \gamma,$$

где F – средний уклон отрезков склона a (на которое определяется смыв), находящихся на расстоянии L от водораздела ($F = \operatorname{tg} \alpha$, где α – угол наклона отрезков a).

Последовательно расположенные равновеликие отрезки склона с изменяющимся уклоном F (возрастающим или уменьшающимся) отображают форму продольного профиля склона параболического вида. Для профилей склонов, имеющих различную параболическую форму, характерна строго определенная длина отрезков a . Значение длины и уклона этих отрезков позволило бы наиболее точно рассчитать для них смыв почвы. Однако для этого требуется провести специальную работу по "паспортизации" склонов.

Таблица 8

Значения показателей степени n и p , параметра γ и коэффициента K в формуле (5) в зависимости от характера сельхозугодий, состояния поверхности и защищенности почвы (для расчетов смыва, вызываемого стоком талых вод)

Угодье, состояние поверхности	n	p	K	γ , г/м ³
Зябь: вспашка поперек склона вспашка вдоль склона	1,3	0,5	5,25	4,0
	1,3	0,5	5,25	4,4
Озимые: рядки поперек склона рядки вдоль склона	1,2	0,5	3,0	1,4
	1,2	0,5	3,0	2,2
<i>Многолетние травы 1-го года:</i>				
рядки поперек склона рядки вдоль склона	1,2	0,5	3,0	1,8
	1,2	0,5	3,0	2,5
<i>Многолетние травы последующих лет:</i>				
рядки поперек склона рядки вдоль склона	0,8	0,4	0,51	0,42
	0,8	0,4	0,51	0,55
Выгон: хорошее задернение среднее задернение слабое задернение	0,4	0,3	0,09	0,07
	0,8	0,4	0,51	0,40
	1,0	0,5	1,0	2,0

Обработка количественного значения параметра γ проводилась нами для условно стандартного склона с параболической формой профиля, отвечающей уравнению:

$$F_{ma} = \frac{1}{a} \left(l^{\frac{1}{a}} - b \right),$$

где $a = 75$ м; $m = 1...8$; $l = 1,3$; $b = 1$.

Средний уклон приводораздельного отрезка этого склона равен 0,004.

Выше отмечалось, что, согласно теоретическим и экспериментальным исследованиям отечественных и зарубежных авторов, показатель степени p при длине склона в расчете на полный смыв со склона в среднем равняется 1,5-1,6, а в расчете на единицу площади 0,5-0,6, т. е. смыв пропорционален $L^{0,5(0,6)}$. Учитывая это и раскрывая член уравнения α_2 , включающий ряд параметров и показателей (сток талых и ливневых вод, характер снеготаяния, почвенные факторы и др.), а также вводя коэффициент K , уравнивающий влияние изменяющихся показателей степени n и p , запишем:

$$W_a = \alpha_3 K a^{0,5} F^n L^{0,5} \gamma u^i P_T P_{\text{мех}} P_{\text{э.см}} P_{\text{э.ст}} A. \quad (5)$$

Таблица 9

Значения показателей степени n и p , параметра γ и коэффициента K в формуле (6) в зависимости от характера сельхозугодий, состояния поверхности и защищенности почвы, а также величины стока (для расчета смыва при ливневом стоке)

Агрофон	Состояние поверхности	n	p	K	γ , г/м ³
Чистый пар, сток 7 мм	Рыхлая	1,30	0,50	5,25	23,0
	Уплотнена	1,30	0,50	5,25	18,5
Чистый пар, сток 7-15 мм	Рыхлая	1,35	0,50	6,91	23,5
	Уплотнена	1,35	0,50	6,91	19,0
Чистый пар, сток 16-25 мм	Рыхлая	1,40	0,55	7,33	24,0
	Уплотнена	1,40	0,55	7,33	19,4
Чистый пар, сток 25 мм	Рыхлая	1,45	0,60	7,78	24,0
	Уплотнена	1,45	0,60	7,78	19,4
Кукуруза, свекла, сток 7 мм	Рядки поперек склона (I)	1,30	0,50	5,25	18,5(14,8)
	Рядки вдоль склона (II)	1,30	0,50	5,25	20,3(16,6)
Кукуруза, свекла, сток 7-15 мм	I	1,35	0,50	6,91	18,7(15,0)
	II	1,35	0,50	6,91	20,8(17,1)
Кукуруза, свекла, сток 16-25 мм	I	1,40	0,55	7,33	19,0(15,2)
	II	1,40	0,55	7,33	21,0(17,3)
Озимые зерновые	I	1,20	0,50	3,00	4,2
	II	1,20	0,50	3,00	4,7
Яровые зерновые	I	1,2	0,5	3,00	6,4
	II	1,2	0,5	3,00	7,3
Крупяные	I	1,2	0,5	3,00	9,0
	II	1,2	0,5	3,00	9,9
Многолетние травы 1-го года	I	1,2	0,5	3,00	4,7
	II	1,2	0,5	3,00	5,4
Многолетние травы последующих лет	I	0,8	0,4	0,51	1,4
	II	0,8	0,4	0,51	1,9
Однолетние травы	I	1,0	0,5	1,00	5,2
	II	1,0	0,5	1,00	6,8

Примечание. В графе 6 на пропашных культурах значение мутности без скобок даны для взрыхленной при обработке почвы, а в скобках – для уплотнившейся.

Определим значение коэффициента пропорциональности α_3 с учетом размерности параметра γ для расчета смыва на отрезках склона a в т/га. Исходная мутность γ на приводораздельном отрезке шириной

1 м выражена в $\text{г}/\text{м}^3$, причем 1 м^3 в расчете на га составляет 0,1 мм. Так как в расчетных формулах слой стока выражается в мм (см. дальше) и при слое 1 мм его объем равен 10 $\text{м}^3/\text{га}$, для определения смыва на отрезках склона в тоннах с га коэффициент пропорциональности будет равняться $\alpha_3 = \frac{10 \cdot 10000}{1000000a} = \frac{1}{10a}$. Следует иметь в виду, что поскольку количественное выражение исходной мутности (эрозионного коэффициента) в расчете на га соответствует слою стока 0,1 мм (1 м^3), то при определении значения γ обратным расчетом нужно найденную величину разделить на 10.

Подставив вместо α_3 его значение в уравнение (5) и проведя несложное преобразование, напишем уравнения:

$$W_a^{\text{тал}} = \frac{K}{10\sqrt{a}} F^n L^{0,5} \gamma u_{\text{тал}}^i P_T P_{\text{мех}} P_{\text{э.см}} P_{\text{э.ст}} A \quad (5)$$

для расчета смыва, вызываемого стоком талых вод, и

$$W_a^{\text{лн}} = \frac{K}{10\sqrt{a}} F^n L^{0,5} \gamma u_{\text{лн}}^i P_T P_{\text{мех}} P_{\text{э.см}} P_{\text{э.ст}} A \quad (6)$$

для определения смыва от ливневых вод.

В этих уравнениях K – коэффициент, выражающий произведение отношений уклонов с показателями степени 1,0 и n и длины склона с показателями степени 0,5 и $p \left(\frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{пр}}^n} \cdot \frac{L_{\text{пр}}^{0,5}}{L_{\text{пр}}^p} \right)$ на приводораздельном отрезке склона a и приводящий значение начальной мутности к ее значению при уклоне отрезка $F_{\text{пр}}$, равном 0,004, и $a = 75$ (см. табл. 8 и 9); $u_{\text{тал}}$ – средний многолетний (или годовой) слой стока талых вод с различных сельскохозяйственных угодий, или сток заданной обеспеченности, мм; $u_{\text{лн}}$ – слой стока дождевых вод той или иной обеспеченности, или сток за период, а также за отдельный ливень, мм (устанавливается на основании экспериментальных данных); i – показатель степени при u : для смыва, вызываемого ливневым стоком с модулем 70-95 л/с·га, в среднем равняется 1,10 (может колебаться в зависимости от интенсивности стока в пределах 0,80-1,25, см. рис. 12); для стока талых вод при слоях менее 80 мм равня-

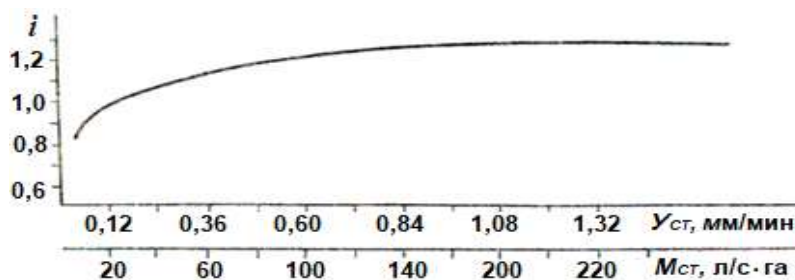


Рис. 12. Связь показателя степени i при слое стока с интенсивностью стока $U_{\text{ст}}$ и модулем $M_{\text{ст}}$

ется 0,95, при большем стоке колеблется в пределах 0,94-0,89 (на каждые 10 мм превышения стока показатель степени уменьшается на 0,01); u – коэффициент, учитывающий влияние снегоотложения по склону на интенсивность смыва, определяется из выражения:

$$u = 1 + \frac{h_0 - h}{\beta h_0}, \quad (7)$$

где h_0 – средний многолетний запас воды в снеге (или высота снега) на приводораздельной площади, мм; h – средний многолетний запас воды в снеге в средней и нижней частях снегосдуваемых и снегозаносимых склонов, мм; β – коэффициент, который может изменяться в зависимости от степени выпуклости склонов и неравномерности снегоотложения от 1,5 до 3, в среднем 2; P_m – коэффициент, характеризующий относительную податливость эрозии разных типов и подтипов почв (для черноземов типичного, выщелоченного, обыкновенного он равен 1,0, для черноземов оподзоленного и южного, темно-серой лесной и темно-каштановой почв 1,07, для серой лесной и каштановой почв 1,15, для светло-серой лесной, дерново-подзолистой, светло-каштановой почв 1,23, для красноземов и желтоземов 0,75); $P_{мех}$ – коэффициент, характеризующий влияние механического состава почв на их относительную податливость эрозии (для глинистых почв он равен 0,90, тяжелосуглинистых 0,95, среднесуглинистых 1,0, легкосуглинистых 1,07, супесчаных 1,15, песчаных 1,2. На супесчаных и песчаных почвах указанные коэффициенты применяются для расчета смыва на отрезках склонов круче 2° , при крутизне до 1° следует брать коэффициент 0,90, от 1° до 2° – 1,0); $P_{э.см}$ – коэффициент, характеризующий влияние степени смытости почв на их относительную податливость эрозии (для несмытых почв он равен 1,0, слабосмытых 1,03, среднесмытых 1,08, сильносмытых 1,14, для весьма сильно смытых 1,20); $P_{э.см}$ – коэффициент, характеризующий влияние степени смытости почв на сток ливневых и талых вод (см. табл. 11); A – коэффициенты, характеризующие влияние агротехнических приемов на сток и смыв (глубокая зяблевая вспашка, щелевание, устройство микрорельефа, внесение удобрений и др.), определяются особо (см. дальше).

Здесь мы выделяем еще одно понятие среднего смыва W_a (т/га), относящееся к смыву на отрезках склона, находящихся на расстоянии L от водораздела. Оно существенно отличается от понятия смыва со всего склона, хотя имеет ту же размерность.

Исходя из высказанных ранее теоретических соображений о различном влиянии на смыв уклона и длины склона при разной за-

щищенности почвы растительным или иным покровом и учитывая экспериментальные данные отечественных и американских исследователей, мы считаем, что расчетные формулы будут наиболее точно отражать (описывать) процесс смыва, если показатели степени n и p будут переменными (см. рис. 11). Показатель степени n при уклоне будет равняться (в зависимости от интенсивности стока) при расчетах смыва на чистых парах и пропашных культурах 1,3-1,5, на зяби 1,3, на озимых и однолетних травах 1,2, на многолетних травное 0,8 и т. д. (см. табл. 8 и 9). Несколько изменяется и показатель степени p .

Увеличение или уменьшение показателя степени n существенно изменяет числовое значение уклона приводораздельного отрезка F_{np} , что, в свою очередь, сильно влияет на показатель начальной мутности γ и на расчетный смыв по склону. То же касается и влияния показателя степени p при L . Поэтому потребовалось привести значение уклона и длины склона с различными показателями степени к какому-то одному их значению. За такой условный стандарт нами принят уклон F_{np} в степени 1,0 и длина склона L_{np} в степени 0,5. Введение в расчетные формулы коэффициента K позволяет придать начальной мутности γ единое, сопоставимое для различных агрофонов значение.

Введение показателя степени i при величине ливневого стока со значением больше единицы (при модуле стока больше 33 л/с) обуславливается тем, что увеличение расхода ливневого стока при прочих равных условиях сопровождается нарастанием его энергетического действия и повышением удельной интенсивности смыва (при большем стоке мутность воды выше, чем при меньшем). Введение аналогичного показателя для величины стока талых вод со значением меньше единицы учитывает известную закономерность, заключающуюся в том, что по мере увеличения годового объема стока (особенно на уровне 10%-ной и меньшей обеспеченности) его средняя мутность понижается.

Член уравнения (7) $\frac{h_0-h}{\beta h_0}$ учитывает влияние неравномерности снеготложения на смыв почвы. Как известно, на ветроударных снеготудаваемых склонах, особенно сильно выпуклой формы (чаще это склоны юго-восточной, южной и юго-западной экспозиции), мощность снежного покрова по мере продвижения книзу уменьшается, а на противоположных снеготаносимых склонах, наоборот, возрастает. В связи с этим, а также с наличием температурного градиента и отчасти с неодинаковым количеством поступающей солнечной радиации на склоны разной экспозиции и крутизны снеготудаваемые склоны во время снеготаяния

обнажаются от снега, начиная с нижней приборочной части и кончая верхней приводораздельной, а снегозаносимые, наоборот, от верхней части склона к нижней. В силу этого на первых интенсивность смыва значительно возрастает к нижней части склона из-за отсутствия защитного влияния снежного покрова, а на вторых – уменьшается.

Основываясь на материалах И. Д. Брауде [12], проводившего в течение 11 лет снегомерные съемки в совхозе "Каширский" Московской обл., В. М. Мишона [75], А. С. Козменко и А. Д. Ивановского [55], Г. А. Харитонova [119], и привлекая собственные материалы исследований, мы составили таблицу, в которой приводятся коэффициенты, характеризующие среднегодовое соотношение запасов снеговой воды перед началом снеготаяния на склонах разной экспозиции относительно водораздела (табл. 10).

Таблица 10

**Коэффициенты, характеризующие соотношение запасов
снеговой воды перед началом снеготаяния на склонах
разной экспозиции относительно водораздела**

Часть склона	Экспозиция склона							
	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З
Верхняя	1,00	1,07	1,03	1,00	0,96	0,93	0,95	0,96
Средняя	1,05	1,22	1,13	1,05	0,97	0,84	0,86	0,89
Нижняя	1,01	1,26	1,21	1,15	0,90	0,70	0,73	0,76
Нижняя присетевая	1,01	1,40	1,31	1,22	0,89	0,56	0,59	0,62

Эта таблица позволяет определить параметр *и* для разных отрезков склонов различной экспозиции и разработать поправочные коэффициенты к величине смыва (приводятся в следующей главе).

Почвенные факторы смыва. Как известно, водопрочность структуры и противоэрозионная устойчивость черноземов на равнине превышает аналогичные показатели других почв (при одинаковых материнских породах). По мере продвижения к северу и северо-западу от черноземного пояса в направлении серых лесных и дерново-подзолистых почв и к юго-востоку в направлении каштановых почв и сероземов противоэрозионная устойчивость почв постепенно понижается, хотя в связи с неодинаковой их распыленностью, обусловленной различной историей сельскохозяйственного использования, могут быть и отклонения от этого правила. Тем не менее, чтобы установить коэффициенты относительной эродированности разных ти-

пов почв, требуется, помимо косвенных характеристик, иметь как бы реперные показатели, позволяющие проводить прямые определения этих коэффициентов. В этих целях мы, в частности, использовали результаты проведенного нами определения исторического смыва почв Новосильского ключевого участка Орловской обл.

Как показал расчет, историческая смытость серых лесных почв в 1,14 раза больше смытости оподзоленных и выщелоченных черноземов. Исходя из этого, нами принят (с учетом более сильной выраженности рельефа на массиве серых лесных почв) коэффициент эродированности для серых лесных почв, равным 1,15, для темно-серых почв и оподзоленных черноземов 1,07 при коэффициенте эродированности выщелоченных, типичных и обыкновенных черноземов 1,0. С учетом изложенного нами определены коэффициенты эродированности и для других типов почв.

Следует иметь в виду, что в реальных условиях применяемых севооборотов при той или иной защищенности растительностью значительной части пахотных земель осредненные коэффициенты относительной эродированности почв должны быть значительно меньше, чем при их определении в лабораторных условиях или в полевых экспериментах на незащищенных почвах (особенно при ливнях). Это касается как коэффициентов, характеризующих эродированность разных типов и подтипов почв, так и коэффициентов влияния на смыв различного механического состава и степени смытости почв.

При определении коэффициентов, характеризующих влияние механического состава почв на их податливость эрозии, нами в качестве реперных были использованы результаты наблюдений за мутностью водных потоков в период весеннего снеготаяния на склоне 4,5-5,5° с суглинистой и песчаной каштановыми почвами в районе г. Камышина. Насыщенность ручьев мелкоземом на песчаной почве в среднем была на 27% больше, чем на суглинистой. На основании этих и некоторых других данных (с учетом несколько повышенной задержанности суглинистой почвы) нами были приняты коэффициенты относительной эродированности для песчаных почв 1,20, супесчаных 1,15. Коэффициенты относительной эродированности других почвенных разновидностей заняли промежуточное положение.

Коэффициенты, отражающие влияние степени смытости почв на их относительную податливость эрозии определены нами косвенным путем по изменению содержания гумуса в пахотном горизонте почв разной степени смытости. Его содержание в смытых почвах рассчитывали с использованием кривых распределения гумуса (см. рис. 10).

Указанные коэффициенты определяли (с некоторым допуском) делением относительного превышения содержания гумуса в пахотном горизонте несмытой почвы (эталон) над его содержанием в смытых почвах на порядковый номер данной категории смытости (несмытая 1, слабосмытая 2, среднесмытая 3 и т.д.), т.е. по выражению

$$P_{э.см} = 1 + \frac{Q_n - Q_{см}}{Q_{см} \cdot N_{пор}}$$

где Q_n , $Q_{см}$ – содержание гумуса в пахотном горизонте соответственно несмытых и смытых почв, т/га; $N_{пор}$ – порядковый номер категории смытости.

Например, при $Q_n = 167,9$ т/га, $Q_{см} = 137,1$ т/га, $N_{пор} = 3$ (среднесмытая почва) $P_{э.см} = 1 + \frac{167,9 - 137,1}{137,1 \cdot 3} = 1,07$.

Для характеристики влияния степени сытости почв на сток талых вод $P_{э.ст}$ приняты коэффициенты, полученные нами экспериментально (табл. 11).

Таблица 11

Коэффициенты $P_{э.ст}$, характеризующие влияние степени смытости почвы на сток ливневых и талых вод

Степень смытости почв	Для стока ливневых вод, мм							Для стока талых вод
	5	5-10	10-15	16-20	21-30	31-40	41-50	
Несмытая	1	1	1	1	1	1	1	1
Слабосмытая	1,02	1,03	1,05	1,07	1,09	1,11	1,13	1,05
Среднесмытая	1,08	1,12	1,16	1,20	1,24	1,28	1,32	1,12
Сильносмытая	1,18	1,23	1,28	1,35	1,40	1,45	1,50	1,18
Весьма сильно смытая	1,28	1,35	1,42	1,50	1,58	1,66	1,75	1,25

Коэффициенты связи ливневого стока со степенью смытости почв даются приближенно; они дифференцированы в зависимости от объема (слоя) стока, что соответствует действительному ходу природных процессов.

О п р е д е л е н и е п а р а м е т р а γ (э р о з и о н н ы й к о э ф ф и ц и е н т) . Для того, чтобы та или иная логико-математическая модель, содержащая эрозионный коэффициент, обеспечивала правильный расчет смыва почв со склонов, она должна удовлетворять двум основным условиям.

1. Правильно отображать долю участия и количественную (математическую) связь основных факторов смыва в соответствии с физической сущностью эрозионного процесса.

2. Количественное выражение эрозионного коэффициента должно быть достаточно обосновано экспериментально. В случае, если этот коэффициент окажется значительно завышенным, расчетный смыв (при условии, что сама формула построена правильно) будет соответственно систематически завышаться, и наоборот, Вопрос приведения расчетного смыва в соответствие с физическим одинаково важен для всех расчетных схем.

Основная трудность состоит в недостатке полноценных экспериментальных данных, позволяющих установить среднегодовые величины смыва. Как уже отмечалось, приводимые в литературе данные о смыве, найденном замерами объема водоросей, сильно преувеличены; они отличаются большой пестротой и, как правило, не имеют строгой привязки к конкретным условиям, в которых получены. Значительно более строго и правильно отражают действительный смыв со склонов экспериментальные данные стоковых площадок (по твердому стоку). Однако они также сильно колеблются в зависимости от варьирования условий формирования стока и смыва. Например, в период весеннего снеготаяния интенсивность смыва на одной и той же площади при одинаковых величинах стока зависит от интенсивности стока (модуля), от особенностей распределения снежного покрова (при его возрастании к низу склона смыв значительно уменьшается, и наоборот), от того, по мерзлой или талой (сверху) почве проходит сток, от наличия притертой ледяной корки на поверхности почвы, от выпадения дождей во время снеготаяния (при этом интенсивность стока и смыва резко возрастает) и др. В зависимости от указанных причин в одних случаях при очень большом слое стока формируется небольшой смыв, в других же, наоборот, при сравнительно небольшом или умеренном стоке происходит сильный вынос почвы (при высокой мутности). Нашими исследованиями установлено, что при больших влагозапасах в снеге и равномерном распределении снежного покрова приблизительно 40-50% снеговой воды (иногда больше) стекает, почти не производя выноса почвы. Чаще же смыв почвы протекает нормально: более сильному стоку соответствует больший вынос мелкозема, слабому – меньший.

Ввиду отмеченных больших колебаний смыва во время снеготаяния в настоящее время не представляется возможным строго согласовать расчетный смыв с годовым фактическим. Расчеты смыва за время снеготаяния можно проводить точнее, если иметь сведения о

важнейших условиях его формирования, например об интенсивности стока, распространении притертой ледяной корки и др. При этом можно воспользоваться предлагаемой зависимостью

$$W'_a = 0,25W_a(1 - 0,7S_{лк})q_{max},$$

где W'_a – расчетный смыв за время снеготаяния с учетом модуля стока и распространения ледяной корки, т/га; W_a – расчетный смыв за то же время без поправок, т/га; $S_{лк}$ – распространение ледяной корки, в долях единицы; q_{max} – максимальный модуль стока, л/(с·га).

Однако в литературе указанные сведения, как правило, не приводятся. Наиболее надежный способ согласования расчетного смыва с фактическим – это его сопоставление со средними за ряд лет экспериментальными данными, полученными на эрозионно-гидрологических объектах (преимущественно стоковые площадки).

В табл. 12 и 13 сопоставляются среднегодовые величины смыва с зяби и уплотненной пашни (озимые, стерня), полученные разными исследователями в экспериментах на стоковых площадках, с расчетными величинами смыва. Эрозионный коэффициент γ нами принят с некоторым превышением, и поэтому расчетный смыв с зяби в среднем на 17% (30%) больше, чем полученный экспериментально, по твердому стоку (взял некоторый "запас прочности"). Сильно заниженное отношение расчетной величины среднегодового смыва к фактической на объекте В. К. Подгорного объясняется очень большим смывом весной 1972 г., связанным с выпадением дождя во время весеннего снеготаяния. Если исключить этот год из расчета, то отношение расчетного смыва к наблюдаемому увеличится до 0,97.

Соотношение расчетного и фактического смыва на озимых изменяется в значительно больших пределах, чем на зяби. Это связано главным образом с неодинаковым развитием озимых в осенний период и, следовательно, с их различной почвозащитной способностью, а также с варьированием отмеченных выше условий формирования смыва. С увеличением ряда наблюдений на одних и тех же объектах среднегодовой фактический смыв приблизится к средней норме и указанное соотношение станет более стабильным. Имеющиеся в настоящее время данные (см. табл. 13) позволили получить для озимых отношение расчетного смыва к фактическому, равное 1,40 (1,76).

Аналогичные сопоставления фактических данных по смыву с расчетными выполнены нами также и для дождевого смыва, хотя экспериментальных материалов для этого значительно меньше. Исполь-

Таблица 12

Среднегодовые показатели смыва с зяби по данным стоковых площадок и полученные расчетные показатели методом

Наименование почв, район исследований	Годы наблюдений	Количество дождевых площадок	Длина склона L, м	Средний уклон, град	Смыв, кг/га		Отношение расчетного смыва к фактическому	Авторы, литературный источник
					наблюденный	расчетный		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Серая лесная, Орловская обл. (Новосильская ЗАГЛЮС)	1967-1974	28	100	2,0-3,0	1363	1854	1,36	Г. П. Сурмач, А. Т. Барабанов [112]
Серая лесная, вблизи Курска (Курский СХИ)	1964-1966 (3 года)	24	100	3,8	1060	1810	1,71	П. А. Стариченко [102]
Серая лесная (к-з «Прогресс» Фатежского р-на)	1972-1978 (5 лет)	5	170	2,7	1326	1818	1,37	М. М. Ломакин [62]
Темно-серая лесная, вблизи Курска (к-з им. Дзержинского)	1972-1980 (6 лет)	6	300	2,1	4170	2310	0,55	А. Г. Рожков, В. К. Подгорный [91]
Чернозем выщелоченный (Курская ЗОМС)	1962, 1963 (2 года)	18	120	1,7-3,4	1033	1420	1,37	П. А. Аксенов [4]
Чернозем мощный, типичный выщелоченный (Курский стационар ИГ АН СССР)	1962-1970 (8 лет)	60	200-256	1,0-6,0	1114	1357	1,22	А. П. Грин, Ю. В. Кук, Е. П. Чернышев [24]
Чернозем выщелоченный (к-з «Прогресс» Фатежского р-на)	1969-1971 (3 года)	9	350	2,4	6115	7255	1,19	Л. Н. Гавриленко, В. Г. Гусаров [18]

Продолжение табл. 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чернозем выщелоченный (ОПХ ВНИИЗиЗПЭ, Медвенский р-н)	1977-1982 (4 года)	7	360	3,0	3371,0	3639,0	1,08	С. С. Машенко [70]
То же	1979-1981 (3 года)	6	230	2,5	850,0	1190,0	1,40	В. В. Демидов [29]
"-"	1980-1982 (3 года)	3	184-235	3,0-4,0	2200,0	2811,0	1,28	И. Я. Ремезюк и др. [101]
"-"	"-"	3	187-193	3,0-4,0	1500,0*	2218,0	1,48	"-"
Чернозем обыкновенный, Куйбышевская обл. (Поволжская (АГЛЮС))	1966, 1970 (2 года)	4	100	1,5-2,5	695,0	1073,0	1,54	В. И. Панов [85]
Чернозем южный, Саратовская обл. (с-з «Вязовский» Татищевского р-на)	1953-1980	8	100-300	1,0-6,5	15880,0	2010,0	1,27	А. В. Лысов, П. Н. Проездов [65]
Светло- каштановые (Волгоградское оп. Хоззайство ВНИИЛМИ)	1963-1968 (5 лет)	5	70-90	3,5-6,0	1323,0	1758,0	1,33	Г. П. Сурмач [109]
Среднее					1978,6	2323,4	1,17** (1,30)	

* На объекте И. Я. Ремезюка смыв (1500 кг/га) определен при поверхностной (зяблевой) обработке. ** Среднее отношение расчетного и наблюдаемого смыва рассчитано в двух вариантах: путем деления суммарного расчетного смыва на суммарный фактический и путем осреднения среднегодовых отношений (в скобках).

Таблица 13

Среднегодовые показатели смыва с озимых по данным стоковых площадок и полученные расчетные способами

Наименование почв, район исследований	Годы наблюдений	Количество площадок	Длина склона L, м	Средний уклон, град	Смыв, кг/га		Отношение расчетного смыва к фактическому	Авторы, литературный источник
					наблюденный	расчетный		
Серые лесные, Курская обл.	1973, 1976, 1979 (3 года)	3	300	2,1	300	1110	3,70	В. К. Подгорный*
Черноземы типичные, выщелоченные (Курский стационар ИГ АН СССР)	1962-1970 (9 лет)	26	200-256	1,0-6,3	343	729	2,12	А. П. Грин, Ю. В. Кук, Е. П. Чернышев [24]
Чернозем типичный (ОПХ ВНИИЗиЗПЭ)	1977, 1981 (2 года)	2	360	3,0	1200	1100	0,92	С. С. Машенко [70]
Чернозем обыкновенный, Куйбышевская обл. (Поволжская (АГЛЮС))	1966-1968 (3 года)	3	100	1,5-2,0	228	219	0,96	В. И. Панов [85]
Чернозем южный, Саратовская обл.	1953-1980 (16 лет)	16	150-300	1,0-6,5	880	981	1,11	А. В. Лысов, П. Н. Проездов [65]
Среднее					590	828	1,40 (1,76)	

*Данные любезно предоставлены автором.

зованы также данные искусственного дождевания, полученные разными исследователями.

Учитывая изложенное, мы имеем достаточно оснований считать, что расчетный смыв по разработанным нами уравнениям хорошо согласуется с действительным смывом почв со склонов и эти уравнения можно применять для соответствующих расчетов в целях построения систем (комплексов) противоэрозионных мероприятий.

Следует иметь в виду, что в табл. 12 и 13 показаны среднегодовые величины смыва лишь для тех коротких отрезков времени, в течение которых проводилось изучение жидкого и твердого стока на гидрологических объектах. Они лишь позволяют согласовать расчетные величины смыва с экспериментальными, т. е. вывести расчетный смыв на уровень фактического. Вопрос же о многолетнем среднегодовом смыве, для предотвращения которого должны применяться противоэрозионные мероприятия (с учетом допустимого смыва), будет рассмотрен особо в следующей главе.

Остановимся на вопросе учета сезонного изменения расчетного смыва при дождях.

В табл. 9 значения параметра γ (эрозионный коэффициент) для расчета смыва по ливневому стоку выступают как среднегодовые, поэтому и смыв рассчитывается за весь сезон или как средне многолетний (а также в соответствии с той или иной обеспеченностью стока). Однако в действительности при одинаковой интенсивности дождей смыв существенно изменяется в зависимости от зональных условий и от весны к лету по мере развития растительного покрова и возрастания его почвозащитной роли.

Параметр γ изменяется также в зависимости от интенсивности и продолжительности ливня и величины стока. При малом стоке его значение небольшое, а по мере возрастания стока (особенно в пределах до 3-4 мм) резко увеличивается. Зависимость параметра от величины стока u показана на рис. 13.

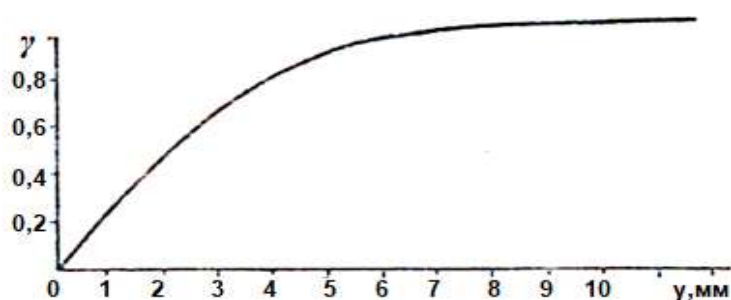


Рис. 13. Зависимость исходной мутности γ , характеризующей эродированность почв, от величины стока ливневых вод u

При расчетах среднемноголетнего смыва в севооборотах в целях проектирования противозерозионных мероприятий (об этом речь пойдет в следующей главе) применение указанных поправок к табличным значениям параметра γ не требуется.

Пример расчета. Требуется рассчитать (по среднему стоку) смыв с зяби (вспашка поперек склона) для темно-серой лесной почвы в 60 км севернее Курска на склоне южной экспозиции (где наблюдается значительное сдувание снега), имеющем на разных отрезках следующие уклоны: 0-75 м – 0,004; 75-150 м – 0,009; 150-225 м – 0,016 (почва несмытая); 225-300 м – 0,025; 300-375 м – 0,036 (почва слабосмытая); 375-450 м – 0,051; 450-525 м – 0,070 (почва среднесмытая); 525-600 м – 0,096 (почва сильносмытая). Воспользуемся уравнением (5). Вначале определим значения входящих в это уравнение параметров и показателей: $K = 5,25$; $n = 1,3$; $p = 0,5$; $\gamma = 4 \text{ г/м}^3$ (см. табл. 8); $y = 37 \text{ мм}$; $h_o = 115 \text{ мм}$, примем, что влагозапасы в снеге на снегосдуваемом склоне на расстоянии 225 м от водораздела h составляют 100 мм и далее вниз по склону 90, 75, 60 мм. Тогда (при $\beta = 2$) коэффициент, учитывающий влияние неравномерности снегоотложения по склону на интенсивность смыва, выразится в следующих величинах:

$$u_{225 \text{ м}} = 1 + \frac{h_o - h}{2 \cdot 115} = 1 + \frac{115 - 100}{230} = 1,06;$$

$$u_{300-375 \text{ м}} = 1 + \frac{115 - 90}{230} = 1,11;$$

$$u_{450-525 \text{ м}} = 1 + \frac{115 - 75}{230} = 1,17;$$

$$u_{600} = 1 + \frac{115 - 60}{230} = 1,24.$$

Уравнение (5) для расчета смыва с зяби примет следующий вид:

$$W_a^{\text{тал}} = \frac{5,25}{86,6} F^{1,3} L^{0,5} \gamma u^{0,95} u_P P_{\text{мех}} P_{\text{э.см}} P_{\text{э.ст}} A.$$

Подставив в уравнение числовые значения параметров и показателей для разных отрезков склона, получим:

$$W_{75-150 \text{ м}} = \frac{5,25}{86,6} \cdot 0,009^{1,3} \cdot 150^{0,5} \cdot 4 \cdot 37^{0,95} \cdot 1,0 \cdot 1,07 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,061 \cdot$$

$$0,0022 \cdot 12,25 \cdot 4 \cdot 31 \cdot 1,0 \cdot 1,07 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,21 \text{ т/га};$$

$$W_{225-300 \text{ м}} = \frac{5,25}{86,6} \cdot 0,025^{1,3} \cdot 300^{0,5} \cdot 4 \cdot 37^{0,95} \cdot 1,11 \cdot 1,07 \cdot 0,95 \cdot 1,03 \cdot 1,05 =$$

$$1,32 \text{ т/га};$$

$$W_{525-600 \text{ м}} = \frac{5,25}{86,6} \cdot 0,096^{1,3} \cdot 600^{0,5} \cdot 4 \cdot 37^{0,95} \cdot 1,24 \cdot 1,07 \cdot 0,95 \cdot 1,14 \cdot 1,18 =$$

$$14,80 \text{ т/га и т. д.}$$

Суммировав смыв, рассчитанный для каждого отрезка склона, и разделив его величину на количество отрезков, получим средний смыв для склонов.

В некоторых случаях может возникнуть необходимость в определении смыва на отрезках склона менее 75 м (или большей длины). При этом удобно пользоваться коэффициентом перехода от расчетной величины смыва на отрезке склона длиной 75 м к его значению на отрезках другой длины (при одинаковом расстоянии от водораздела) λ . Его находят по графику, показанному на рис. 14. График построен на основании вычисления коэффициента λ для отрезков склона разной длины, находящихся на различном расстоянии от водораздела, по зависимости

$$\lambda = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{L+j}},$$

где j – смещение средней метровки данного отрезка a относительно середины отрезка длиной 75 м, т. е. $j = \frac{a-75}{2}$.

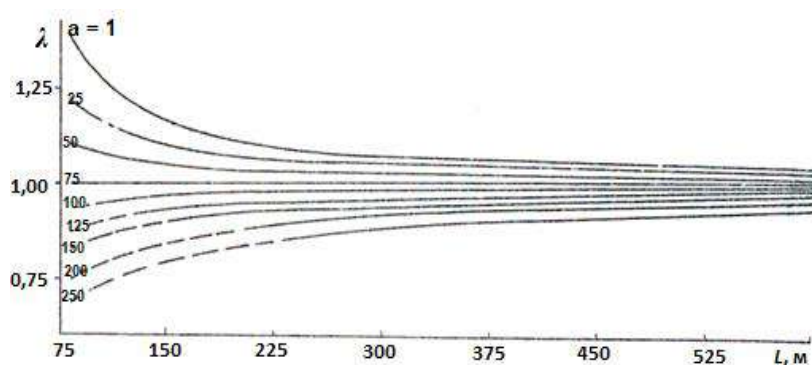


Рис. 14. График определения коэффициента λ , применяемого при расчете смыва на отрезке склона произвольной длины a , удаленном на расстояние L от водораздела

Для склонов с прямой формой продольного профиля (или приближающейся к ней) расчет среднего смыва целесообразно проводить (в целях ускорения работ) с использованием графика, приведенного на рис. 15.

При этом рассчитывают смыв обычным способом лишь для одного самого нижнего отрезка склона, а затем результат умножают на коэффициент φ_1 , взятый из графика (по нижней ветви 2). Средний смыв для такого склона можно определить также путем корректировки параметра, используя верхнюю ветвь указанного графика.

Определение смыва на склонах вогнутой формы. На склонах вогнутой формы по мере уменьшения уклона мутность воды и интенсивность выноса почвы книзу уменьшаются, в связи с чем при хорошо выраженной вогнутости может происходить частичная аккумуляция мелкозема. Однако при расчете смыва на различных отрезках склона по уравнениям (5) и (6) аккумуляция не учитывается и расчетный вынос почвы завышается. Поэтому расчет смыва

на отрезках вогнутых склонов можно проводить по следующему уравнению (оно дается здесь в общем виде):

$$\alpha_m F_m^n L_m^p - \alpha_{m-1} L_{m-1}^p (F_{m-1}^n - F_m^n)$$

где $\alpha_m F_m^n L_m^p$ – представляет собой в обобщенном виде уравнения (5) и (6), по которым проводится основной расчет смыва на различных отрезках склона, а выражение $\alpha_{m-1} L_{m-1}^p (F_{m-1}^n - F_m^n)$ отражает аккумуляцию на нижележащих отрезках склона, которая должна быть вычтена из величины смыва; W_{am} – величина смыва на различных отрезках склона a за вычетом аккумуляции, т/га; m – порядковый номер отрезка склона a ; α_m и α_{m-1} – параметр, включающий влияние прочих факторов при расчетах смыва и аккумуляции на отрезках склона a ; $F_m^n - F_{m-1}^n$ – разница в уклонах выше- и нижележащего отрезков склона в степени n .

Однако в автономном проведении расчетов смыва на вогнутом склоне по приведенной формуле нет необходимости, тем более что они трудоемки. Смыв целесообразно определять, используя результаты расчетов на ЭВМ по формулам (5) и (6), о чем дальше будут даны дополнительные разъяснения.

Коснемся вопроса о влиянии формы продольного профиля склона на смыв почвы. Разные исследователи рекомендуют применять те или иные коэффициенты для выражения соотношения среднего смыва на склонах разной формы. Например, принимая смыв на склоне с прямым профилем за единицу, для склона с выпуклой формой профиля рекомендуем коэффициент 1,5 (Б. В. Поляков) или 1,25 (Г. В. Лопатин), а для вогнутых склонов соответственно 0,5 или 0,75. Однако для склонов

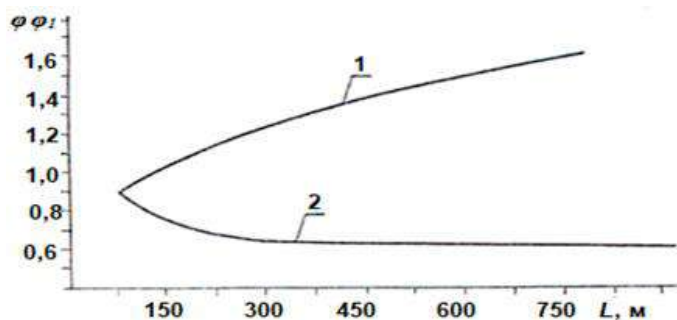


Рис. 15. Коэффициенты для определения среднего смыва почв со склонов (1 – коэффициент перехода $\varphi = \frac{\gamma_a}{\gamma_{75}}$ от исходной мутности на приводораздельном отрезке склона 75 м γ_{75} к ее значениям γ_a , которые используются для расчетов среднего смыва на склонах разной длины L (> 75 м); 2 – коэффициент перехода $\varphi_1 = \frac{\bar{W}_a}{W_{75}}$ от величин смыва, рассчитанных для отрезков склона 75 м (на различном расстоянии от водораздела) W_{75} , к средним значениям смыва на склоне соответствующей длины \bar{W}_a (применяются для склонов с прямой формой профиля)

с различной степенью выпуклости или вогнутости продольного профиля указанный коэффициент варьирует в широких пределах; например, для нашего модельного склона он равняется 1,39. Расчетный смыв по формулам (5) и (6) тесно увязан с длиной, крутизной, и формой склонов, и соотношение среднего смыва со склонов с разной формой профиля самое различное. При этом приращение смыва на каждом нижележащем отрезке зависит от крутизны и, следовательно, от степени насыщенности водного потока мелкоземом на вышележащем отрезке. Величина же смыва на нижележащем отрезке зависит лишь от его крутизны и расстояния от водораздела.

На склонах с ложбинами смыв, как известно, происходит неравномерно: в ложбинах его интенсивность значительно выше, чем на межложбинной площади, о чем свидетельствует и пестрота в распределении почв разной степени смытости. В связи с этим встает вопрос об особенностях расчета смыва на склонах с ложбинами, а также о соотношении осредненного смыва для склонов с ложбинами и без них.

В настоящее время целесообразно исходить из предпосылки, что при прочих равных условиях общий вынос почвы W_a (рассчитываемый по формулам (5) и (6)) на соответствующих отрезках однотипных склонов, из которых один с ложбинами, а другой без ложбин, будет одинаковый. В этом случае величину смыва в ложбинах $W_{a \text{ лж}}$ и на межложбинных мезоводоразделах $W_{a \text{ вдр}}$ можно определять по следующим формулам:

$$W_{a \text{ лж}} = \frac{\sigma f W_a}{\sigma + f - 1} n, \text{ т/га};$$

$$W_{a \text{ вдр}} = \frac{f W_a}{\sigma + f - 1} n, \text{ т/га};$$

где f – коэффициент, показывающий, во сколько раз площадь ложбины или нескольких ложбин $S_{\text{лж}}$ меньше общей площади $S_{\text{общ}}$ в поясе, соответствующем отрезку склона a , или во сколько раз длина линии поперечного сечения ложбин $l_{\text{лж}}$ меньше общей протяженности пояса $l_{\text{общ}}$ (простираение склона вдоль балки), т. е. $f = \frac{S_{\text{общ}}}{S_{\text{лж}}} = \frac{l_{\text{общ}}}{l_{\text{лж}}}$. При этом $S_{\text{общ}}$ (и $l_{\text{общ}}$) принимается за единицу и $S_{\text{лж}} = 1/f$; σ – коэффициент, показывающий, во сколько раз вынос почвы (смыв) на ложбине $H_{\text{см лж}}$ больше, чем на межложбинном пространстве $H_{\text{см вдр}}$, т. е. $\sigma = \frac{H_{\text{см лж}}}{H_{\text{см вдр}}}$.

Этот коэффициент определяется путем сопоставления слоя смыва почвы или объема ($\text{м}^3/\text{га}$) в ложбине (средневзвешенное из определений на днище и микросклонах) и на межложбинном пространстве.

Заканчивая описание метода расчета смыва, отметим, что в представленных основных уравнениях эрозии (5) и (6) получило отражение комплексное влияние рельефа (через функцию $F^n L^P$), почв и степени их эродированности через почвенные коэффициенты климатических и гидрометеорологических факторов (через поверхностный сток и снегоотложение). Что касается сельскохозяйственных угодий и агротехнического фона полей, то их влияние на смыв учитывается отчасти через показатели степени n и p , через параметр γ и через величину стока (на разных агрофонах сток различный).

Противоэрозионная роль различных агротехнических приемов, севооборотов и лесных полос количественно оценивается особо (см. гл. 4), с использованием других методов (она обозначена индексом А). Найденные коэффициенты применяются в ходе проектирования противоэрозионных мероприятий.

Г Л А В А 4 КОМПЛЕКС ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ МЕРОПРИЯТИИ И ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1. Содержание почвозащитных комплексов, принципы противоэрозионной организации территории

Противоэрозионный комплекс (ПЭК) – это сочетание взаимодействующих, правильно размещённых в рельефе мероприятий и приёмов (организационно-хозяйственных, агротехнических и лугомелиоративных, лесомелиоративных и гидротехнических), обеспечивающих эффективное снегозадержание на сельскохозяйственных угодьях, задержание и регулирование поверхностного стока и повышение влажности полей (а также пополнение в необходимых случаях грунтовых вод), уменьшение смыва почв до размеров, восполнимых в ходе почвообразовательного процесса, прекращение оврагообразования, повышение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

В арсенале средств противоэрозионной защиты имеется довольно много различных по эффективности мероприятий и приёмов (табл. 14, в ее составлении принимал участие А. Т. Барабанов). Применяя их в различных сочетаниях и соотношениях, можно построить противоэрозионные комплексы, которые потребуют различных затрат живого и прошлого труда и будут обладать разной мелиоративной эффективностью. Поэтому в конкретных условиях требуется на основе расчетов выбрать оптимальный вариант, который отвечал бы поставленным целям и задачам.

Основа противоэрозионного комплекса формируется в процессе противоэрозионной организации территории, главными задачами которой являются: а) правильное распределение земель по их использованию в соответствии с природными особенностями каждого участка, имеется в виду повышение их продуктивности и защита почв от эрозии; б) дифференцированное применение севооборотов (зернопропашных, почвозащитных) с учетом степени эродированности почв на пахотных склонах; в) правильное расположение линейных рубежей, при котором

Таблица 14

Основные мероприятия и приемы противозерозийных комплексов

Организационно-хозяйственные	Агротехнические	Лесомелиоративные	Лугомелиоративные	Гидротехнические
Распределение земель по хозяйственному использованию	Глубокая вспашка поперек склона	Лесополосы: полевые-ветроломные, полевые-защитные, водорегулирующие, прибалочные и приовражные	Коренное и поверхностное улучшение естественных кормовых угодий	Долговременные (бетонные и др.) водосбросные, водоотводящие и водозадерживающие сооружения
Совершенствование структуры посевных площадей	Безотвальная и плоскорезная обработка (нормальная и глубокая)	Лесные насаждения на гидрографической сети, вокруг прудов и водоемов	Коренная мелиорация размытых присетевых земель и гидрографического фонда	Валы-плотины
Дифференцированное размещение полей севооборотов с учётом крутизны склонов, степени смытости почв и др.	Вспашка плугом с почвоуглубителями или вырезными корпусами			Валы-каналы
Организация рабочих участков	Поделка искусственного нанорельефа на зяби			Распылители стока
Полосное размещение с.-х. культур	Щелевание многолетних трав			Водоотводящие борозды и напашные валы с широким основанием на пашне
Размещение лесных полос, гидротехнических сооружений и других линейных рубежей	Прерывистое бороздование или глубокое рыхление междурядий пропашных культур Узкорядный посев Применение удобрений			Донные запруды Пруды

обеспечивается обработка почвы в основном поперёк склона или вдоль горизонталей. Так, например, при неправильном расположении в рельефе лесных полос, которые определяют и соответствующее направление обработки почвы, может резко снизиться эффективность всего комплекса, так как в этом случае, с одной стороны, не будет обеспечена обработка почвы поперёк склона, а с другой – будет неполностью проявляться водорегулирующая и противоэрозионная роль самих лесополос.

Существует несколько подходов определения направления обработки почвы.

Первый подход заключается в соблюдении прямолинейности гонов на полях и рабочих участках независимо от особенностей рельефа. Нередко это требование становится в противоречие с необходимостью проводить обработку почвы поперек склона, и оно не снимается полностью выделением в пределах поля рабочих участков. В настоящее время обработка почвы проводится в основном с соблюдением принципа прямолинейности, при этом не достигается цель эффективной защиты почв от эрозии.

Второй подход основное требование сводится к обработке почвы по контуру (вдоль горизонталей). Обработка по контуру получила широкое распространение в фермерских хозяйствах США, где она нередко сочетается с полосным размещением культур. Сложность такой обработки заключается в том, что ввиду сближения и расхождения горизонталей местности при вспашке (и других видах обработки) неизбежно образуются клинья, которые нужно выпаживать или постоянно держать под другими культурами, например в состоянии залужения. Ввиду больших трудностей, связанных с организацией и проведением обработки почвы в сложных условиях рельефа, а также значительным снижением производительности труда, преждевременно ориентироваться на широкое внедрение такой обработки в производственных условиях.

Третий подход состоит в требовании располагать линейные элементы (рубежи, границы) с таким расчетом, чтобы образовались рабочие участки с параллельными границами при максимальном учете направления горизонталей. При этом получается контурно-параллельное (криволинейное) расположение рабочих участков и загонов. Такая организация территории играет важную противоэрозионную роль [63, 64, 108]. Следует отметить, что, руководствуясь этим принципом, не всегда можно достигнуть строго параллельного расположения границ рабочих участков; однако в таких случаях представ-

ляется возможность часть сельскохозяйственной площади за пределами параллельных границ выделить в единый массив.

Как разновидность этого подхода можно выделить приём формирования рабочих участков и загонов с прямолинейными параллельными границами при одном или двух изломах под тупыми углами в местах резкого изгиба горизонталей. Такое их формирование целесообразно сочетать (в зависимости от особенностей рельефа) с параллельно-криволинейным расположением.

Важнейшим этапом в создании комплекса противоэрозионных мероприятий является противоэрозионная организация территории. В ходе ее строится основной организующий противоэрозионный каркас, в котором увязываются в рельефе и между собой все почвозащитные элементы и приемы.

В основе противоэрозионной организации территории лежит классификация земель по их использованию и выделение (на карте) эрозионных земельных фондов – элементов водосборной площади, в разной степени подверженных смыву и размыву [52, 88, 94]. На водосборной площади выделяются нижеследующие земельные фонды. Приводораздельный, включающий ровные участки и пологие склоны прямой и слабовыпуклой формы, а также шлейфовую зону вогнутых и выпукло-вогнутых склонов, преимущественно с несмытыми и слабосмытыми почвами (на дерново-подзолистых и серых лесных почвах до 2,5-3,0°, на чернозёмах и каштановых почвах до 3-4°). Присетевой, охватывающий нижние присетевые отрезки выпуклых склонов, а также средние крутые отрезки выпукло-вогнутых склонов с средне-, сильно- и весьма сильносмытыми почвами (их крутизна может варьировать от 4 до 8-10°). Гидрографический: а) суходольная гидрографическая сеть – берега и днища сети – характеризуется разнообразием рельефных и почвенно-грунтовых условий, различной смытостью и размываемостью почв и почвогрунтов; б) долинная сеть включает надпойменную террасу с нормальными зональными почвами, местами – с песчаными почвами, подверженными дефляции, и пойму с аллювиальными почвами.

Земли приводораздельного фонда наиболее интенсивно используются в земледелии – в зернопропашных севооборотах. Водораздельные бугры с каменистыми и песчаными почвами отводятся преимущественно под облесение и залужение. Присетевые земли используются в почвозащитных севооборотах, а также как сенокосно-

пастбищные угодья в сочетании с лесонасаждениями (полосными, куртинными и др.); участки с наиболее плодородными почвами могут отводиться под плодово-ягодные насаждения, а в благоприятных климатических условиях – под виноградники.

При изрезанности присетевых земель промоинами и оврагами предварительно производится выполаживание последних с частичной засыпкой [111]. Это позволяет ввести эти земли в более интенсивное использование.

Земли на ложинно-суходольной гидрографической сети (берега и днища балок, оползневые участки, овраги, а также берега долин) отводятся под облесение и залужение и используются как сенокосно-пастбищные и лесные угодья; лучшие участки днищ могут выделяться под огороды. Террасовые земли, не подверженные развеиванию, используются в зернопаропропашном или кормовом (прифермском) севооборотах с сетью лесных полос; песчаные земли – в почвозащитном севообороте под защитой лесополос; пойменные земли – под огороды, технические, а также пропашные культуры и как сенокосные и пастбищные угодья. Здесь нужно проектировать специальные мероприятия против заносов овражными выносами, против речной эрозии, местами против заболачивания.

ВНИИЗиЗПЭ рекомендует при большой длине склонов размещать зернопаропропашные севообороты на склонах крутизной до 3°, зерновые (без пропашных культур и черного пара) – на склонах 3-5 и почвозащитные севообороты – более 5°.

При создании комплекса противоэрозионных мероприятий проектируют преимущественно следующие виды защитных лесных полос и других насаждений: придорожные (аллейные), полезащитно-ветроломные, полезащитно-стокорегулирующие, прибалочные и приовражные полосы, насаждения на берегах гидрографической сети и по оврагам, лесополосы около прудов и водоёмов и по берегам рек, илофильтры и др. [45].

Важным этапом противоэрозионной организации территории является размещение лесных полос и других насаждений. Сеть лесополос определяет положение основных линейных рубежей, с которыми органически увязываются все другие элементы противоэрозионного комплекса. Поэтому работы по их размещению должны несколько опережать выделение полей севооборотов или проводиться одновременно с ним.

Наиболее полно водопоглощающее и противозерозионное влияние лесных полос проявляется, когда они расположены перпендикулярно линиям стока (по контуру) и сточная вода поступает в них рассеянно. Поэтому на склонах с односторонним падением (как с ложбинами, так и без них) основные лесополосы должны проходить поперек склона прямолинейно, а на рассеивающих и собирающих склонах – криволинейно, приблизительно по контуру, со спрямлением на ложбинах. В некоторых случаях целесообразно, прервав лесополосу, на плане сместить ее последующий отрезок на другую горизонталь ниже или выше по склону, избежав необходимости пересечения ею горизонталей.

При таком их расположении улучшаются условия снегоотложения и увлажнения почвы, так как лесополосы препятствуют сдуванию снега в гидрографическую сеть, и при этом создается возможность более или менее рассеянного поступления талой воды из снежных шлейфов вниз по склону и орошения полей. Правильное расположение лесополос определяет и соответствующее направление обработки почвы полей – в основном поперек склона или вдоль горизонталей, что создаёт условия для лучшего применения противозерозионных приемов. Если не задерживать воду на приводораздельной площади с малыми уклонами при помощи лесополос, валов-каналов или других приёмов, то она будет сбрасываться вниз большой, все увеличивающейся массой, производя смыв и размыв почвы, и уже не может быть в необходимой степени задержана нижележащими лесными полосами. Поэтому во всех районах, где умеренно или сильно проявляются процессы эрозии, за исключением районов сильной дефляции, лесные полосы следует размещать поперёк склона и по контуру, то есть подчинить эти мероприятия задачам задержания и регулирования стока и борьбы с эрозией.

Способы расположения лесных полос в рельефе преимущественно следующие: а) прямолинейно-параллельно между собой – на склонах с односторонним падением и с равномерным расстоянием между горизонталями; б) контурно-криволинейно – параллельно между собой – на собирающих или рассеивающих склонах (водосборах) с равномерным расстоянием между горизонталями; в) горизонтально-непараллельно (со спрямлением на ложбинах) – на собирающих и рассеивающих склонах (водосборах) с неравномерным расстоянием между горизонталями. В некоторых случаях трасса водорегулирующей лесной полосы может выйти по горизонтали с крутого рассеивающего склона на более пологий, где расчётная величина смыва в

севообороте не превышает допустимый смыв. В этом случае целесообразно запроектировать полезащитно-снегораспределительную полосу (как продолжение стокорегулирующей). Возможны и другие случаи расположения лесных полос.

На склонах продольно-вогнутой формы, у которых верхняя часть используется под сенокос или пастбище, а нижележащая – в полевом севообороте, верхняя стокорегулирующая лесная полоса размещается по верхней границе пашни. В ряде случаев, в зависимости от рельефа, она должна иметь изогнутую форму, простираясь вдоль горизонтали.

С учетом необходимости усиления полезащитно-стокорегулирующих лесополос простейшими гидротехническими устройствами их ширина может быть уменьшена до 12-15 м (4-5 рядов), а в некоторых случаях и меньше. В нижней части склона они должны иметь ажурную конструкцию, в средней и верхней продуваемую или ажурно-продуваемую. Расстояние между стокорегулирующими и прибалочными лесополосами определяется в соответствии с эрозионно-гидрологическими расчетами. Ширина вспомогательных лесополос чисто ветроломного назначения, проектируемых вдоль склона, не должна превышать 6-9 м (2-3 ряда).

При очень сильном проявлении процессов эрозии (преимущественно склоны выпуклой формы, падающие на юг, юго-восток, юго-запад) очень важно для защиты почв от дальнейшего размыва и повышения их продуктивности создать в присетевой зоне лесолуговой мелиоративный пояс. Схематически он может состоять из полосы залужения шириной около 50-120 м и двух окаймляющих узких лесных полос: верхней – по границе с пашней и нижней – прибровочной; ширина лесополос в этом случае будет составлять около 6-9 м (нижняя шире верхней).

При меньшем проявлении процессов эрозии почвозащитная роль лесолугового пояса на присетевых землях может выполняться полями почвозащитного севооборота, окаймлёнными лесонасаждениями.

Если граница пашни проходит близко от бровки или примыкает к ней, а лощинно-суходольная сеть используется под сенокос и пастбище, вдоль бровки проектируют прибалочную (прибровочную) лесную полосу шириной 10-20 м.

Вопрос о том, какое насаждение запроектировать – прибровочную лесополосу или посадки по берегу гидрографической сети, должен решаться с учетом конкретных природных и хозяйственных условий.

В ряде случаев, когда берега сети пригодны для использования их под пастбища и сенокосы, они не должны отводиться под лес; в этом

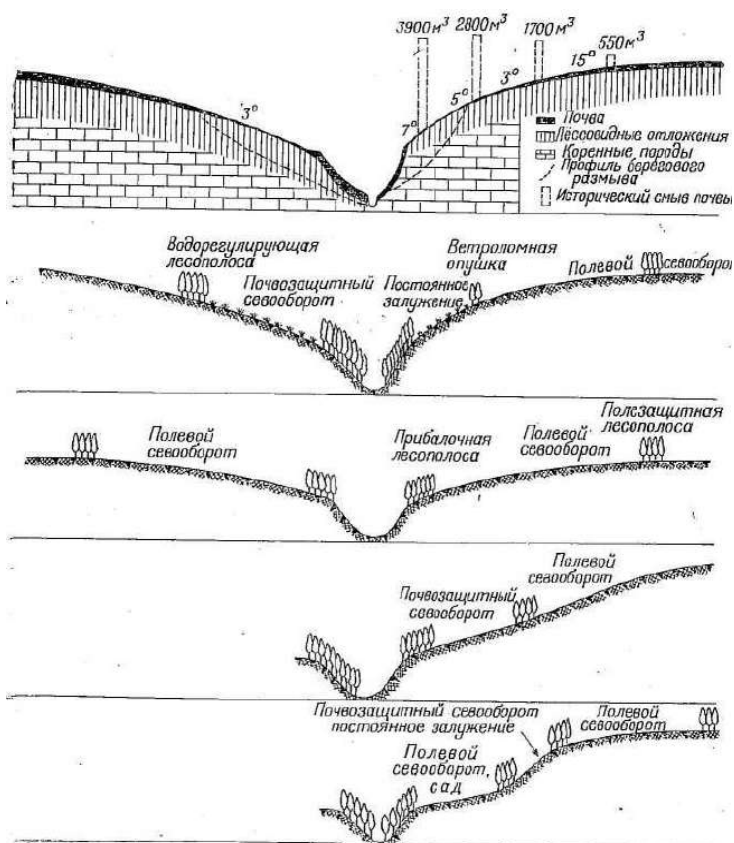


Рис. 16. Схемы противоэрозионной организации территории и размещения лесонасаждений (схемы автора):

1 – почва, 2 – лёссовидные отложения, 3 – коренные породы, 4 – профиль берегового размыва, 5 – исторический смыв почвы

– с выделением категорий. Так, С. С. Соболев [100] и И. Д. Брауде [12] в рамках приводораздельного и присетевого земельных фондов выделили пять категорий и на суходольной (овражно-балочной) сети еще пять земельных категорий. На пахотных склонах для разных категорий рекомендованы те или иные группы (комплексы) агротехнических противоэрозионных мероприятий. Деление земельного фонда на категории вошло в официальные документы. Проектные организации системы "Земпроект" при разработке внутрихозяйственного землеустройства колхозов и совхозов выделяют земельные категории, приурочивая к ним определенные комплексы противоэрозионных мероприятий. Однако в организационно-хозяйственном отношении это не дает никаких преимуществ, так как выделенные земли разной кате-

случае целесообразно за проектировать прибалочную лесополосу, тем более что ее значительно легче создать.

Противоэрозионные насаждения на гидрографической сети проектируются с учетом выраженности берегового и донного размыва, оползневых явлений и состояния почвенного покрова берегов.

Общая сема противоэрозионной организации территории и размещения защитных лесных насаждений представлена на рис. 16.

Существует и более детальное разделение земель по их подверженности эрозии и характеру использования

гории включаются в одно поле севооборота (полевого или почвозащитного). Что касается упомянутых комплексов противоэрозионных мероприятий, то они, как правило, мало обоснованы. Запроектированные противоэрозионные приемы не внедряются в производство.

Н. П. Калиниченко и В. В. Ильинский [47] для целей комплексного мелиоративного освоения земель под лугопастбищные и лесомелиоративные угодья выделили в пределах гидрографического фонда (и частично присетевой зоны) десять категорий земель. Это позволяет более строго определить площади лугопастбищного и лесомелиоративного фондов на суходольной гидрографической сети и конкретизировать применяемые приёмы создания здесь лесонасаждений.

Остановимся на другом подходе к классификации земель (водосборной площади) в целях построения комплекса противоэрозионных мероприятий. Г. И. Швевс [121, 122], применяя системный подход, рассматривает реальный природный водосбор как эрозионную геосистему (ЭГС). Затем, переходя к модели природно-технической управляемой системы (ПТУС – тот же водосбор), выделяет в ней четыре подсистемы, отображающие процесс противоэрозионной организации территории.

Первая подсистема включает несмытые и частично слабосмытые почвы до границы, рассчитываемой исходя из условия неперехода почв (без применения противоэрозионных мероприятий) в категорию среднесмытых. Вторая подсистема охватывает нижележащие (по склону) земли до нижней границы среднесмытых почв. Третья подсистема располагается в пределах сильносмытых почв (первый ярус) и овражных размывов (второй ярус). Четвертая – охватывает долинно-балочную сеть. Мелиоративные мероприятия на землях первой подсистемы (I ярус) должны быть направлены на задержание стока с целью получения максимума продукции. На землях второй подсистемы – мероприятия по уменьшению стока и смыва, а также повышению урожайности; на землях третьей подсистемы – по предотвращению смыва и размыва (залужение, облесение, возведение различных гидротехнических сооружений и устройств); четвертой подсистемы – по осушению заболоченных пойм, созданию прудов и водохранилищ и др.

Анализируя изложенную классификацию земель, отметим, что она отличается от классификации А. С. Козменко (разделяющей водосборную площадь на эрозионные фонды) главным образом особенностями терминологии. Границы между землями, входящими в разные подсистемы, лежащие в основе противоэрозионной организации территории, Г. И. Швевс определяет по качественным признакам, без расчетов.

Что касается самого подхода к выделению подсистем эрозионной геосистемы, то, как нам представляется, он является произвольным, искусственным и в целом неудачным. Если следовать этой логике, то на водосборе (склоне), где интенсивность эрозионно-гидрологического процесса постепенно книзу увеличивается, можно выделить десятки таких "подсистем". В действительности основными взаимодействующими компонентами ландшафтной природно-технической системы являются следующие: рельеф (в данном случае наклонная поверхность, склон той или иной протяжённости и формы), почвенный покров, растительность (преимущественно культурная), атмосфера и осадки, воды поверхностного стока, формирующиеся и функционирующие в пределах данной системы и определяющие ее динамику, и некоторые другие. Динамика развития эрозионной системы в условиях антропогенного воздействия выражается в постепенном нарастании к низу склона модуля (расхода) жидкого и твёрдого стока, а в связи с этим — и смывости почвы. Каждый из названных компонентов представляет собой (в пределах склона) сложную подсистему, или систему более низкого уровня (налицо системная иерархия). Выделенные же Г. И. Швобсом на склоне подсистемы (части водосборной площади) включают те же взаимодействующие компоненты, что и система (водосбор без гидрографической сети) в целом, т. е. они представляют собой тождества при полном отсутствии системной иерархии (различные зоны склона и категории земель вовсе не выражают такую иерархию). Следовательно, их нельзя считать подсистемами.

Намечаемые на водосборе агрономические и противоэрозионные мероприятия представляют собой систему антропогенного воздействия (более или менее рациональную) на природно-техническую систему. Причем последняя является природно-технической, поскольку в процессе нерационального, стихийного антропогенного воздействия природная система претерпела существенные изменения в отношении растительности, почв и особенностей динамики эрозионно-гидрологических процессов. Система общеагрономических и противоэрозионных мероприятий (система земледелия) имеет свои специфические подсистемы. Это система (подсистема) севооборотов, система обработки почвы, системы удобрений, система лесомелиорации и др. Каждая из названных систем (подсистем) состоит из подсистем еще более низкого уровня. Здесь также налицо системная иерархия.

На основании изложенного можно отметить, что системный подход в отношении построения противоэрозионной защиты, как его интерпретирует Г. И. Швобс, нуждается в существенной корректировке.

В настоящее время в нашей стране решается очень важная задача по разработке зональных почвозащитных систем земледелия. Однако решение обычными методами затруднительно вследствие большого разнообразия природных условий и факторов. К ним относятся сильное варьирование рельефа по длине, крутизне, форме и экспозиции склонов, разнообразие почв по химическим и агрофизическим свойствам, степени смывости и плодородию, особенности климатических и гидрометеорологических условий, обуславливающих формирование различного стока талых и дождевых вод на разных сельскохозяйственных угодьях, а также смыв и размыв почв и почвогрунтов и др. Разработка рациональных почвозащитных систем земледелия, имеющих зональный характер и построенных с учётом всего разнообразия взаимодействующих общих (зональных) и местных факторов и условий, возможна лишь на расчётной основе. Иначе говоря, более или менее строго научно обоснованная почвозащитная система земледелия для конкретного хозяйства (колхоза, совхоза) той или иной зоны может быть разработана лишь в процессе составления проекта землеустройства с комплексом противоэрозионных мероприятий на основе расчетов.

При этом необходимо помнить, что одним из центральных вопросов борьбы с эрозией и рационального земледелия является задержание и регулирование поверхностного стока на сельскохозяйственных угодьях.

В настоящее время комплексы противоэрозионных мероприятий проектируются довольно схематично: с одной стороны, без достаточного теоретического обоснования и экспериментальной оценки гидрологической и почвозащитной эффективности включаемых приемов, а с другой – без строгой увязки различных их элементов между собой и с конкретными условиями рельефа, почв и др. Это и понятно, ведь подобную увязку возможно осуществить лишь на основе расчетов. Г. А. Карцев [48], анализируя проблемы проектирования противоэрозионной организации территории, правильно отмечает, что "при проектировании не применяли расчетный метод и количественный подход для обоснования выбранных противоэрозионных комплексов" и "совершенствование методики проектирования на расчётной основе приобретает большое значение" (с. 9). По мнению Г. А. Карцева, "модель количественного определения смыва должна отвечать следующим требованиям: а) полностью раскрывать суть и давать математическое описание эрозионного процесса как физического явления; б) обеспечивать удовлетвори-

тельную точность (минимальное расхождение) между расчетными и фактическими данными, простоту и малую трудоёмкость расчётов; в) позволять использовать исходные данные, полученные в результате проведения обследований и изысканий, для составления проекта землеустройства" (с. 10). Далее Г. А. Карцев сообщает, что сотрудники Государственного научно-исследовательского института земельных ресурсов (ГИЗР) при проектировании противоэрозионной организации территории колхоза "Родина" Рязанской обл. "сочли наиболее целесообразным применить для количественной оценки ливневого смыва видоизмененную эмпирическую модель В. Х. Уишмейера и Д. Д. Смита" (с. 10).

Отметим здесь, что Г. А. Карцев не назвал важнейшего требования к математическим моделям определения смыва – это возможность определения потерь почвы на отрезках склона различной крутизны, находящихся на различном расстоянии от водораздела. Как уже отмечалось, формула Уишмейера-Смита позволяет проводить расчёт смыва лишь в среднем для склона, что не даёт возможности в условиях больших полей вести проектирование противоэрозионных комплексов с достаточной точностью (например, при величине смыва в верхней части выпуклого склона 1 т/га, а в нижней 10 т/га средний смыв со склона составит 5,5 т/га). Кроме того, по этой формуле нельзя определять смыв, вызываемый стоком талых вод. Следует также иметь в виду, что и при наличии работоспособной математической модели требуется ещё разработать методику построения комплекса противоэрозионных мероприятий, т.е. взаимоувязки в рельефе всех элементов противоэрозионного комплекса на расчётной основе. Об этом речь пойдет дальше.

Важным элементом противоэрозионного комплекса являются водозадерживающие валы, которые применяются для закрепления растущих вершин оврагов. Однако эти земляные сооружения способны эффективно выполнять свою роль лишь при наличии системы противоэрозионной защиты на водосборной площади, в частности лесных полос с простейшими гидротехническими устройствами. За валами требуются систематические наблюдения и уход в целях обеспечения нормального пропуска сточных вод через водообходы. Очень важно перед началом весеннего снеготаяния очищать бульдозером водообходы от снежных заносов. В ряде случаев в целях образования проходов для воды целесообразно перед началом весеннего снеготаяния (а в южных районах – и зимой) зачернять снег заранее приготовленной землей (или золой). При отсутствии необходимого ухода водозадерживающие валы нередко размываются и выходят из строя.

4.2. Определение величин и вероятности превышения стока для расчетов смыва в целях построения комплексов противоэрозионных мероприятий. Географические коэффициенты смыва

Комплексы противоэрозионных мероприятий – это долговременные мелиоративные системы, предназначенные для защиты почв от эрозии при формировании стока различной вероятности превышения. Они должны обеспечить такое мелиоративное воздействие, при котором среднемноголетний смыв не превышал бы уровня допустимого смыва.

В связи с этим встал вопрос о выборе вероятности превышения стока для расчётов смыва в целях построения научно обоснованных противоэрозионных комплексов.

Как известно, водозадерживающие земляные валы и другие простейшие гидротехнические сооружения строятся в расчете на задержание и регулирование стока 10%-ной вероятности превышения. Однако такой уровень стока не может быть безоговорочно принят для расчётов комплексов противоэрозионных мероприятий, ведь в зависимости от принятой для расчетов смыва вероятности превышения стока противоэрозионная нагрузка и стоимость комплексов будут существенно изменяться.

Выбор вероятности превышения стока для указанных целей возможен на основе определения многолетнего среднегодового смыва с учетом допустимого смыва. При этом в качестве основной предпосылки нужно принять, что величина допустимого смыва не должна превышать прироста почвы за счет естественного почвообразовательного процесса. В этом случае плодородие почвы не будет падать, а при внесении удобрений оно должно повышаться. Таким образом, уровень вероятности превышения, при котором сток определяет средний многолетний смыв почвы, и будет той величиной, которую можно взять за основу для расчетов смыва со склонов в целях построения противоэрозионных комплексов. Следует иметь в виду, что в данном случае под среднемноголетним смывом понимается осредненный смыв лишь за те годы векового периода, в которые он действительно происходил. Это та величина смыва, на предотвращение которой должен создаваться противоэрозионный комплекс. Если смыв распределить на все годы 100-летнего периода, включая и годы без стока и смыва, то эффективность построенного на предотвращение этого смыва противоэрозионного комплекса будет сильно занижена и он не в состоянии будет справиться с возложенными на него функциями.

Методика определения среднемноголетнего смыва почвы в целях выбора вероятности превышения стока нижеследующая [110]. Для расчетов смыва с эрозионно-опасного (типичного) склона берется сток различной вероятности превышения, характерный для малых водосборов, т.е. таких же подверженных эрозии склонов. Расчет смыва не обязательно проводить для всего склона, можно на 2-3 отрезках (по существу, они представляют собой повторности). При этом берутся наименее защищенные агрофоны – зябь и пропашные (или чистый пар).

Определение слоев ливневого стока различной вероятности превышения (для расчета среднегодового смыва) производится по методике ГГИ [46]. Суточный слой осадков – вероятностью превышения $P = 1\%$ (мм) за теплый период определяется по карте (рис. 17).

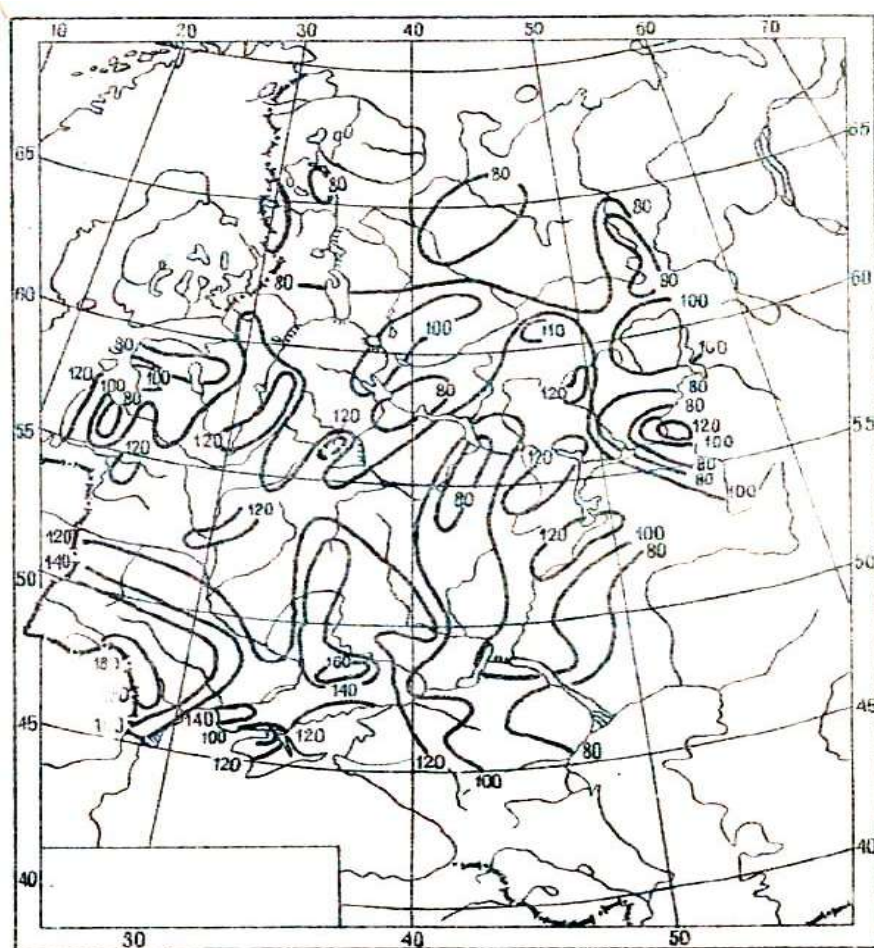


Рис. 17. Суточный слой осадков за теплый период $H_{p\%}$ (мм) вероятностью превышали $P = 1\%$ (по ГГИ)

Слой ливневого стока (мм) различной вероятности превышения для площадей менее 1 км^2 в зависимости от типа почв, продолжительности выпадения ливня и слоя осадков определяют по табл. 15, составленной на основе расчетов по [46] с учетом карты (см. рис. 17).

**Ливневый сток различной вероятности превышения
для территории ЦЧО [46]**

Тип почв	$H_{1\%}$, мм	Сток, мм, при вероятности превышения P , %					
		0,3	1,0	2	5	10	25
Черноземы	160	71	43	31	17	10	4
	140	56	34	24	14	8	3
	120	40	25	18	10	6	2
	100	29	18	13	7	4	1
	80	19	12	8	5	3	1
Серые лесные	160	91	55	40	22	13	4
	140	73	44	32	18	10	4
	120	58	35	25	14	8	3
	100	45	27	19	11	6	2
	80	34	20	15	8	5	2

Расчет смыва на отрезках склона производится для всего диапазона вероятности превышения дождевого стока. Вначале в целях более точного определения доли смыва при стоке малой вероятности превышения (1-10%), имеющей большой удельный вес в вековом смыве, нужно рассчитать по уравнению (6) средний смыв для указанного стока (суммарный смыв для годов с 1; 2,5; 5; 7,5 и 10%-ной вероятностью превышения стока делится на количество определений, т. е. на 5), а затем суммировать полученную величину с результатами расчета смыва при стоке 15, 25, 35 и, если нужно, 45%-ной вероятности превышения. Полученная за 100-летний период величина смыва делится на количество 10-летних интервалов, за которые определен смыв. Интервалы с малыми величинами стока (менее 2,5-3 мм) и без стока в расчет не принимают. После этого обратным просчетом находят по указанной формуле искомую величину стока, а затем и его вероятность превышения (по кривой вероятности превышения).

Расчет среднегодового смыва от стока талых вод следует проводить (по уравнению 5) по среднему многолетнему стоку, так как интенсивность смыва при весеннем стоке во всем интервале его величин изменяется мало. При этом среднегодовая величина стока умножается на 10 и делится на количество 10-летних интервалов с эрозионно-опасным стоком (за эрозионно-опасный принимаем сток более 7-8 мм). Найденные величины стока ливневых и талых вод могут быть

использованы для расчетов смыва со склонов в целях построения противоэрозионных комплексов.

Специальные расчеты, произведенные указанным методом, показали, что противоэрозионные комплексы на землях с черноземными и серыми лесными почвами Курской обл. нужно проектировать на предотвращение среднегодового смыва (с учетом допустимого смыва), вызываемого стоком талых вод приблизительно 25%-ной вероятности превышения (для зяби соответственно 46 и 52 мм, для уплотнённой пашни 86 и 92 мм), и смыва от стока ливневых вод, изменяющегося на территории в зависимости от суточного слоя осадков $H_{1\%}$ вероятностью превышения $P = 1\%$ (табл. 16).

Таблица 16

Расчетные величины ливневого стока, принятые для расчетов среднегодового смыва (вероятность превышения в пределах 7-11%)

Тип почвы	Суточный слой осадков $H_{1\%}$, мм				
	120	130	140	160	180
Черноземы	7,0	7,6	8,3	9,9	12,0
Серые лесные	7,5	8,2	9,0	11,7	15,4

Полученные величины стока талых и ливневых вод использованы для расчетов смыва (при помощи ЭВМ) применительно к различным агрофонам и севооборотам в целях построения противоэрозионных комплексов в Курской обл.

Для перехода к показателям смыва в других районах европейской части страны нами разработаны соответствующие географические коэффициенты. Для смыва, вызываемого дождевым стоком, эти коэффициенты представлены в табл. 17 (они составлены на основе данных табл. 16).

Таблица 17

Коэффициенты для перехода от ливневого смыва в Курской обл. при суточном слое осадков за теплый период $H_{1\%} = 130$ мм (см. карту) и стоке вероятностью превышения $P = 1\%$ [46] к смыву в районах с большим и меньшим значением $H_{1\%}$

Тип почвы	Суточный слой осадков $H_{1\%}$, мм						
	80	100	120	130	140	160	180
Черноземы	0,67	0,79	0,92	1,0	1,09	1,30	1,58
Серые лесные	0,67	0,79	0,92	1,0	1,10	1,43	1,88

В целях перехода от смыва, вызываемого талым стоком в районе Курска, к смыву в других районах нами разработаны географические коэффициенты смыва K_r (табл. 18, рис. 18,). Для района Курска $K_r = 1,0$.

Таблица 18

Географические коэффициенты для перехода от показателей среднегодового смыва в Курской обл. к показателям в других областях

Область	Для талого стока		Для ливневого стока	
	часть области	K_r	часть области	K_r
Курская	Северная	1,05	Западная	0,92
	Центральная	1,00	Центральная	1,00
	Южная	0,97	Восточная	1,10
Белгородская	Северная	0,94	Западная	1,00
	Центральная	0,90		
	Южная	0,86	Восточная	1,10
Воронежская	Северная	1,00	Западная	1,00
	Центральная	0,94		
	Южная	0,86	Восточная	0,91
Тамбовская	Северная	1,03	Западная	0,91
	Центральная	0,98		
	Южная	0,90	Восточная	0,80
Липецкая	Северная	1,07		
	Центральная	1,03		0,91
	Южная	1,00		
Московская	Северная	1,11		
	Центральная	1,10		0,91
	Южная	1,09		

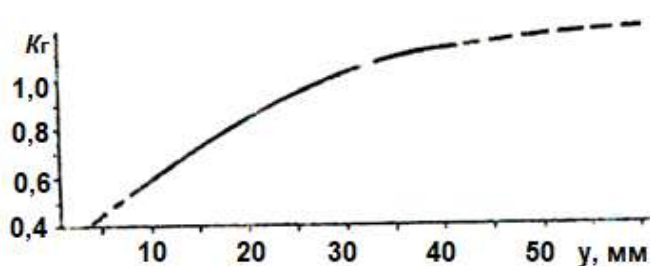


Рис. 18 Коэффициент перехода K_r от показателей среднемноголетнего смыва в районе Курска к его показателям в других районах европейской части страны в зависимости от среднего стока с зяби

4.3. Расчетные величины смыва для построения противоэрозионных комплексов

Для расчетов среднемноголетнего смыва со склонов по уравнениям (5) и (6), на предотвращение которого (с учетом допустимого смыва)

должны строиться противоэрозионные комплексы, была составлена программа для ЭВМ, (Ю. Н. Сухановский, С. Д. Фищенко). Для условий Курской обл. при помощи ЭВМ были выполнены расчеты смыва с различных сельскохозяйственных угодий и в севооборотах на отрезках склонов разной крутизны, находящихся на различном расстоянии от водораздела, при стоке талых вод приблизительно 25%-ной вероятности превышения (для зяби на черноземах 46 мм, на серых лесных почвах 52 мм; для уплотненной пашни соответственно 86 и 92 мм) и стоке ливневых вод 7,5-10%-ной вероятности превышения. Смыв в севооборотах рассчитывали на основании данных о смыве с участков отдельных агрофонов как средневзвешенный, исходя из соотношения различных видов пашни в севообороте (зябь, озимые, пропашные и т. д.), с учетом принятой структуры посевных площадей. Результаты расчета смыва на ЭВМ (РС-ЭВМ) сведены в специальные таблицы. На основании этих материалов нами разработаны переходные коэффициенты от величин смыва с зяби к величинам смыва с других агрофонов, включая чистый

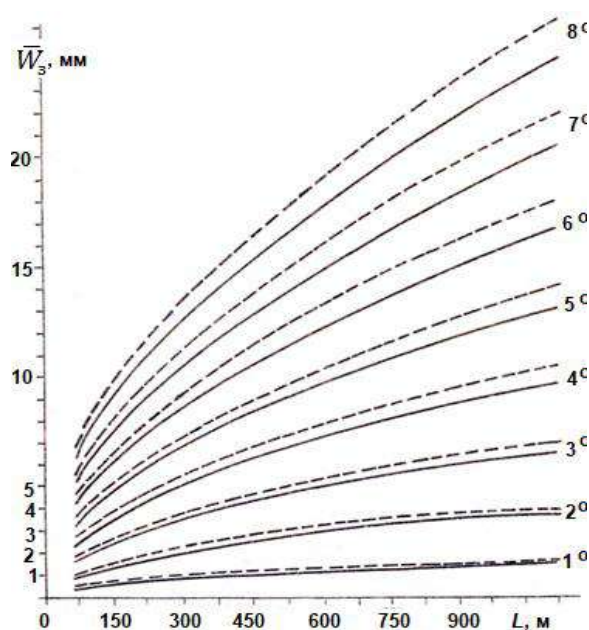


Рис. 19. Среднегогодовой смыв с зяби \bar{W}_3 на несмытых и слабосмытых типичных и слабовыщелоченных среднесуглинистых черноземах Курской обл. в зависимости от длины склона L (склоны нейтральной экспозиции)

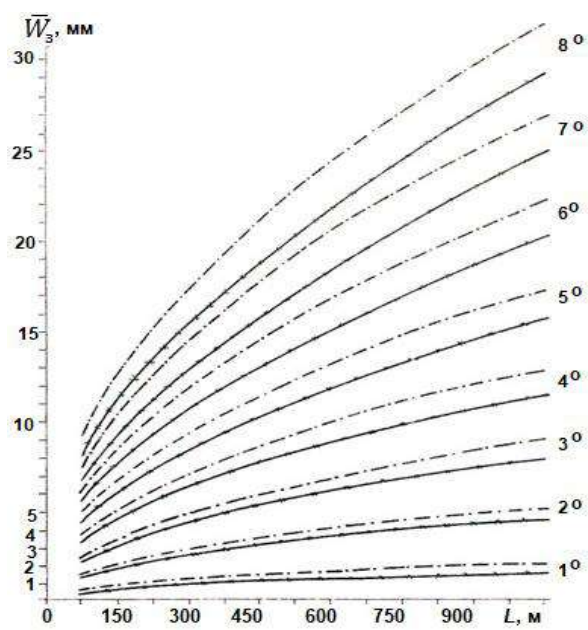


Рис. 20. Среднегогодовой смыв с зяби \bar{W}_3 на средне- и сильносмытых типичных и слабо выщелоченных среднесуглинистых черноземах Курской обл. в зависимости от длины склона L (склоны нейтральной экспозиции)

пар, и к севооборотам (они приводятся дальше). Таким образом, показатели среднемноголетнего смыва с зяби приняты в качестве основной (реперной) его характеристики.

На графиках (рис. 19 и 20) представлены кривые, отображающие среднемноголетний смыв с зяби на среднесуглинистых типичных и слабовыщелоченных черноземах Курской обл. (склоны западной и восточной экспозиций).

По графикам можно определить среднемноголетний смыв с зяби (с точностью до $0,5-0,25^\circ$) на любом отрезке склона при крутизне до 8° и длине до 1050 м. При определении смыва на склонах с серыми лесными почвами снятые с графиков величины смыва умножаются на коэффициент 1,12 (соотношение величин стока с зяби на серых лесных и черноземных почвах), а с темно-серыми почвами – на 1,06. Для нахождения величин смыва в севооборотах снятые с графиков показатели смыва умножают на коэффициенты севооборота (см. дальше).

4.4. Противозерозионная роль севооборотов и агротехнических приемов. Коэффициенты, характеризующие уменьшение смыва

При проведении исходных расчетов среднемноголетнего смыва по уравнениям (5) и (6) для условий обычной агротехники индекс А, обозначающий ряд коэффициентов, принят равным единице. При проектировании противозерозионных комплексов должны найти количественное доленое отражение в первую очередь агротехнические мероприятия и приемы. Среди них севооборотам, особенно почвозащитным, принадлежит очень важная противозерозионная роль. Требуется определить коэффициенты, отражающие их (севооборотов, приёмов) почвозащитное действие.

В табл. 19 приводится перечень применяемых в производстве и рекомендуемых севооборотов и их структура (в составлении таблицы принимали участие Г. П. Сурмач, А. Т. Барабанов, Н. П. Здоровцов, А. И. Крупчатников, А. Е. Шевцов).

В табл. 20 представлены разработанные нами коэффициенты перехода от смыва с зяби к смыву с чистого пара и в севооборотах. В указанных таблицах приведены коэффициенты уменьшения смыва лишь для 8 севооборотов, расчеты же сделаны для 21 разных севооборотов. Это дает возможность проектировщику широкого выбора и применения севооборотов, охарактеризованных в противозерозионном отношении. Обратимся к агротехническим приемам и технологиям, кото-

рым принадлежит очень важная роль в почвозащитных комплексах (их перечень дается в табл. 14). Главнейшими приемами, способствующими интенсивному поглощению талых вод в местах их образования и повышению урожайности сельскохозяйственных культур, являются глубокая зяблевая вспашка, безотвальная обработка (на 27-30 см) и вспашка с почвоуглубителями. Они обуславливают максимально возможное поглощение мерзлой почвой талой воды, поэтому дополнительные приемы водозадержания на зяби (например, поделка искусственного нано-

Таблица 19

Севообороты и их структура

Номер севооборота	Тип и вид севооборотов	Соотношение, %				
		пар (зябрь)	яровые зерновые (зябрь)	пропашные (зябрь)	озимые	многолетние травы
<i>I. Полевые</i>						
1	11-польный зернопропашной	-	40	30	20	10
2	12-польный зернопропашной	-	45	20	25	10
3	9-польный зернопропашной	-	30	50	20	-
4	7-польный зернопаропропашной	10	30	30	30	-
5	4-польный зернопропашной	-	50	25	25	-
<i>II. Почвозащитные</i>						
6	7-польный зерно-травяной	-	27	-	28	45
7	6-польный травяно-зерновой	-	20	-	20	60
8	4-польный зерно-травяной	-	25	-	25	50

Примечание. При расчете смыва в севооборотах от стока талых вод процент зяби определяется суммированием процентов площадей паров, яровых и пропашных культур.

Таблица 20

Коэффициенты перехода от смыва с зяби к смыву талыми водами в севооборотах и к смыву ливневыми водами с чистого пара и в севооборотах

Зябрь	Чистый пар	Номер севооборота							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Для талого стока</i>									
1,0	-	0,80	0,77	0,89	0,84	0,86	0,42	0,32	0,39
<i>Для ливневого стока</i>									
-	1,13	0,34	0,27	0,48	0,43	0,32	0,09	0,06	0,08

ельефа) имеют небольшую эффективность. На маломощных (в частности, сильноосмытых) почвах более эффективна вспашка плугом с почвоуглубителями, плугами с вырезными отвалами, безотвальная и плоскорезная обработка. Из приемов поделки искусственного нанорельефа на зяби наиболее целесообразно применять обвалование плугом с увеличенным отвалом на одном корпусе (при снятом отвале на последующем корпусе). Приемы задержания талых вод на зяби должны применяться в сочетании со снегозадержанием. На распыленных, склонных к заиливанию серых лесных почвах и сильноосмытых черноземах применение органических удобрений способствует улучшению водно-физических свойств почв и уменьшению стока и смыва. Следует отметить также, что узкорядный поперек склона и перекрестный посе́вы играют значительную противоэрозионную роль.

Из технических приемов значительным противоэрозионным эффектом обладают наклонные водоотводящие борозды (они должны нарезаться ежегодно) и валы с широким основанием.

Таблица 21

**Коэффициенты влияния на смыв
противоэрозионных агротехнических приемов**

Наименование приема	Черноземы и каштановые почвы			Серые лесные и дерново-подзолистые почвы		
	несмытые и слабо-смытые	средне-смытые	сильно-смытые	несмытые и слабо-смытые	средне-смытые	сильно-смытые
Глубокая зяблевая вспашка	0,88	0,88	0,88	0,83	0,83	0,83
Поделка нанорельефа на зяби	0,90	0,90	0,90	0,88	0,88	0,88
Поделка нанорельефа на пропашных (окучивание)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Безотвальная (плоскорезная) обработка	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Узкорядный и перекрестный посев	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Внесение удобрений	0,80	0,75	0,70	0,75	0,70	0,65
Щелевание озимых и многолетних трав	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Снегозадержание и регулирование снеготаяния	0,60	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Для лучшего поглощения ливневых вод в междурядьях пропашных культур устраивают емкий микрорельеф, осуществляя бороздование с одновременным окучиванием рядков, или проводят в них глубокое рыхление.

Какова же почвозащитная эффективность различных агротехнических приемов? При решении этой задачи нами совместно с А. Т. Барабановым и А. И. Крупчатниковым были систематизированы и обобщены все имеющиеся собственные и литературные данные по стоку воды и смыву почвы при различной ее обработке, полученные разными научно-исследовательскими учреждениями с применением стоковых площадок. Частично эти обобщения нашли отражение в работах [88, 95, 113, 114, 123].

В результате всестороннего анализа указанных материалов нами совместно с А. Т. Барабановым и А. И. Крупчатниковым были опреде-

Таблица 22

**Коэффициенты влияния на смыв агротехнических приемов
в севооборотах при стоке талых вод**

Номер севооборота	Глубокая зяблевая вспашка		Поделка нанонеровностей на зяби	Щелевание	Узкорядный посев	Безотвальная и плоскорезная обработки
	ежегодное применение	через год				
<i>Для серых лесных и дерново-подзолистых почв</i>						
<i>Полевые севообороты</i>						
1	0,85	0,92	0,89	0,98	0,98	-
2	0,86	0,93	0,90	0,97	0,98	-
3	0,85	0,92	0,89	0,98	0,98	-
4	0,86	0,93	0,90	0,97	0,97	-
5	0,85	0,92	0,90	0,97	0,98	-
<i>Почвозащитные севообороты</i>						
6, 7, 8	0,89	0,95	0,92	0,93	0,95	0,80
<i>Для черноземных и каштановых почв</i>						
<i>Полевые севообороты</i>						
1	0,89	0,95	0,91	0,98	0,98	-
2	0,90	0,95	0,92	0,97	0,98	-
3	0,89	0,95	0,91	0,98	0,98	-
4	0,90	0,95	0,92	0,97	0,97	-
5	0,90	0,95	0,91	0,97	0,98	-
<i>Почвозащитные севообороты</i>						
6, 7, 8	0,92	0,96	0,93	0,95	0,95	0,80

лены коэффициенты влияния на смыв разных агроприёмов, включая применение удобрений (табл. 21).

Приведенные коэффициенты показывают уменьшенный смыв в тех полях, в которых применены агротехнические приемы. На их основании нами рассчитаны понижающие коэффициенты для различных севооборотов (табл. 22 и 23).

Таблица 23

**Коэффициенты влияния на смыв агротехнических приемов
и удобрений в севооборотах при ливневом стоке**

Номер севооборота	Поделка нанорельефа на пропашных	Узкорядный посев зерновых	Удобрения		
			почва слабосмытая	почва сильносмытая	почва сильносмытая
<i>Для серых лесных почв. Полевые севообороты</i>					
1	0,79	0,96	0,75	0,70	0,65
2	0,83	0,94	0,75	0,70	0,65
3	0,75	0,97	0,75	0,70	0,65
4	0,83	0,97	0,81	0,77	0,73
5	0,82	0,94	0,75	0,70	0,65
<i>Почвозащитные севообороты</i>					
6, 7, 8	-	0,85	0,75	0,70	0,65
<i>Для черноземных и каштановых почв. Полевые севообороты</i>					
1	0,79	0,96	0,80	0,75	0,70
2	0,83	0,94	0,80	0,75	0,70
3	0,75	0,97	0,80	0,75	0,70
4	0,83	0,97	0,85	0,81	0,70
5	0,82	0,94	0,80	0,75	0,70
<i>Почвозащитные севообороты</i>					
6, 7, 8	-	0,85	0,80	0,75	0,71

Приведенные в табл. 21 коэффициенты (а, следовательно, и рассчитанные на их основе и показанные в табл. 22 и 23) по мере дальнейших исследований могут уточняться. По мере появления в практике земледелия новых почвозащитных приемов и технологий должны будут разрабатываться и соответствующие коэффициенты для количественной характеристики противоэрозионной эффективности этих приемов.

Эффективность почвозащитных агротехнических приемов определяется прежде всего уровнем общей культуры земледелия. Они должны применяться в составе почвозащитных технологий дифференцированно, с учетом природных и хозяйственных условий.

4.5. Полосное размещение посевов

Следует особо остановиться на полосных посевах (полосное земледелие) и буферных полосах на зяби, чистых парах и пропашных культурах. Их рекомендуют применять в противоэрозионных целях в эрозионно-опасных, преимущественно южных, районах [39, 87, 95, 98].

Полосные посевы применяют в основном в двух модификациях:

1) полосы однолетних культур чередуются с полосами многолетних трав (при этом достигается наибольший противоэрозионный эффект);

2) чередуются полосы из густопокровных культур, например, озимых и пропашных. Буферные полосы на зяби и на пару создают осенью посевом озимых: пшеницы, ржи, вико-ржаных и других смесей бобово-злаковых культур. На полосах высевают также ранней весной яровые: вику, чину, горох, вико-овсяную и другую смеси, а из поздних яровых – кукурузу, сорго, суданку. При создании буферных полос из многолетних трав последние обычно высевают под покров предшественника черного пара и подъем пара производят на пространстве между буферными полосами, а распашку этих полос осуществляют на второй год приблизительно за месяц до посева озимых. Ширину буферных полос устанавливают в зависимости от крутизны склона. Так, например, М. Н. Заславский [39] рекомендует применять в зависимости от условий полосы, ширина которых указана в табл. 24.

Таблица 24

Ширина полос в зависимости от крутизны склона

Крутизна склона, град	Чередование полос многолетних трав с однолетними культурами	Чередование полос однолетних культур с пропашными
1-3	100-80	80-60
3-5	80-60	60-40
5-6	60-40	40-20
8-10	40-20	20-10
10-12	20-10	20-10

Как видно, с увеличением крутизны склона от 1-3 до 10-12° ширина чередующихся полос уменьшается в 3-10 раз, т. е. изменяется очень резко. Такое изменение ширины не получило достаточного обоснования. Е. Грызлов, И. Демченко, В. Зайцев[27],

опираясь на полученные экспериментальные данные, оспаривают сложившееся мнение о том, что чем круче склон, тем уже и чаще должны быть полосы.

В упомянутых выше и в других литературных источниках приводятся данные, указывающие на весьма высокую противэрозионную эффективность буферных полос и полосных посевов: смыв при их применении в ряде случаев уменьшался в 6-10 и более раз. Имеются также экспериментальные данные, свидетельствующие о значительном уменьшении стока с участков с буферными полосами и полосными посевами [3, 71, 95]. Тем не менее, указанные данные не позволяют разработать коэффициенты противэрозионного влияния полосного размещения разных сельскохозяйственных культур для изменяющейся крутизны склона, различной ширины полос и их соотношений, т. е. с учетом всего разнообразия условий. Они лишь могут служить в качестве придержек при разработке таких коэффициентов с использованием расчетного метода на основе теоретического осмысления физической сущности эрозионно-гидрологических процессов на склоне с полосным размещением посевов. Обратимся к теории вопроса и расчетам.

Скорость просачивания (инфильтрации) воды в почву в реальных условиях связана прямой зависимостью с густотой стеблестоя и травостоя, наличием всевозможной мульчи и прочими факторами, которые обуславливают ту или иную площадь затопления поверхности, и обратной – с уклоном. Более рассеянное прохождение стока (ручьев) в верхней части склона приводит к относительному увеличению площади контакта сточной воды с почвой, а концентрация стока по мере продвижения к низу склона уменьшает эту площадь на единицу объема воды. В связи с этим уменьшается относительная скорость просачивания и величина водопоглощения на единицу объема сточной воды. Иначе говоря, в верхней части склона в почву просачивается на единицу объема стока больше воды, чем в средней и нижней, хотя в абсолютном выражении, наоборот, в первом случае её просачивается меньше, а по мере продвижения к низу склона водопоглощение все больше увеличивается.

На склонах с полосными посевами, где чередуются, например, полосы зяби с озимыми, чистого пара с многолетними травами, пропашных с зерновыми и т. д., в полосах зяби, пара и пропашных происходит более быстрая концентрация стока, а при его вступлении в полосы хорошо раскустившихся с осени озимых, густопокровных

зерновых или многолетних трав он вновь рассеивается, способствуя увеличению площади затопления поверхности. По выходе из этих полос сток снова поступает на нижележащие оголенные или слабо защищенные полосы, причем более рассеянными струями, чем когда выходил из аналогичных вышележащих полос; это обуславливает увеличение площади контакта воды с почвой на оголенных полосах. Деконцентрация, рассеивание, стока способствует значительно большему просачиванию воды на полосах зяби, пара и пропашных по сравнению с тем, как если бы каждый из этих видов пашни занимал весь склон. Но и на полосах густопокровных культур и многолетних трав скорость инфильтрации в летний период, как правило, возрастает в связи с большим поступлением воды с оголенных (пар) или слабозащищенных (пропашные) полос. Кроме того, сток частично задерживается перед напашами, образующимися по границам между полосами, и здесь происходит кольматаж мелкозема.

В целом сток со склонов с полосным размещением посевов значительно уменьшается и проходит более рассеянно по сравнению со склонами без полос. Все это способствует значительному уменьшению смыва почв. При одинаковой ширине полосных посевов и незащищенных (зябь, пар) или слабозащищенных промежутков между ними чем уже полосы, тем больше осадков просачивается в почву и тем меньше сток и смыв.

Исходя из изложенного, можно написать в общем виде неравенство:

$$K'_1 \cdot l_{s_1} + K'_2 \cdot l_{s_2} > \left(\frac{K_1 \cdot l_{s_1} + K_2 \cdot l_{s_2}}{2} \right),$$

где K'_1, K'_2 – среднее водопоглощение соответственно в полосных посевах и в незащищенных или слабо защищенных промежутках между полосами; K_1, K_2 – среднее водопоглощение на склонах, находящихся под зябью, чистым паром или пропашными и занятых густопокровными (зерновыми) культурами или многолетними травами; l_{s_1}, l_{s_2} – общая ширина полос с сельскохозяйственными культурами и промежутков между полосными посевами.

Выше отмечалось (см. 3.3), что средний для склона смыв почвы возрастает пропорционально корню квадратному из длины склона \sqrt{L} . Принимая во внимание значительное сокращение стока и его более рассеянное прохождение на склонах с полосным размещением посевов, можно принять, что смыв на таких склонах для сочетания зябь – озимые изменяется прямо пропорционально $\sqrt[4]{l_1 + l_2}$, а для сочетаний пар (про-

пашные) – густопокровные зерновые культуры и многолетние травы пропорционально $\sqrt{l_1 + l_2}$ (здесь, l_1, l_2 – ширина полос соответственно с густопокровными культурами и многолетними травами и ширина промежутков между ними – зябь, пар, пропашные).

Средняя величина стока со склона \bar{y} (м^3), где чередуются полосы зяби и озимых l_3 и $l_{оз}$ (м), при изменяющейся суммарной их ширине (например, $l_3 + l_{оз} = 27$ м, 54 м и т. д.) может быть рассчитана по следующему уравнению:

$$\bar{y} = \bar{y}_3 l_3^4 \sqrt[4]{l_3} + \bar{y}_{оз} l_{оз}^4 \sqrt[4]{l_{оз}},$$

где \bar{y}_3 и $\bar{y}_{оз}$ – среднемноголетний сток соответственно с зяби и озимых в расчете на полосу метровой ширины протяженностью (поперек склона) 100 м ($S = 100$ м).

Определение величин среднего стока со склона прямой формы длиной около 625 м при варьировании суммарной ширины полос зяби и озимых позволило нам составить рабочую формулу для расчета коэффициентов относительного уменьшения среднего стока в зависимости от ширины полос. Характеристика коэффициентов уменьшений стока талых вод K_m может быть дана на основе формулы

$$K_T = 0,2 \cdot \sqrt[4]{l_3 + l_{оз}},$$

а ливневого стока K_L (на склонах с полосным размещением покровных культур $l_{пп}$ и пара $l_{п}$ между ними) – по формуле

$$K_L = 0,15 \cdot \sqrt[4]{l_{п} + l_{пп}},$$

Обратимся к противоэрозионной эффективности полосного размещения посевов на склонах различной крутизны. На первый взгляд может показаться, что противоэрозионное влияние полосных посевов по мере увеличения уклона уменьшается. В действительности же имеет место обратная тенденция: при возрастании уклона оно увеличивается.

Выше было показано (3.3), что на незащищенных и слабо защищенных склонах по мере возрастания крутизны степень влияния уклона на смыв повышается, а в условиях улучшения почвозащиты уменьшается. Эта закономерность лежит в основе увеличения эффективности полосных посевов по мере возрастания крутизны склона. Причем, чем сильнее почвозащитное действие посевов, тем больше повышается их эффективность с увеличением крутизны склона.

В наших расчетах в качестве опорного соотношения принято (с учетом экспериментальных данных), что при крутизне склона $10-12^\circ$ и ширине чередующихся слабо защищенных (или незащищенных) и хорошо защищенных полос 14 м смыв уменьшается в нижеследую-

щих пределах: при сочетании полос пара и многолетних трав – в 8 раз, пара с озимыми – в 6 раз, пара с яровыми густопокровными и пропашных с озимыми – в 5 раз, пропашных с яровыми зерновыми – в 4 раза и зяби с озимыми – 3,5 раза. На этой основе нами рассчитаны коэффициенты противоэрозионного влияния указанных сочетаний для склонов различной крутизны при ширине полос 14 м (точнее 13,5 м). Затем с использованием полученных коэффициентов и с учетом указанной выше зависимости смыва от ширины полос (пропорционально $\sqrt[4]{l_1 + l_2}$ и $\sqrt{l_1 + l_2}$) нами сделан расчёт коэффициентов противоэрозионного влияния полосного размещения посевов при ширине полос 27, 54, 81 и 108 м (кратной ширине посевных и уборочных агрегатов). Результаты расчетов представлены в табл. 25.

Приведенные коэффициенты применимы к случаям, когда полосы с посевами и полосы зяби и пара имеют одинаковую ширину. Однако в практике применяются полосы различной ширины. Поэтому в примечании к таблице сказано, что при увеличении ширины незащищенных (зять, пар) и слабо защищенных (пропашные) полос в 2, 3, 4 раза приведенные в ней коэффициенты при ширине полос с посевами не более 54 м нужно умножать соответственно на 1,19; 1,32 и 1,41 (увеличение пропорционально $\sqrt[4]{l}$), а при большей ширине – на 1,10; 1,15; 1,20.

Следует учитывать также то обстоятельство, что соотношение среднего коэффициента стока с уплотненной пашни и с зяби в направлении с севера на юг и юго-восток значительно возрастает: в северных районах на дерново-подзолистых и серых лесных почвах оно варьирует в пределах 1,2-1,5, на чернозёмах лесостепи от 1,6 до 2,2, на черноземах и каштановых почвах степей от 2,2-2,5 до 4-5.

Естественно ожидать, что чем больше отношение указанных коэффициентов, тем будет выше почвозащитное влияние сочетания полос зяби и озимых, так как зять в более южных районах способна больше поглощать сточной воды, поступающей с полос озимых. Коэффициенты, представленные в табл. 25, рассчитаны преимущественно для условий южной лесостепи, где указанное отношение коэффициентов стока находится в пределах 1,7-2,2. Поэтому для более северных и более южных районов требуется вносить поправки к коэффициентам противоэрозионного влияния полосных посевов (см. примечание к табл. 25): для первого случая (более северные районы) – в сторону увеличения (умножением на 1,25 и 1,20), для второго – в сторону уменьшения (делением на 1,3).

С учетом сказанного таблицу можно использовать для расчетов смыва при разработке проектов землеустройства с комплексом противоэрозионных мероприятий, включающим и полосное размещение посевов. При этом следует иметь в виду, что приведённые в таблице коэффициенты не нуждаются в корректировке применительно к различным севооборотам, так как нужный коэффициент для корректировки смыва выявляется при составлении схемы чередования полос той или иной ширины в соответствии с принятой схемой севооборота.

Таблица 25

**Коэффициенты противоэрозионного влияния буферных полос
и полосных посевов сельскохозяйственных культур**

Ширина полос, м	Крутизна склона											
	1,5-3°			4-6°			7-9°			10-12°		
	зябь – озимые	пар – мн. тр.	пар – озимые	зябь озимые	пар – мн. тр.	пар – озимые	зябь – озимые	пар – мн. тр.	пар – озимые	зябь – озимые	пар – мн. тр.	пар – озимые
14	0,48	0,21	0,28	0,41	0,18	0,24	0,34	0,16	0,20	0,29	0,13	0,17
27	0,57	0,29	0,39	0,48	0,25	0,33	0,40	0,22	0,28	0,34	0,17	0,24
54	0,66	0,41	0,52	0,57	0,35	0,44	0,47	0,31	0,37	0,40	0,24	0,31
81	0,74	0,50	0,60	0,63	0,43	0,52	0,52	0,38	0,43	0,45	0,30	0,37
108	0,80	0,58	0,66	0,68	0,50	0,57	0,57	0,44	0,47	0,48	0,35	0,40
14	0,34	0,34	0,42	0,28	0,28	0,35	0,24	0,24	0,30	0,20	0,20	0,25
27	0,47	0,47	0,53	0,39	0,39	0,44	0,33	0,33	0,38	0,28	0,28	0,32
54	0,63	0,63	0,66	0,52	0,52	0,55	0,44	0,44	0,47	0,37	0,37	0,39
81	0,73	0,73	0,76	0,60	0,60	0,63	0,52	0,52	0,54	0,43	0,43	0,45
108	0,80	0,80	0,84	0,66	0,65	0,70	0,57	0,57	0,60	0,47	0,47	0,50

Примечание: 1) При увеличении расстояний между полосными посевами (зябь, пар, пропашные) в 2, 3, 4 раза (например, 14-27, 14-40, 14-54) коэффициент их противоэрозионного влияния следует умножить: при ширине полос с посевами не более 54 м – соответственно на 1,19; 1,32; 1,41, а при большей ширине – на 1,10; 1,15; 1,20. 2) На серых, светло-серых и дерново-подзолистых почвах, где отношение среднего коэффициента стока с уплотненной пашни к коэффициенту стока с зяби меньше 1,5-1,6, коэффициент противоэрозионного влияния буферных полос озимых следует умножить: при ширине полос с озимыми до 54 м – на 1,25 и при большей ширине – на 1,20; на черноземах и каштановых почвах южнее и юго-восточнее изолинии со значением 20 мм (точнее, 18 мм) коэффициент противоэрозионного влияния полос озимых нужно делить на 1,3.

4.6. Водопоглощающая и противозэрозийная роль лесных полос с простейшими гидротехническими устройствами. Коэффициенты уменьшения смыва лесополосами

Научными исследованиями установлено, что и при создании системы защитных лесонасаждений в пределах допустимой облесённости сток не может быть уменьшен и зарегулирован в нужной степени и эрозийные процессы будут протекать с опасной интенсивностью. Резкое уменьшение стока и эрозии может быть достигнуто совмещением водорегулирующих и в ряде случаев прибалочных лесных полос с простейшими гидротехническими устройствами: прерывистой канавой в нижнем междурядье с валом на опушке или водозадерживающим валом по нижнему краю лесополосы (на склонах до $1,5^\circ$), а также валами на ложбинах.

Главное назначение указанных устройств сводится к следующему: 1) создать подпор и условия для временного затопления по возможности всей площади насаждения и тем обеспечить интенсивное впитывание в нем воды в течение всего времени снеготаяния или выпадения ливня; 2) задержать максимально возможный объем воды в насаждении и тем уменьшить сток; 3) в некоторых случаях частично отвести воду на неразмываемые участки; 4) создать условия для задержания и кольматажа продуктов смыва с вышележащей площади. Всё это повлечет за собой значительное уменьшение (или частичный отвод) стока и обеспечит защиту нижележащих эрозийно-опасных полей и объектов (включая водозадерживающие валы) от смыва, размыва и заиления. Кроме того, это будет способствовать пополнению грунтовых вод, а в ряде случаев формированию нового верхнего горизонта или устойчивой верховодки, оживлению родников и повышению меженного уровня малых рек, дополнительному увлажнению корнеобитаемого слоя почвы, что благоприятно скажется на повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Поскольку на простейшие гидротехнические устройства возлагается основная задача создать подпор воды с целью затопления лесополосы без значительного выхода прудка в поле, то расчёт высоты валов ведется на создание допустимой ширины полосы затопления (равной ширине лесополосы или несколько превышающей ее) при том или ином уклоне. Первоначальная глубина канавы (до осыпания стенок) в зависимости от уклона может варьировать от 0,8 до 2,0 м, ширина 0,8 м (может быть и больше в зависимости от орудия), рабочая высота приопушечного вала до 0,7-0,8 м. В обвалованных лесополосах нужно де-

лать поперечные перемычки на расстояниях 40-100 м (в зависимости от уклона вдоль лесополосы). Для увеличения водопоглощения в канавах их следует заполнять органическим материалом. Прокладку канав с валами можно производить в лесополосах на 2 или 3-й год после посадки.

Обвалованию подлежат все лесополосы, расположенные в основном поперек склона, в том числе прибалочные. Прерывистые канавы целесообразно устраивать также в присетевых колковых насаждениях, если на прилегающих элементах гидрографической сети происходит размыв.

Водозадерживающие валы на ложбинах насыпаются по нижней, а на пастбищных угодьях – и по верхней опушкам лесополос при помощи бульдозера; при этом оставляются водообходы с расчетом, чтобы избыток непоглощенной сточной воды сбрасывался, не производя размыва. Создание лесогидротехнического комплекса позволяет разделить длинные склоны на более короткие гидрологические отрезки и резко уменьшить сток и эрозию.

Результаты наших (с сотрудниками) многолетних исследований, проведенных в опытной сети ВНИАЛМИ, а также исследований, выполненных в Каменной степи [7, 115], которые характеризуют водопоглощающую эффективность лесных полос с обвалованием и без него, представлены в табл. 26. Как видно, в стокорегулирующих лесополосах, усиленных средствами простейшей гидротехники, может поглощаться от 820 до 1200 мм и более сточной воды. И если в лесополосах без обвалования просачивается преимущественно талая вода из собственных снежных сугробов (включая присетевую зону), то обвалованные полосы способны задерживать и поглощать сток с вышележащих полей.

Следует иметь в виду, что в опытах на стоковых площадках применялись невысокие приопушечные валики, водозадерживающая роль которых значительно ниже, чем валов с канавами. Поскольку в реальных условиях лесополосы размещают на склонах разной крутизны при различном механическом составе почв и не всегда строго вдоль горизонталей, требуется для разных условий определить расчетным способом величины водопоглощения в них.

По нашим формулам произведены расчеты водозадержания и водопоглощения в период снеготаяния в лесных полосах с валами и канавами, имеющих ширину 8-15 м, при крутизне склона от 0,5 до 6°, различном расположении лесополос (вдоль горизонталей и под углами к ним 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0°; расположение под углом более 1,5-2,0° нецелесообразно) и при расстоянии между перемычками в них 40 и 80 м. Данные расчетов согласуются с экспериментальными данными (см. табл. 26).

Таблица 26

Водопоглощающая роль лесных полос, усиленных простейшими гидротехническими устройствами (вал по нижней опушке или прерывистая канава с валом), и без них

Черноземы обыкновенные тяжело- и легкосуглинистые		Серые лесные среднесуглинистые почвы			Светло-каштановые супесчаные и легкосуглинистые почвы					
Каменная степь Воронежской обл. [7, 115]		Поволжская АГЛЮС Куйбышевской обл. [85, 108, 109]			Новосильская АГЛЮС Орловской обл. [19, 33, 109]			Волгоградское опытное хозяйство [108, 109]		
Год	водопоглощение в лесополосах без обвалования, мм	водопоглощение в лесополосах, мм		Год	водопоглощение, мм	водопоглощение в лесополосах без обвалования	Год	водопоглощение в лесополосах, мм	без обвалования	с обвалованием
		без обвалования	с обвалованием							
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	
1938 ¹⁾	345	336	-	1959	243	-	1960	-	1200 ²⁾	
1939	268	390	-	1960	287	-	1961	121	710 ²⁾	
1941	377	431	-	1961	199	-	1962	191	-	
1948	500	300-460	60-1200 ²⁾	1962	179	-	1963	255	750 ²⁾	
1949	803	-	887	1963	-	-	1964	426	-	
1950 ¹⁾	284	423	912 ²⁾	1964	345	2257	1965	158	902 ²⁾	
1951	246	425	865 ²⁾	1965	390	5465	1966 ¹⁾	232	232	
1952	376	198	250	1966 ¹⁾	249	241	1967 ¹⁾	385	386	
1953	843	655	1180 ²⁾	1967	993	1140	1968	737	775	
1954 ¹⁾	192	223	235	1968	222	1400	1969 ¹⁾	57	112	
1955	490	403	994 ²⁾	1969	40	-	1970	295	722 ²⁾	

Продолжение табл. 26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1956	941	-	-	-	1970	383	-	-	-	-
1957	445	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1958 ¹⁾	415	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	466	-	380	807 (993) ⁴⁾	-	320	2101 (2591) ⁴⁾	-	283	643 (857) ⁴⁾

Примечание: 1) Сток отсутствовал или был незначительный. 2) Ввиду уменьшенного на 200-300 мм слоя водозадержания из-за прорезания водосливом нижнего вала стоковых площадок для отменных случаев (многоводные годы) внесены поправки (в сторону увеличения): на черноземах Поволжской АГЛЮС – на 300 мм, на светло-каштановых почвах – на 200 мм. 3) Исследования проводились на Тымашевском оп. пункте Куйбышевской обл. 4) Итоговые величины водопоглощения (в скобках) многоводных лет, в которые обвалованные лесополосы работали на полную мощность.

Расчет слоя уменьшения стока лесополосой $u_{л}$ выполняется по формуле:

$$u_{л} = \frac{b(W_{сум} - H_{сн})}{L},$$

где b – ширина лесной полосы, м; $W_{сум}$ – суммарное водозадержание и водопоглощение в лесополосе за период снеготаяния и стока, мм; $H_{сн}$ – среднегодовой запас снеговой воды в лесной полосе, мм (в расчетах принято $H_{сн} = 300$ мм); L – расстояние от водораздела (длина склона), м.

По этой формуле легко провести расчет и подготовить таблицу уменьшения стока лесными полосами $u_{л}$ в зависимости от их ширины, расстояния от водораздела и суммарного водопоглощения в них. Ниже приводится табл. 27 (фрагмент) для случая, когда ширина проектируемой лесной полосы равняется 13 м.

Таблица 27

Слой стока $u_{л}$, задерживаемый лесной полосой с канавой и валом шириной 13 м, расположенной на различном расстоянии от водораздела, мм

$W_{сум}$	L , м					$W_{сум}$	L , м				
	225	300	375	450	525		225	300	375	450	525
1700	81	61	49	40	35	1200	52	39	31	26	22
1600	75	56	45	38	32	1100	46	35	28	23	20
1500	69	52	42	35	30	1000	40	30	24	20	17
1400	64	48	38	32	27	900	35	26	21	17	15
1300	58	43	35	29	25	800	29	22	17	14	12

Коэффициенты уменьшения смыва стокорегулирующими лесными полосами (понижающие коэффициенты) рассчитываются на задержание и регулирование стока талых вод (с зяби и уплотненной пашни) той же вероятности превышения, какая принята для расчета смыва по уравнениям (5) и (6) и построения противоэрозионных комплексов. При этом предварительно нужно определить средневзвешенную величину талого стока установленной вероятности превышения для заранее выбранного севооборота (пример приводится дальше).

При оценке противоэрозионной эффективности стокорегулирующих лесных полос следует различать два случая: 1) лесополоса полностью поглощает или отводит воду, поступающую с вышележащей части склона, и смыв ниже полосы происходит лишь за счет сформировавшегося здесь стока; 2) лесополоса частично перехватывает поступающие сверху потоки с расходом Q , и смыв ниже неё происходит

как за счет собственного, так и транзитного, прошедшего через лесополосу, стока (рис. 21).

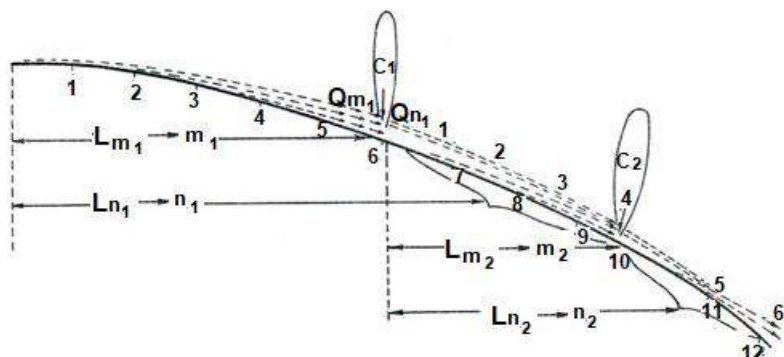


Рис. 21. Схема водопоглощающего действия лесных полос на склоне

Противоэрозионное действие первой (на данном склоне) стокорегулирующей лесной полосы определяется при помощи понижающих коэффициентов β_{n_1} к исходным величинам смыва, рассчитанным по уравнениям (5) и (6). Коэффициент β_{n_1} представляет собой отношение расчетной величины смыва $W_{\text{пл}}$ на разных отрезках склона ниже лесополосы к величинам смыва на них W_a при отсутствии лесополосы.

Расчет этих коэффициентов производится по нижеследующим формулам¹:

$$\beta_{n_1} = \left(1 - \frac{L_{m_1}}{L_{n_1}}\right)^{p+i} + \left(\frac{L_{m_1} - \frac{2L_{m_1} - 450}{10}}{L_{n_1} - \frac{2L_{n_1} - 225}{10}}\right)^p \cdot (1 - C_1)^i,$$

или, если склон разделен на равновеликие отрезки,

$$\beta_{n_1} = \left(1 - \frac{m_1}{n_1}\right)^{p+i} + \left(\frac{m_1 - \frac{2n_1 - 6}{10}}{n_1 - \frac{2n_1 - 3}{10}}\right)^p \cdot (1 - C_1)^i,$$

а если лесополоса полностью поглощает (или отводит) воду поступающих в нее потоков ($C = 1$), то по формуле

$$\beta_{n_1} = \left(1 - \frac{L_{m_1}}{L_{n_1}}\right)^{p+i} = \left(1 - \frac{m_1}{n_1}\right)^{p+i}.$$

В этих формулах L_{n_1} – расстояние от водораздела до нижней границы отрезка склона, для которого рассчитывается смыв (ниже первой полосы), м; L_{m_1} – расстояние от водораздела до нижней опушки первой лесной полосы, м; m_1 – номер отрезка склона, считая от водораздела, на нижней границе которого проектируется первая лесополоса; n_1 – номер отрезка склона, считая от водораздела, для которого производится расчет смыва; p и i – показатели степени при длине склона и слое стока (в

¹В разработке формул, кроме автора, участвовали В. С. Буруменский и М. В. Кумани.

расчетах принимается $p = 0,5$; при талом стоке $i = 0,95$); C_1 – коэффициент водопоглощения первой лесной полосы (в долях от расчетной величины стока). Определяется из соотношения

$$C_1 = \frac{y_{л}}{y_{p\%}}, \quad (8)$$

где $y_{p\%}$ – расчетный средневзвешенный слой стока в севообороте, который требуется зарегулировать, мм.

Имея графики зависимости суммарного водопоглощения в лесных полосах при разном их положении на склоне и таблицу значений задержания слоя стока в лесополосе $y_{л}$, можно по формуле (8) определить коэффициент водопоглощающей эффективности проектируемой полосы C_1 и приступить к расчету коэффициентов уменьшения смыва на отрезках склона ниже запроектированной лесной полосы β_{n_1} . Удобно заранее произвести расчеты и подготовить таблицы со значениями этого коэффициента при различных значениях C_1 (0,1; 0,2; 0,3...0,9; 1,0). Фрагмент такой таблицы при $C_1 = 0,7$ (расчет произведен на ЭВМ, программа подготовлена Х. А. Алибековым) приводится в табл. 28.

Пользуясь этой таблицей, легко найти коэффициенты уменьшения смыва ниже лесополосы. Умножая расчетные величины смыва W_a на различном расстоянии от водораздела на соответствующие коэффициенты β_{n_1} ($W_{лп} = \beta_{n_1} W_a$), получим расчетный смыв на этих отрезках, значительно уменьшенный вследствие водопоглощающего влияния лесополосы.

Таблица 28

Понижающие коэффициенты влияния лесной полосы на смыв при $C_1 = 0,7$

Номер отрезка (от водораздела), на котором определяется смыв	Номер отрезка склона, в конце которого размещается лесная полоса									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3 (225 м)	0,46									
4 (300 м)	0,58	0,40								
5 (375 м)	0,66	0,50	0,37							
6 (450 м)	0,71	0,57	0,45	0,35						
7 (525 м)	0,75	0,63	0,51	0,42	0,34					
8 (600 м)	0,78	0,67	0,57	0,47	0,39	0,33				
9 (675 м)	0,79	0,70	0,61	0,52	0,44	0,38	0,33			
10 (750 м)	0,80	0,73	0,65	0,56	0,49	0,42	0,37	0,32		
11 (825 м)	0,81	0,75	0,67	0,60	0,53	0,46	0,40	0,36	0,32	
12 (900 м)	0,81	0,76	0,70	0,63	0,56	0,50	0,44	0,39	0,35	0,32

Для иллюстрации возьмем участок с серыми лесными почвами и 4-польный зернопашной севооборот № 5.

Поскольку для серых лесных почв Курской обл. комплекс противоэрозионных мероприятий строится на предотвращение среднемноголетнего смыва, вызываемого стоком с зяби 52 мм и с уплотненной пашни 92 мм, то средневзвешенный сток в принятом севообороте (зять 75, озимые 25%) составляет $52 \times 0,75 + 92 \times 0,25 = 62$ мм. При расположении стокорегулирующих лесных полос с канавой и валом по контуру в них поглощается за период снеготаяния около 1600 мм и больше талой воды.

При сравнении величин остаточного смыва в зернопашном севообороте на отрезках склона и допустимого смыва выясняется, что стокорегулирующая лесная полоса (граница рабочих участков или полей двух севооборотов) должна располагаться на расстоянии около 375 м от водораздела. Согласно табл. 27, лесополоса шириной 13 м, расположенная на расстоянии 375 м от водораздела, задерживает (снимает) 45 мм стока с вышележащего склона. В этом случае коэффициент водопоглощающей эффективности лесополосы

$$C_1 = \frac{y_l}{y_{p\%}} = \frac{45}{62} = 0,72.$$

После этого из табл. 28, где $C_1 = 0,70$ (значение C_1 может быть и другим), выписывают коэффициенты уменьшения смыва лесной полосой (на нижележащем поле) и производят вычисление остаточного смыва. Сопоставив на выбранных по топографической карте профилях результаты расчета смыва с допустимым смывом (с учетом влияния агротехнических приемов), можно наметить на карте трассу для размещения второй стокорегулирующей лесной полосы.

Расчет коэффициентов уменьшения смыва второй стокорегулирующей полосой β_{n_2} следует проводить по разработанным нами формулам:

$$\beta_{n_2} = \left(1 - \frac{L_{m_1} + L_{m_2}}{L_{m_1} + L_{n_2}}\right)^{p+i} + \frac{L_{m_1}^p \cdot (1-C_1)^i + L_{m_2}^p \cdot (1-C_2)^i}{L_{m_1}^p + L_{n_2}^p},$$

$$\beta_{n_2} = \left(1 - \frac{m_1 + m_2}{m_1 + n_2}\right)^{p+i} + \frac{m_1^p \cdot (1-C_1)^i + m_2^p \cdot (1-C_2)^i}{m_1^p + n_2^p},$$

где L_{m_2} – расстояние от первой лесной полосы до нижней опушки проектируемой второй полосы, м; L_{n_2} – расстояние от первой лесной полосы до нижней границы отрезка склона, для которого рассчитывается смыв (ниже второй лесополосы), м; m_2 – номер отрезка склона, считая от первой лесополосы, на нижней границе которого проектируется вторая лесополоса; n_2 – номер отрезка склона, считая от пер-

вой лесополосы, для которого производится расчет смыва; C_2 – коэффициент водопоглощающей эффективности второй лесополосы; $C_2 = \frac{y_{л2}}{y_{p\%}}$, где $y_{л2}$ – снимаемый второй лесополосой слой стока, мм.

Остальные обозначения прежние.

4.7. Допустимый смыв при построении комплекса противоэрозионных мероприятий

Противоэрозионные комплексы предназначены для того, чтобы обеспечить максимальное задержание осадков на полях, сохранность почв и повышение их плодородия. Поэтому они должны строиться с учетом допустимого смыва, который не превышал бы прироста почв за счет естественного почвообразования. Имеющиеся проработки относительно интенсивности естественного почвообразовательного процесса и соображения ряда авторов [5, 8, 13, 17, 40, 42, 110, 124 и др.] позволяют лишь приблизительно определить величину предельно допустимого среднегодового смыва. Так, М. Бельгибаев и М. И. Долгилевич определили норму эрозии для черноземных, каштановых и сероземных почв в пределах 3,4-4,4 и для дерново-подзолистых 10,9 т/га, М. Н. Заславский – до 5 т/га, Н. К. Шикуча, А. Г. Рожков и П. С. Трегубов для черноземов 4-6, серых лесных, каштановых и сероземных почв 2-3, дерново-подзолистых 1,0 т/га. Г. П. Сурмач для черноземов разной степени смытости 1,5-4,5, дерново-подзолистых, серых лесных и каштановых почв 1-3 и для почв, сформировавшихся на опоках и меловых породах, 0,5-1,5 т/га.

Существует предложение о необходимости снизить нормы эрозии до 0,2-0,5 т/га. Как нам представляется, принятие такой нормы для проектирования противоэрозионных мероприятий потребовало бы применения в эрозионно-опасных районах очень большой противоэрозионной нагрузки, что трудно осуществимо в современных производственных условиях. Анализ литературных данных по вопросу о допустимых нормах эрозии и результаты уже проведенной в филиалах Государственного проектного института по землеустройству ЦЧО Гипрозем апробации нашей "Методики проектирования противоэрозионных комплексов на расчетной основе" позволяют принять в настоящее время нижеследующую шкалу предельно допустимого смыва (табл. 29).

Необходимо подчеркнуть, что речь идет о предельно допустимом смыве; проектировщик не во всех случаях должен планировать

такой смыв, а лишь сообразуясь с необходимостью и целесообразностью. Следует также иметь в виду, что запланированный уровень допустимого смыва будет проявляться не на всей площади участка, а лишь в нижней (по склону) его части. Так, например, смыв с наклонного поля полевого севооборота, постепенно возрастая, достигает на определенном рубеже уровня предельно допустимого. На этом рубеже может быть запроектирована стокорегулирующая лесная полоса с прерывистой канавой и валом, а ниже нее – поле почвозащитного севооборота. Тем самым недопустимо высокий смыв будет полностью или в большой степени пресечен. Очевидно, что в данном случае смыв на уровне предельно допустимого будет проявляться лишь в самой нижней части полевого севооборота, в узкой его полосе, а выше по склону он будет уменьшаться и сойдет на нет. Таким образом, нельзя распространять уровень запланированного допустимого смыва на всю площадь, как это делает М. Н. Заславский. При осреднении на всю площадь склоновых земель запланированный смыв будет приблизительно в 1,5-2 раза ниже предельно допустимого.

Таблица 29

Среднегодовой предельно допустимый смыв в зависимости от типа почв, степени их смытости и характера материнских пород, т/га

Почвы	Степень смытости		
	несмытые и слабосмытые	средне-смытые	сильно-смытые
Дерново-подзолистые, светло-серые лесные на лёссовых и других рыхлых породах	2,0	1,5	1,0
Серые и темно-серые лесные, черноземные и темно-каштановые	2,0	2,0	1,5
Каштановые, светло-каштановые, сероземы	1,5	1,5	1,0
Почвы, сформировавшиеся на опоках и мелах	1,0	0,5	0,5

4.8. Об интенсивности проявления двух типов эрозии в разных районах

Коснемся вопроса о том, какой тип эрозии – от талых или ливневых вод – преобладает в районах смешанной эрозии. Строго говоря, сама постановка этого вопроса требует уточнения. Ведь результаты оценки интенсивности выноса почвы будут сильно отличаться в зависимости от того, рассматривается ли смыв на отдельных видах пашни или в севооборотах и что принять в качестве критерия для оценки смыва. Как

известно, например, в средней полосе (Курская и другие области) эрозия от ливневых дождей с наибольшей интенсивностью проявляется на чистых парах, а от талого стока – на зяби. Причём, как видно из приведенных выше материалов, показатели среднемноголетнего смыва с чистых паров больше, чем с зяби, особенно на крутых склонах.

Иначе дело обстоит со смывом в севооборотах. Поскольку лишь часть сельскохозяйственной площади занимается зябью и значительно меньше – чистым паром, картина интенсивности смыва наиболее правильное отражение получает в севооборотах. В средней полосе и более северных районах среднемноголетний смыв в летний период, когда большая часть сельскохозяйственной площади защищена растительным покровом, значительно меньше, чем во время весеннего снеготаяния. Лишь на некоторой части слабозащищённой площади он проявляется с высокой интенсивностью.

Приняв для расчётов коэффициент противоэрозионного влияния зернопаропропашных севооборотов для периода весеннего снеготаяния равным 0,81 (среднее из 13 значений), а для летнего периода 0,36 (с учетом коэффициента для пара 0,40), можно определить, что в полосе, где проходит изолиния среднего весеннего стока с зяби 30 мм интенсивность смыва от талого стока приблизительно в два раза превышает таковую от дождевого стока. Вдоль изолинии среднего весеннего стока с зяби 15 мм интенсивность смыва при обоих типах эрозии будет приблизительно одинаковой, а по мере продвижения на юго-восток, юг и особенно юго-запад от этой линии будет все больше преобладать эрозия от ливней. В юго-западных районах Украины и в Молдавии, где формируется небольшой сток снеговых вод, а интенсивность выпадения ливневых осадков сильно возрастает, это преобладание становится подавляющим.

Таким образом, можно заключить, что если в северных районах и средней полосе европейской части страны смыв, вызываемый стоком талых вод, в два раза и больше превосходит таковой от ливневых вод, а южнее, в полосе, где проходит изолиния среднего стока с зяби со значением 15 мм, его интенсивность в том и другом случае приблизительно одинаковая, то в более южных и особенно юго-западных районах получает резкое преобладание ливневый тип эрозии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе рассмотрен комплекс проблем развития древних эрозионно-аккумулятивных процессов в четвертичном периоде, обуславливающих изменение рельефа земной поверхности равнин и эволюцию ландшафтов; получила развитие новая теория рельефо- и лёссовобразования, на этой основе выявлены причины и закономерности формирования лесостепи на обширной территории Русской равнины; сделана количественная оценка по стоку различных противоэрозионных агротехнических и лесомелиоративных приемов; разработана логико-математическая модель смыва почв и ряд других расчетных методов, что позволило составить цельную методику построения комплекса противоэрозионных мероприятий в системе земледелия на расчётной основе.

Научно обоснованное проектирование противоэрозионных комплексов в системе земледелия и их внедрение призвано сыграть большую положительную роль как в эффективной защите почв от эрозии, что само по себе очень важно, так и в улучшении гидрологического режима территории (повышение уровня грунтовых вод, увеличение водности малых рек и др.) и охраны вод вообще. Широкое применение и усовершенствование методов проектирования противоэрозионных комплексов на расчётной основе будет способствовать рационализации системы противоэрозионной защиты и даст дополнительный импульс развитию противоэрозионной мелиорации (эрозиоведению) как науки, которая оформилась в самостоятельную дисциплину в 30-х годах XX столетия.

Нам представляется, что в числе важнейших задач эрозиоведения и впредь должно быть углубленное изучение эрозионно-гидрологических процессов и закономерностей их проявления, строгая научная (количественная) характеристика существующих и разработка новых противоэрозионных приемов, совершенствование методов построения комплексов противоэрозионных мероприятий в системе земледелия на расчетной основе и экспериментальная их проверка, дальнейшая разработка теории эрозионно-аккумулятивных

процессов, становления и развития природных и антропогенных ландшафтов и др.

Касаясь природоохранного аспекта эрозиоведения, отметим, что оно выступает в настоящее время в качестве одной из базисных научных дисциплин для осуществления мониторинга (системы наблюдения за состоянием окружающей природной среды), причем с двух позиций: а) выявления закономерностей становления и развития природных ландшафтов как таковых и их изменений под влиянием антропогенного воздействия и б) проявления современных эрозионно-гидрологических процессов и осуществления практических мероприятий, направленных на подавление эрозии, восстановление и сохранение благоприятного равновесия взаимодействующих компонентов существенно преобразованной в результате хозяйственной деятельности природной ландшафтной системы.

Роль эрозиоведения в охране почв и повышении эффективности сельскохозяйственного производства, охране природы вообще должна возрастать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агролесомелиорация / Под ред. Н.И. Суса. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 512 с.
2. Аксёнов П.И. Щелевание мерзлой почвы перед стоком // Вестн. с.-х. науки. – 1969. – № 3. – С. 70-78.
3. Аниканов А.Т., Полуэктов Е.В. Опыт внедрения комплекса противозерозионных мероприятий // Земледелие. – 1981. – № 6. – С. 18-20.
4. Арманд Д. Л. Естественный эрозионный процесс // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1955. – № 6.
5. Афанасьева Е.А. Чернозёмы Средне-Русской возвышенности. – М.: Наука, 1966. – 224 с.
6. Ахтырцев Б.А. Серые лесные почвы Центральной лесостепи. – Воронеж: Изд. ВГУ, 1979.
7. Басов Г.Ф., Грищенко М.Н. Гидрологическая роль лесных полос. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 201 с.
8. Бельгибаев М.Е., Долгилевич М.И. О предельно допустимой величине эрозии почвы // Тр. ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1970. – Вып. 1(61). – С. 239-258.
9. Богуцкий А.В. Рельеф и гранулометрический состав лёссов и лёссовых пород (на примере юго-западной окраины Русской платформы) // Докл. АН СССР. Сер. геологич. – 1971. – Т. 496, № 5. – С. 1200-1202.
10. Большаков А.Ф. Влияние двучленности наносов на водный режим мощных чернозёмов // Почвоведение. – 1959. – № 7. – С. 31-40.
11. Бондарчук В.Г. Геология Украины. – Киев: Изд-во АН Укр. ССР, 1959.
12. Брауде И.Д. Эрозия почв, засуха и борьба с ними в ЦЧО. – М.: Наука, 1965. – 140 с.
13. Бурыкин А.М. О темпах эрозии и почвообразования влажных и сухих субтропиков СССР // Почвоведение. – 1976. – № 6. – С. 79-92.
14. Величко А.А., Морозова Т.Д. Изменение природной среды в позднем плейстоцене по данным изучения лёссов, криогенных явлений, ископаемых почв и фауны // Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет (Атлас-монография). – М., 1982. – С. 115-120.
15. Величко А.А., Халчева Т.А. Позднеплейстоценовые лёссы и их распространение. – Там же. – С. 70-74.
16. Величко А.А., Бердников В.В., Нечаев В.Н. Реконструкция зоны многолетней мерзлоты и этапов развития. – Там же. – С. 74-81.

17. Волобуев В.Р. Вопросы энергетики почвообразования // Докл. сов. почвоведов к VII Междунар. конгрессу почвоведов в США. – М., 1960.

18. Гавриленко Л.Н., Гусаров В.Г. Дифференцированное применение агротехнических противоэрозионных приёмов // Водная эрозия почв и борьба с ней. – М., 1977. – С. 102-117.

19. Гаршинёв Е.А. Изучение водорегулирующей роли противоэрозионных насаждений на серых лесных почвах Центральной лесостепи: Автореф. канд. дис. – Воронеж, 1971. – 20 с.

20. Генетические типы четвертичных (антропогенных) отложений Украины, особенности их образования и размещения. – Материалы по генезису и литологии четвертичных отложений (к VI конгрессу ИНКВа, Варшава, 1961) / В.Г. Бондарчук, М.Ф. Веклич, А.П. Ромоданова, И.А. Соколовский. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961.

21. Герасимов И.П. О генезисе и возрасте сыртовых отложений Нижнего Заволжья // Тр. комиссии по изучению четвертичного периода. – Т. IV, вып. 2. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1935.

22. Герасимов И.П., Доскач А.Г. Геоморфологический очерк сыртовой области Нижнего Заволжья // Тр. комиссии по ирригации. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1937. – Вып. 7.

23. Горецкий Г.И. Об укрупнении гранулометрического состава пород лёссовой формации в направлении к речным долинам и понижениям // Современный и четвертичный континентальный литогенез. – М.: Наука, 1966.

24. Грин А.М., Кук Ю.В., Чернышев Е.П. Склоновый сток в естественных экосистемах и на сельскохозяйственных угодьях // Водный баланс основных экосистем Центральной лесостепи. Ч. I. – М., 1974. – С. 53-110.

25. Гричук М.П. Основные черты развития растительности в четвертичный период на территории Советского Союза. – М., 1964.

26. Гричук В. П. Растительность Европы в позднем плейстоцене // Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет (Атлас-монография). – М.: Наука, 1982. – С. 92-108.

27. Грызлов Е.В., Демченко М.П., Зайцев В.Н. Полосное размещение посевов на склонах // Земледелие. – 1974. – № 1. – С. 35-36.

28. Дедков А. П. Экзогенное рельефообразование в Казанско-Ульяновском Приволжье. – Казань: Изд-во КГУ, 1970. – 255 с.

29. Демидов В.В. Комплексное влияние лесных полос и агротехнических приёмов на эрозию почвы и урожайность сельскохозяйственных культур на чернозёмах Курской области: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.04. – Волгоград, 1983. – 25 с.

30. Докучаев В.В. Русский чернозём. – 1883 (2-е изд. 1936).

31. Докучаев В.В. Овраги, их происхождение и деятельность // Избр. соч. – М., 1954. – С. 543-560 (Также Тр. экон. о-ва. – Т. 3, вып. 2. – СПб, 1877).

32. Дубянский А.А Геология и подземные воды Каменной степи // Записки Воронеж, с.-х. ин-та. – Т. II (XVII), 1939.

33. Дьяков В.Н. Изучение стока талых вод и разработка мероприятий по борьбе с эрозией почв в Центральной лесостепи: Автореф. канд. дис. – М., 1964. – 17 с.

34. Дэвис В.М. Геоморфологические очерки / Пер. с англ. – М.: Изд-во ин. лит., 1961. – 455 с.

35. Дядченко М.Г. О минералогическом составе лёссовых пород Украинской ССР // Лёссовые породы Украины. – Киев: Изд-во АН Укр. ССР, 1957. – С. 68-79.

36. Жигалов И.И. Влияние характера обработки почвы на склоновый сток талых вод // Почвоведение. – 1955. – № 10. – С. 36-49.

37. Жилко В.В. Эродированные почвы Белоруссии и их использование. – Минск: Ураджай, 1976. – 168 с.

38. Заррина Е.П., Краснов И.И., Спиридонова Е.А. Климатостратиграфическая корреляция и хронология позднего плейстоцена северо-запада и центра Русской равнины // Четвертичная геология и геоморфология. Дистанционное зондирование. – М., 1980. – С. 46-50.

39. Заславский М.Н. Эрозия почв и земледелие на склонах. – Кишинёв: Картя Молдовеняскэ, 1966. – 494 с.

40. Заславский М.Н. Эрозиоведение. – М.: Высшая школа, 1983. – 320 с.

41. Защитные лесные насаждения как фактор биологической мелиорации почв / А.М. Бялый, В.М. Кретинин, Б.А. Исупов, Л.В. Садименкова // Тр. ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1970. – Вып. 1(61). – С. 259-319.

42. Золотун В.П. Развитие почв юга Украины за последние 50-45 веков: Автореф. докт. дис. – Киев, 1974. – 74 с.

43. Зонн С.В. Геоморфологические и почвенные условия произрастания леса в Теллермановском опытном лесничестве // Тр. Ин-та леса. – Воронеж, 1960. – Т. 3.

44. Ильин Р.С. О генезисе лёссов и других покровных пород скульптурных равнин // Почвоведение. – 1930. – № 1-2.

45. Инструктивные указания по проектированию и выращиванию защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственных предприятий РСФСР. – М., 1979. – 45 с.

46. Инструкция по определению расчётных гидрологических характеристик по проектированию противоэрозионных мероприятий на Европейской территории СССР. ВСН 04-77 Госкомгидромет. – М.: Гидрометеиздат, 1979. – 62 с.

47. Калининченко Н.П., Ильинский В.В. Лесомелиорация овражно-балочных систем. – М., 1976. – 200 с.

48. Карцев Г.А. Насущные проблемы проектирования противоэрозионной организации территории // Земледелие. – 1984. – № 1. – С. 9-10.

49. Кинг Л. Морфология земли / Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1967. – 560 с.
50. Козменко А.С. Работы Новосильской опытно-овражной станции по изучению приёмов борьбы с эрозией // Эрозия почв. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1937. – С. 155-185.
51. Козменко А.С. Эрозия почв и борьба с ней // Агролесомелиорация. – Изд. 2. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1948. – С.187-328.
52. Козменко А.С. Борьба с эрозией почв. – М.: Сельхозгиз, 1949. – 160 с.
53. Козменко А.С. Основы противозэрозионной мелиорации. – М., 1954. – 424 с.
54. Козменко А.С. Теоретические основы борьбы с эрозией почв // Итоги работы института, опытных станций и пунктов / ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1961. – Т. I, вып. 35. – С. 67-99.
55. Козменко А.С. Борьба с эрозией почв на сельскохозяйственных угодьях. – М.: Изд-во с.-х. литературы, журналов и плакатов, 1963. – 208 с.
56. Козменко А.С., Ивановский А.Д. Режим поверхностного стока в Центральной лесостепи // Гидротехника и мелиорация. – 1953. – № 1 – С. 3-18.
57. Коржинский С.И. Предварительный отчёт о почвенных и геоботанических исследованиях 1886 г. в губ. Казанской, Самарской, Уфимской, Пермской и Вятской // Тр. о-ва естествоиспыт. при Казанском ун-те. – Казань, 1887. – Т. 16, вып. 6.
58. Корягин А.Н., Аксёнов П.И. Регулирование стока на приводораздельных площадях // Вестн. с.-х. науки. – 1964. – № 9.
59. Крупеников И.А. Чернозёмы Молдавии. – Кишинёв: Картя Молдовеняскэ, 1967. – 428 с.
60. Лавренко Е.М., Прозоровский А.В. Растительность европейской части СССР // Почвы СССР. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1939. – Т. 1. – С. 101-156.
61. Леонтьев О.К., Рычагов Г.И. Плейстоценовые колебания уровня Каспийского моря и их влияние на морфологию берегов // Четвертичная геология и геоморфология. Дистанционное зондирование. – М., 1980. – С. 62-65.
62. Ломакин М.М., Кочедыков В.М. К вопросу создания водопоглощающих щелей на пашне // Науч.-техн. бюл. по проблеме "Защита почв от эрозии". – Курск, 1978. – Вып. 4(19). – С. 13-18.
63. Лопырёв М.И. Почвозащитная организация территории склонов. – Воронеж, 1977. – 110 с.
64. Лопырёв М.И. Повысить качество проектирования // Земледелие. – 1984. – № 3. – С. 20-23.
65. Лысов А.В., Поездов П.Н. Формирование стока и смыва на южных чернозёмах Приволжской возвышенности // Почвозащитное земледелие. – Курск, 1983. – Вып. 1(36). – С. 74-80.

66. Мазарович А.Н. Террасы Волги и четвертичные отложения заволжских степей: Инф. бюл. АИЧПЭ, 1932, № 3-4.

67. Мазарович А.Н. Стратиграфия четвертичных отложений Среднего Поволжья // Тр. комиссии по изучению четвертичного периода. – Т. IV, вып. 2. – М. – Л.: Изд. АН СССР, 1935.

68. Максимов С.З. О происхождении и развитии долинно-балочно-овражных систем в условиях южной покатости Русской равнины // Науч. записки Воронежск. отдела географич. о-ва СССР. – Воронеж, 1970. – С. 79-87.

69. Матвиенко Е.М. Лёссовый покров внеледниковой и приледниковой зоны Среднего Приднепровья // Лёссовые породы Украины. – Киев, 1967. – С. 59-67.

70. Машенко С.С. Почвоводоохранная роль валов-террас на пахотных склонах лесостепи Центрально-Чернозёмной зоны: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. – Воронеж, 1985. – 24 с.

71. Медведев И.В. Противозэрозионная роль полосного размещения сельскохозяйственных культур на склонах // Науч.-техн. бюл. по проблеме "Защита почв от эрозии". – Курск, 1980. – Вып.1(24). – С. 21-26.

72. Меридиональный спектр природно-климатических этапов плейстоцена во внетропическом пространстве северного полушария / И.П. Герасимов, А.А. Величко, А.К. Маркова, В.П. Ударцев, А.Л. Чепалыга // Четвертичная геология и геоморфология. Дистанционное зондирование. Международный геологический конгресс. XXVI сессия. – М.: Наука, 1980. – С. 31-35.

73. Методические рекомендации по прогнозу водной (дождевой) эрозии почв / Ц.Е. Мирцхулава и др. – М., 1978. – 68 с.

74. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчёта и прогноза водной эрозии. – М.: Колос, 1970. – 239 с.

75. Мишон В.М. Закономерности залегания максимальных снегозапасов в условиях овражно-балочного рельефа и естественной лесной растительности // Сб. работ Курской ГМО. – Курск, 1975. – Вып. 5. – С. 53-67.

76. Морозов С.С. Механический и химический состав некоторых лёссов европейской части СССР и генетически им близких пород // Почвоведение. – 1932. – № 2. – С. 232-259.

77. Наумов С.В. К вопросу классификации смытых почв // Почвоведение. – 1955. – №5. – С. 60-68.

78. Наумов С.В. Водная эрозия почв Саратовской области. – Саратов, 1970. – 127 с.

79. Нейштадт М.И. Особенности развития лёссов на территории СССР в голоцене // Современные проблемы географии. – М., 1964.

80. Неуструев С.С., Прасолов Л.И. Самарский уезд. Почвенно-географический очерк. Материалы к оценке земель. – Самара, 1911.

81. Николаев Н.И. Плиоценовые и четвертичные отложения сыртовой части Заволжья // Тр. комиссии по изучению четвертичного периода. – Т. IV, вып. 2. – М. – Л.: Изд. АН СССР, 1935.

82. Основные положения методики обоснования мероприятий по защите почв от эрозии для генеральной схем: использования земельных ресурсов страны на дальнюю перспективу / Д.Е. Ванин, И.П. Здоровцов, А.Г. Рожков и др. // Науч.-техн. бюл. по проблеме "Защита почв от эрозии". – Курск, 1976. – Вып. 2(9) – С. 86.

83. Отоцкий П.В. Шипов лес: Почвенно-геологический очерк. – Спб., 1894. – 24 с.

84. Павлов В.М. Влияние уклона на интенсивность смыва песчаного грунта // Вести. МГУ, сер. геогр. – 1966. – № 2. – С. 104-106.

85. Панов В.И. Водный баланс и эрозия на чернозёмах степного Заволжья: Автореф. канд. дис. – М., 1975. – 31 с.

86. Пенк В. Морфологический анализ / Пер. с нем. – М.: Географгиз, 1961. – 359 с.

87. Результаты исследований по защите почв от водной эрозии в Ростовской области / Е.В. Грызлов, В.Н. Зайцев, И.П. Демченко и др. // Водная эрозия почв и борьба с ней. – М., 1977. – С. 123-133.

88. Рекомендации по созданию комплекса агролесомелиоративных противоэрозионных мероприятий / Г.П. Сурмач, Е.А. Гаршинёв, А.П. Кузнецов. – Волгоград, 1973. – 114 с.

89. Роде А.А., Смирнов В.М. Почвоведение. – М.: Высшая школа, 1972. – 480 с.

90. Рожков А.Г. О среднемноголетней величине смыва почв с пашни в ЦЧЗ // Науч.-техн. бюл. по проблеме "Защита почв от эрозии". – Курск, 1977. – Вып. 4(15). – С. 13-18.

91. Рожков А.Г., Подгорный В.К. Противоэрозионная и агрономическая эффективность валов-террас на пашне // Вестн. с.-х. науки. – 1981. – № 7. – С. 26-31.

92. Руслый процесс / Н.Е. Кондратьев и др. – Л., 1959. – 371 с.

93. Саваренский Ф.П. Сыртовые глины Заволжья в бассейне р. Б. и М. Узеней // Бюл. МОИП. Отд. геологии, т. XXXV, 1927.

94. Сильвестров С.И. Рельеф и земледелие. – М.: Сельхозгиз, 1955. – 288 с.

95. Симонян М.М. Противоэрозионные агротехнические приёмы в условиях горного земледелия Армянской ССР // Водная эрозия почвы и борьба с ней. – М., 1977. – С. 133-147.

96. Система земледелия Курской области. – Курск, 1982. – 204 с.

97. Скоморохов А.И. Опыт крупномасштабного геологического картирования четвертичных отложений в перигляциальной зоне // Советская геология. – М., 1978. – С. 38-51.

98. Скородумов А.С. Земледелие на склонах. – Киев, 1970. – 427 с.
99. Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, т. I, 1948. – 305 с.; Т. 2, 1960. – 248 с.
100. Соболев С.С. Защита почв от эрозии и повышение их плодородия. – М.: Изд-во с.-х. литературы, журналов и плакатов, 1961. – 232 с.
101. Сравнительная оценка различных технологий возделывания озимой пшеницы на склонах / И.Я. Ремезюк, А.Н. Горбачёв, Н.И. Картамышев и др. // Почвозащитное земледелие. – Курск, 1983. – Вып. 1(36). – С.49-54.
102. Стариченко П.А. Противозэрозийная обработка зяби серых лесных почв на склоновых землях Курской области: Автореф. канд. дис. – М., 1969. – 25 с.
103. Стратиграфия, условия формирования и особенности картирования четвертичных отложений восточной части Прикаспийской низменности / О.А. Белкина, Л.Я. Кузьмина, М.Д. Магретова, Л.Б. Аристархова // Тез. докл. Всесоюз. междувед. совещ. по изучению четвертичного периода, 16-17 мая 1957 г. – М., 1957. – С. 114-117.
104. Сурмач Г.П. Классификация смытых почв и её применение при составлении крупномасштабных почвенно-эрозионных карт // Почвоведение. – 1954. – № 1. – С. 71-80.
105. Сурмач Г.П. Почвенно-эрозионные исследования на Средне-Русской возвышенности // Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – С. 70-110.
106. Сурмач Г.П. К вопросу о генезисе рельефа и сыртовых отложений Заволжья // Почвоведение. – 1960. – № 9. – С. 44-55.
107. Сурмач Г.П. Рельефообразование и современные процессы почвенной эрозии в степном Поволжье // Тр. ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1970. – Вып. 1(61). – С. 18-138.
108. Сурмач Г.П. Водорегулирующая и противозэрозийная роль насаждений. – М.: Лесн. пром-ть, 1971. – 109 с.
109. Сурмач Г.П. Водная эрозия и борьба с ней. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 255 с.
110. Сурмач Г.П. Выбор обеспеченности стока для расчётов смыва в целях построения комплекса противозэрозийных мероприятий // Науч.-техн. бюл. по проблеме "Защита почв от эрозии". – Курск, 1979. – Вып. 2(21). – С. 73-81.
111. Сурмач Г.П., Духнов В.К. Рекомендации по возврату сильноэродированных склоновых земель в интенсивное сельскохозяйственное пользование. – Волгоград, 1972. – 20 с.

112. Сурмач Г.П., Барабанов А.Т. Роль микрорельефа пашни на серых лесных почвах Центральной лесостепи // Водная эрозия почв и борьба с ней. – М., 1977. – С. 93-102.

113. Сурмач Г.П., Барабанов А.Т., Гаршинёв Е.А. О стокорегулирующей эффективности микрорельефа на чернозёмах Курской области // Науч.-техн. бюл. по защите почв от эрозии. – Курск, 1977. – Вып. 1(12). – С. 32-38.

114. Сурмач Г.П., Крупчатников А.И. Противоэрозионные приёмы основной обработки почвы // Земледелие. – 1980. – № 2. – С. 15-16.

115. Сухарев И.П. Гидрологическая и противоэрозионная роль лесных полос. – Воронеж, 1966. – 120 с.

116. Трегубов П.С., Шурикова В.П. Опыт разработки принципов почвенно-эрозионного картирования // Современные аспекты изучения эрозионных процессов. – Новосибирск, 1960. – С. 99-104.

117. Ударцев В.П. К вопросу о соотношении покровных и ледниковых комплексов Окско-Донской равнины // Возраст и распространение максимального оледенения Восточной Европы. – М.: Наука, 1980. – С. 20-72

118. Федотов В.С., Германюк Д.Д. Изучение влияния длины склонов на сток воды и смыв почвы // Вопросы эрозии и повышения продуктивности склоновых земель Молдавии. – Т. VII. – Кишинёв: Картя Молдовеняскэ, 1971. – С. 58-67.

119. Харитонов Г.А. Водорегулирующая и противоэрозионная роль леса в условиях лесостепи. – М.-Л.: Гослесбуиздат, 1950. – 276 с.

120. Швевс Г.И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка (на примере Украины и Молдавии). – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 184 с.

121. Швевс Г.И. Теоретические основы противоэрозионных мероприятий // Теоретические основы противоэрозионных мероприятий: Тез. докл. всесоюз. конф. (Одесса, 25-27 сентября 1979 г.). – Ч. 1. – Одесса, 1979. – С. 7-8.

122. Швевс Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. – Киев-Одесса: Вища школа, 1981. – 222 с.

123. Шикула Н.К. Защита почв от эрозии – борьба с засухой // Земледелие. – 1973. – № 4. – С. 36-43.

124. Шикула Н.К., Рожков А.Г., Трегубов П.С. К вопросу картирования территории по интенсивности эрозионных процессов и дефляционно-опасных земель // Оценка и картирование эрозионно-опасных и дефляционно-опасных земель. – М., 1973. – С. 30-33.

125. Щукин И.С. Общая геоморфология, Т. I. – М.: Изд-во МГУ, 1960. – 616 с.

126. Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains // Agricultural Research service. Agriculture Handbook 282, May, 1965. – 45p.

127. Zingg, A.W. Degree and length of slope as it affects soil loss // Agr. Engineering. – 1940. – Vol. 21. – P. 17-25.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ.....	409
Часть первая. РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСОСТЕПИ.....	412
Глава 1. РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЕ И ГЕНЕЗИС ЛЁССОВ...	412
1.1. Четвертичные отложения. Их распространение и строение.....	412
1.2. Геоморфологические концепции развития рельефа (склонов) и их оценка.....	421
1.3. Эрозионно-аккумулятивные циклы, общие условия их прохождения. Динамике склоноформирующих процессов	425
1.3.1. Раннечетвертичный (раннеплейстоценовый) эрозионно-аккумулятивный цикл.....	431
1.3.2. Среднечетвертичный (среднеплейстоценовый) эрозионно-аккумулятивный цикл.....	433
1.3.3. Позднечетвертичный (позднеплейстоценовый) эрозионно-аккумулятивный цикл.....	436
1.3.4. Формирование водораздельных увалов, сыртов, холмов.....	445
1.3.5. Затухание эрозионно-аккумулятивных процессов в голоцене под влиянием биологического фактора. Гидроморфизация почв.....	448
1.4. О происхождении асимметрии берегов и склонов.....	449
1.5. Формы склонов и их развитие.....	450
1.6. О распределении гранулометрического состава лёссовых пород на склонах и в придолинной зоне.....	454
Глава 2. ЛИТОГЕННАЯ (ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ) ОСНОВА ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ. ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСОСТЕПИ.....	456
2.1. Литологическое строение лёссовых пород – основа распределения растительных формаций и формирования различных почв.....	456
2.2. Полевые исследования для обоснования литогенной основы ландшафтов.....	463
2.3. Анализ литературных источников для обоснования литогенной основы формирования лесостепи.....	468

Основные положения и выводы по первой части.....	472
Часть вторая. ПРОЦЕССЫ ЭРОЗИИ ПОЧВ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	476
Глава 3. ЭРОЗИЯ ПОЧВ. МЕТОДЫ РАСЧЕТА СМЫВА.....	476
3.1. Некоторые общие вопросы. Распространение смытых почв, интенсивность смыва.....	476
3.2. Классификация смытости почв.....	480
3.3. Прогнозные расчеты смыва почв.....	490
3.3.1. О взаимосвязях факторов и закономерностях смыва	490
3.3.2. Логико-математические и эмпирические модели смыва.....	493
3.3.3. Логико-математическая модель смыва (метод расчета) Г. П. Сурмача.....	500
Глава 4. КОМПЛЕКС ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	521
4.1. Содержание почвозащитных комплексов, принципы противоэрозионной организации территории.....	521
4.2. Определение величин и вероятности превышения стока для расчетов смыва в целях построения комплексов противоэрозионных мероприятий. Географические коэффициенты смыва.....	533
4.3. Расчетные величины смыва для построения противоэрозионных комплексов.....	537
4.4. Противоэрозионная роль севооборотов и агротехнических приемов. Коэффициенты, характеризующие уменьшение смыва.....	539
4.5. Полосное размещение посевов.....	544
4.6. Водопоглощающая и противоэрозионная роль лесных полос с простейшими гидротехническими устройствами. Коэффициенты уменьшения стока лесополосами.....	550
4.7. Допустимый смыв при построении комплекса противоэрозионных мероприятий.....	558
4.8. Об интенсивности проявления двух типов эрозии в разных районах.....	559
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	561
ЛИТЕРАТУРА.....	563

Г Л А В А 3

ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДЬЯХ*

3.1. Реальная водопроницаемость почв и формирование дождевого стока

В настоящее время широко распространено мнение, согласно которому сток дождевых вод начинает формироваться с момента, когда интенсивность выпадения осадков превышает скорость впитывания воды почвой. При этом под впитыванием во время выпадения дождя понимается скорость инфильтрации (водопроницаемости), которая определена при сплошном затоплении поверхности (например, по методу заливаемых колец или квадратов), т. е. максимальное ее значение (максимальная инфильтрация или водопроницаемость почвы, автор, 1952, 1955). Однако указанное превышение интенсивности осадков над скоростью их впитывания при формировании стока согласуется не с максимальной инфильтрацией почвы, а с реальной, которая проявляется на склонах во время выпадения дождей (или при искусственном дождевании), величина максимальной водопроницаемости определяется агрохимическими свойствами почвы (механический состав, содержание гумуса, водопрочность структуры, сложение и др.). Реальная водопроницаемость почвы склонов является величиной переменной, динамичной, зависящей от многих факторов, как внутренних почвенных (максимальная водопроницаемость, влажность почвы), так и внешних. Так, с увеличением интенсивности дождя (до определенных пределов – 3-4 мм/мин) повышается одновременно как инфильтрация (впитывание), так и сток (Ф. П. Серик, 1940, Г. П. Сурмач, 1952, 1955, 1962, и др.). При полном затоплении поверхности инфильтрация становится наибольшей, максимальной.

*Глава 3 «Формирование поверхностного стока на сельскохозяйственных угодьях» была частью рукописи монографии «Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия», но при подготовке монографии к изданию эта глава была сокращена в связи с ограничением объема. Сейчас она публикуется отдельно, но как часть монографии (Примечание ред.).

При обычных ливневых дождях полного затопления поверхности склонов обычно не достигается, поэтому скорость реальной водопроницаемости всегда бывает ниже максимальной. Это доказывается тем, что скорость просачивания воды (максимальная водопроницаемость) на площадках, где уже провели дождевание, почти всегда значительно превосходит интенсивность предшествующего дождя, вызвавшего сток. И если бы во время дождей на склонах проявлялась в полной мере максимальная инфильтрационная способность почв, формирование дождевого стока наблюдалось бы очень редко.

Некоторые авторы применяют термины «напорная» или «безнапорная» инфильтрация, понимая под напорной, если вода просачивается в почву при наличии на поверхности сплошного слоя затопления той или иной толщины. Однако скорость инфильтрации определяется не напором, который изменяется незначительно (при напоре 1-3 см, или 0,0001-0,0003 атм., интенсивность просачивания остается практически неизменной), а именно площадью затопления, сплошного контакта воды с почвой, а также степенью уплотнения почвы и ее влажностью.

На увеличение затопления поверхности склона во время дождя и площади контакта слоя воды с почвой влияют следующие факторы: 1) степень рыхлости поверхностного слоя почвы; 2) выраженность нанорельефа и микрорельефа; 3) густота (и проективное покрытие) растительного покрова; 4) наличие степного войлока, лесной подстилки и вообще разнообразной мульчи; 5) увеличение интенсивности дождя до определенного предела (об этом сказано выше); 6) уменьшение крупности капель при большой частоте выпадения (при этом обеспечивается более равномерная и непрерывная подача воды). Во всех этих случаях увеличивается реальная инфильтрация воды на склоне и уменьшается сток (за исключением случая с увеличением интенсивности осадков). Некоторому уменьшению площади контакта воды с почвой (затопления) способствует увеличение уклона поверхности, и особенно повышенная крупность и кинетическая энергия капель.

При выпадении дождей с мелкой каплей поверхность почвы мало изменяется, и инфильтрация происходит с высокой скоростью. Ливневые же осадки с крупной каплей и с большой энергией механического удара разбивают структурные отдельности почвы, обуславливая разрушение крупных поверхностных полостей и некапиллярных пор и заиление мелких пор, заплывание и выравнивание поверхности при одновременном уплотнении поверхностного слоя, уменьшение емкости наноре-

льефа. Все это способствует снижению скорости инфильтрации (впитывания) и увеличению стока. Поэтому все факторы, противостоящие указанному разрушающему действию дождевых капель, сохраняют на более высоком уровне реальную инфильтрационную способность почвы. Сюда относятся всевозможная мульча, а также густота растительности, степень проективного покрытия ею поверхности.

Если после дождевания площадки крупнокапельным дождем, наложить на нее слой мульчи (например, измельченную солому), то при последующем аналогичном дождевании скорость инфильтрации существенно возрастет, а сток уменьшится (это установлено экспериментально). Это свидетельствует о том, что максимальная инфильтрационная способность почвы с уплотненной и выровненной дождем поверхностью находится на значительно более высоком уровне, чем реальная. Причем скорость просачивания на площадке с мульчей будет значительно выше в течение всего времени дождевания. Сняв мульчу, мы вновь уменьшим скорость реальной водопроницаемости; сток значительно возрастет. Как уже отмечалось, мульча обеспечивает сплошное затопление поверхности почвы (т.е. предельно увеличивает площадь контакта воды с почвой) и тем повышает ее инфильтрационную способность.

Возникает вопрос: в чем коренится причина того, что именно площадь затопления поверхности склона во время дождя определяет уровень реальной водопроницаемости почвы?

Мы считаем (автор, 1952, 1955), что при сплошном покрытии поверхности водою уже при ее слое незначительной толщины в работу по просачиванию включаются все, как некапиллярные, так и капиллярные поры, создается сплошной фронт просачивания, обуславливающий максимально возможную величину поступления воды в почву. Иная картина получается при прерывистом, в виде капель и брызг, поступлении воды на поверхность. В этом случае почвенные поры, по крайней мере в первое время, лишь частично занимаются водой, попеременно с воздухом, при этом создаются воздушные пробки, что значительно тормозит продвижение воды вниз.

Как уже отмечалось, на затопление поверхности склона (увеличение площади контакта воды с почвой) и, следовательно, на скорость реальной инфильтрации и сток прямо влияют интенсивность и продолжительность дождя. Его интенсивность может сильно отклоняться от средних значений и в отдельные моменты достигать или превышать

максимальную инфильтрационную способность почв. При всем этом в среднем возрастает как водопроницаемость, так и сток. При длительном дождевании (или естественном дожде), когда почва насыщается влагой на значительную глубину, инфильтрация превращается в реальную фильтрацию, имеющую практически постоянную скорость. Но и уровень реальной фильтрации имеет прямую связь с максимальной инфильтрацией и фильтрацией почвы, а также наличием мульчи, водопрочностью поверхностного слоя почвы (например, при внесении полимеров – структурообразователей он будет значительно выше), т. е. со всеми теми факторами, которые способствуют высокой сохранности реальной инфильтрационной способности почвы.

Сток воды по склону происходит, как известно, не в виде сплошной пелены, а ручьями, т.е. более или менее концентрированно, тем не менее, площадь контакта воды с почвой (покрытия поверхности) к низу склона увеличивается. Поэтому скорость реальной водопроницаемости в этом направлении несколько возрастает, происходит некоторая редукция стока, уменьшение его коэффициента. Наиболее четко этот процесс выражен на целине, менее четко – на многолетних травах и густопокровных культурах и наименее выражен на незащищенных участках, без растительности, где происходит быстрая концентрация стока в ручьи. В этом отношении важная роль принадлежит и форме склона: на склонах вогнутой формы сток менее концентрируется в ручьи и вода может стекать распластано, более интенсивно просачиваясь в почву, на выпуклых склонах происходит наибольшая концентрация стока в ручьи (особенно если изрежен или отсутствует растительный покров), склоны прямой формы занимают в этом отношении промежуточное положение. Увеличением реальной инфильтрации по мере продвижения к низу склона объясняется известный факт возрастания выщелоченности почв в том же направлении, особенно на вогнутых склонах.

Из вышеизложенного следует, что густой растительный покров и мульча способствуют тому, что крутизна склона теряет свое значение и не влияет на увеличение стока, так как в этом случае почти полностью реализуется максимальная инфильтрационная способность почвы. При проведении опытов с искусственным дождеванием установлено (А. Т. Барабанов, 1967; Г. П. Сурмач, 1976), что при низком срезе травы (на уровне поверхности) впитывающая способность почвы резко падает. С другой стороны, при искусственном дождевании площадок с ячменем (почва светло-каштановая), на которые внесли азотные и фосфорные

удобрения и получили различную густоту стеблестоя, выявилось, что на удобренных делянках, с более густым стеблестоем, коэффициент стока был в 1,4 раза и 1,7 раз ниже, а смыв почвы в 4 и 1,9 раза меньше, чем на контроле (Н. П. Борец, 1970; Г. П. Сурмач, 1977).

Таким образом, при внесении в почву удобрений (органических или минеральных) вместе с повышением урожая лучше используются атмосферные осадки. Это весьма важное обстоятельство следует иметь в виду как ученым, так и практикам сельского хозяйства.

С учетом изложенного, известное уравнение А. Н. Костякова (1960) для коэффициента водопоглощения (впитывания) применительно к впитыванию на склонах в реальных условиях естественных дождей (или при искусственном дождевании) можно написать в следующем виде (автор, 1962):

$$J_t = \frac{JV}{t^a d^n}, \quad (3.1)$$

где J_t – коэффициент впитывания в некоторый момент в реальных условиях выпадения дождей или искусственного дождевания площадок, мм/мин; J – интенсивность дождя, мм/мин; V – параметр, зависящий от степени выраженности и устойчивости нанорельефа, плотности растительного покрова, наличия мульчи и др. Может быть определен по кривой на основании опытов; t – время от начала опыта, мин; d – средний диаметр капель, мм; a – показатель степени, зависящий от характера почвы и определяемый по кривой на основании опытов; n – показатель степени, изменяющийся в пределах приблизительно от 0,5 до 0,25.

Вопрос о влиянии уклона на сток ранее подвергался отдельному анализу для дождевого и талого стока (автор, 1976, с. 155-158). Уклон оказывает некоторое влияние на дождевой сток, поскольку реальная водопроницаемость почв зависит от уклона. Его влияние в конечном счете сводится к сокращению площади затопления поверхности и следовательно, к уменьшению скорости впитывания воды. Непосредственно это выражается, во-первых, в сокращении емкости микро- и микрорельефа, которая связана обратной зависимостью с наклоном поверхности, и, во-вторых, с увеличением по мере возрастания уклона энергетической способности струй воды, разрушающих и сглаживающих микронеровности и тем самым уменьшающих площадь затопления. Все это снижает скорость впитывания воды и увеличивает сток. На незащищенных участках влияние уклона на сток больше, чем на защищенных.

Что касается талого стока, то поскольку скорость впитывания снеговых вод почвой мало зависит от нанорельефа поверхности и других факторов (контакт воды с почвой, ее затопление обеспечивается снежным покровом) и поскольку при этом мерзлая почва отличается пониженной впитывающей способностью, то можно считать, что уклон незначительно влияет или вовсе не влияет на величину (слой) стока талых вод, особенно в многоводные годы. Расчеты Е. А. Гаршинёва (1977), сделанные с использованием формулы П. А. Дудкина, подтвердили это. Указанные выводы в основном согласуются также с результатами анализа и представлениями Х. Х. Беннетта (1958), М. И. Львовича (1963) и других исследователей.

Нашими исследованиями также установлено (автор, 1955), что при частом выпадении стокообразующих дождей (ливней) в каждый последующий ливень уменьшается время от его начала до образования стока; одновременно резко увеличиваются интенсивность и коэффициент стока. Это объясняется набуханием влажной почвы (особенно если она имеет тяжелосуглинистый или глинистый механический состав) и сокращением ее порового пространства. Указанная закономерность подтвердилась в исследованиях других авторов.

В зависимости от агрофона, типа, подтипа и влажности почвы, интенсивности и продолжительности дождя коэффициент стока может варьировать в широких пределах; обычно при средних и сильных ливнях он колеблется в пределах от 0,10-0,15 до 0,30. Ливневый сток в 5-6 мм за короткое время при слабой защищенности полей способен вызвать сильные разрушения почвенного покрова (автор, 1955, с. 123-124; 1971, с. 63-67).

Интенсивность и продолжительность ливней, определяющие слои осадков и слои ливневого стока, а следовательно и их эрозионную опасность, возрастают в юго-западном направлении (Украина, Молдавия), что нашло отражение на соответствующих картах ГГИ (1979). Эта же тенденция прослеживается и в показателях эрозионных индексов дождевых осадков (М. Н. Заславский, 1983). Однако в дальнейшем нас будет больше интересовать слой дождевого стока, так как наша модель смыва (о ней будет сказано дальше) построена именно с учетом этого показателя.

В связи с рассмотрением вопроса формирования ливневого стока, следует напомнить здесь о некоторых приемах его регулирования на сельскохозяйственных полях (автор, 1977).

Это – своевременное проведение культивации чистых паров поперек склона, не допуская образования поверхностной корки и перерастания сорняков, иссушающих почву. Это – устройство в ливнеопасный период после каждой культивации пара на крутых отрезках склона наклонных водоотводящих борозд через 50-100 м (в зависимости от уклона) для предотвращения сильного смыва. Это – создание водозадерживающего нанорельефа на пропашных, являющегося постоянно действующим фактором реальной инфильтрации осадков. Это – (как уже отмечалось выше) внесение в почву под разные сельскохозяйственные культуры удобрений, способствующих лучшему росту и развитию растений и, следовательно, более интенсивному впитыванию осадков на месте их выпадения.

Попытаемся теперь применить некоторые закономерности влияния факторов реальной водопроницаемости почв в теплое время года к процессам, происходящим при впитывании талых вод в мерзлую почву. Особенности впитывания талой воды обуславливаются явлениями двух порядков: пониженной инфильтрационной способностью мерзлой почвы и наличием на ней снежного покрова. Снежный покров, обладая водоудерживающей способностью, обеспечивает во время снеготаяния почти сплошное затопление поверхности почвы водой и играет роль постоянно действующего фактора впитывания (инфильтрации). Именно поэтому такие факторы реальной водопроницаемости, как нанорельеф и микрорельеф пашни, густота растительного покрова, уклон поверхности, обуславливающие затопление поверхности во время дождя, в период снеготаяния почти не действуют или действуют слабо. Они начинают оказывать свое влияние лишь после частичного обнажения почвы из-под снега, например, роль нано и микрорельефа зяблевой пахоты сводится к задержанию талой воды на завершающем этапе снеготаяния в соответствии с его емкостью. В этом коренится одна из основных причин того, что нано и микрорельеф пашни играет небольшую роль в задержании талых вод.

3.2. Формирование и распределение стока талых вод на территории лесостепных и степных районов европейской части России.

Карты среднего стока

Сток представляет собой одну из статей водного баланса, относительная значимость которой существенно изменяется по годам.

Проблема количественного учета и картирования поверхностного снегового стока очень обширна, многосторонняя и сложна. Изучением стока с различных сельскохозяйственных угодий занимались научно-исследовательские и опытные учреждения нашей страны – ГТИ, ИГ АН СССР, ВНИАЛМИ, ВНИИГиМ, НИИСХ ЦЧП и Гидрометеобсерватория «Каменная степь», Почвенный Институт им. Докучаева, Саратовский СХИ, ВНИИЗиЗПЭ и другие, и этой проблеме посвящено много работ.

Поверхностный сток талых вод является результатом сложного взаимодействия различных природных и хозяйственных факторов: гидрометеорологических (осадки, температура воздуха и др.), почвенных и обусловленных рельефом (тип, механический состав, степень смывности, глубина промерзания почв, экспозиция склонов и др.), организационно-хозяйственных и агротехнических (вид сельскохозяйственных угодий, глубина зяблевой вспашки или другой обработки и др.). Его количественная характеристика во времени и пространстве может быть дана лишь на основе многолетних экспериментальных данных, полученных балансовым методом с применением стоковых площадок, позволяющих выявить закономерности его формирования, с последующим применением статистических методов.

Важнейшими факторами, определяющими величины стока со склонов, являются предзимнее увлажнение почвы, температурный режим зимы, наличие сильных оттепелей, обусловливающих дополнительное поступление влаги в почву, сумма осадков и их распределение во времени (по месяцам) и др. Они определяют глубину промерзания почвы при различной ее насыщенности влагой и в конечном счете ее водопроницаемость в мерзлом состоянии, а следовательно и размеры стока. При слабом или умеренном увлажнении почвы в предзимний период и отсутствии оттепелей, почва, независимо от глубины промерзания (проникновения отрицательных температур), бывает способна хорошо поглощать талую воду (особенно на зяби), и сток формируется очень слабый или полностью отсутствует. Если же почва уходит в зиму в сильноувлажненном состоянии (на глубину 40-50 см и больше) или дополнительно увлажняется во время оттепелей с последующим замерзанием, после чего снова выпадают обильные твердые осадки, то в таких случаях формируется сильный и очень сильный сток.

В связи с изменением климата и гидрометеорологических условий по мере продвижения на юг и юго-восток от дерново-подзолистых и се-

рых лесных почв к черноземам и каштановым почвам средняя величина стока с зяби довольно резко уменьшается, а с уплотненной пашни (озимые, многолетние травы, стерня) – более постепенно. Так, соотношение средних многолетних коэффициентов стока с уплотненной пашни и с зяби $\frac{K_{п}}{K_{р}}$ на подзолистых и серых лесных почвах колеблется в пределах 1,22-1,37, на выщелоченных черноземах Курской области и обыкновенных черноземах Воронежской области (Каменная степь) оно составляет около 2,0, на черноземах Куйбышевской области (Тимашевский опорный пункт, Поволжская АГЛЮС) около 4,5-5,0 и на светло-каштановых почвах под Волгоградом около 3,7-4,0 (автор, 1961, 1976). Соотношение годовых величин и коэффициентов стока может варьировать в значительно более широких пределах.

В настоящее время в связи с необходимостью проектирования на землях колхозов и совхозов комплексов противоэрозионных мероприятий на расчетной основе нужен метод определения слоев склонового стока с зяби и уплотненной пашни различной обеспеченности, притом для разных почв. Для этого необходимо составить карты изолиний среднего весеннего стока и найти соответствующие модульные и другие коэффициенты, которые позволяли бы проводить указанное определение. Существующие карты изолиний весеннего стока составлены на основе речного стока (карты весеннего стока Д. Л. Соколовского, ВСН 04-77, 1979) или на основе местного стока (карта изолиний И. П. Сухарева, 1976). Характерной особенностью этих карт является то, что они отображают интегральный средний слой стока (или той или иной обеспеченности) с различных по почвенным и другим условиям водосборных площадей без дифференциации по основным сельскохозяйственным угодьям (зять, уплотненная пашня). Исключением (в отношении учета угодий) является карта среднего весеннего стока с зяби и уплотненной пашни (масштаб 1:23000000), составленная Н. И. Коронкевичем и Е. П. Чернышевым (1976), на основе привязки величин весеннего поверхностного стока к среднему многолетнему речному стоку за половодье. Однако ввиду мелкого масштаба, а также отсутствия дифференциации стока по типам почв, ее трудно использовать для определения стока в целях расчетов смыва на склонах в конкретных хозяйствах.

Нами впервые была предпринята попытка составления для ЦЧР карты изолиний среднего весеннего стока и стока различной обеспеченности с зяби на основе обобщения многолетних эксперименталь-

ных данных по стоку, полученных в разных пунктах европейской части РСФСР (автор, 1979). При усовершенствовании метода расчета стока для лучшего учета влияния почвенных условий и рельефа на величину стока мы руководствовались следующим основополагающим принципом. Было принято, что рельеф и почвенный покров практически повсеместно одинаковые (черноземы выщелоченный, типичный, обыкновенный), и весенний сток изменяется в направлении с севера на юг и юго-восток лишь под влиянием климатических условий. В этом случае изолинии среднего весеннего стока должны проходить на карте параллельно между собой, отображая уменьшение стока в указанном направлении. Такая карта позволяет (при наличии соответствующих коэффициентов) рассчитать средний или нужной обеспеченности сток со склонов при различном распределении (мозаике) почвенного покрова на любом участке территории.

Нами составлены уточненные карты изолиний среднего весеннего стока, в целях построения комплекса противоэрозионных мероприятий и для других целей. В основу карт положены результаты экспериментальных исследований стока балансовым методом с применением преимущественно стоковых площадок, а также малых (ложбинных) водосборов, с охватом различных сельскохозяйственных угодий. Мы взяли в качестве опорных (реперных) многолетние экспериментальные данные по стоку с зяби и уплотненной пашни, полученные разными научно-исследовательскими учреждениями страны в пяти различных пунктах. Нами использованы материалы Новосильской агролесомелиоративной опытной станции (АГЛОС) им. А. С. Козменко, Орловской области, за период 1959-1976 гг., характеризующие сток талых вод на серых лесных почвах (А. Т. Барабанов, 1977; Е. А. Гаршинёв и др., 1979; А. С. Козменко, А. Д. Ивановский, 1953; А. И. Петелько, 1978; Г. П. Сурмач, 1976; Г. П. Сурмач, А. Т. Барабанов, 1977; Г. П. Сурмач, А. Т. Барабанов, Е. А. Гаршинёв, 1977); данные Института географии АН СССР (водный баланс основных экосистем Центральной лесостепи; А. М. Грин, 1965; А. М. Грин и др., 1965; Е. П. Чернышев, 1970, 1974), Почвенного института им. Докучаева (Л. П. Гавриленко, В. Г. Гусаров, 1977), ВНИИЗиЗПЭ (Е. А. Гаршинёв и др., 1979; А. И. Крупчатников, 1974, 1976; М. М. Ломакин, В. М. Кочедыков, 1978; Г. Н. Лысак и др., 1973; Г. П. Сурмач, Т. Л. Исаева, 1981), Курской зональной опытно-мелиоративной станции (КЗОМС) (П. И. Аксенов, 1965, 1969; Э. Д. Введенская, 1965), Кур-

ской сельскохозяйственной опытной станции (Г. А. Поршнева и др., 1973), Курского СХИ (П. А. Стариченко, 1969), и др. по Курской области, которые характеризуют сток на типичных и выщелоченных черноземах и серых лесных почвах за период 1959-1975 гг.; данные по стоку, полученные на обыкновенных черноземах Каменной степи, Воронежской области, в период 1952-1975 гг. (В. Н. Каулин, 1965; И. П. Сухарев, 1966, 1976; И. П. Сухарев, Е. И. Сухарева, 1957; П. С. Трегубов, И. И. Кончаков, 1977; И. А. Шевченко, 1962), на типичных и обыкновенных черноземах Тимашевского опорного пункта и Поволжской АГЛОС Куйбышевской области за 1952-1976 гг. (В. И. Панов, 1975; В. И. Панов, Г. П. Сурмач, 1975; Г. П. Сурмач, 1976), на светло-каштановых почвах Волгоградского опытного хозяйства ВНИАЛМИ за 1949-1975 гг. (Г. С. Бобров, 1959; Ю. Н. Коблев, 1961; Г. П. Сурмач, 1976).

Для продления рядов наблюдений за стоком в период 1971-1976 гг. на Новосильской АГЛОС, Поволжской АГЛОС и в Волгоградском опытном хозяйстве ВНИАЛМИ были использованы данные научных отчетов ст. научных сотрудников А. И. Петелько, Н. Е. Новикова, В. И. Панова, И. Г. Зыкова. В качестве вспомогательных использованы материалы Валдайской научно-исследовательской гидрологической лаборатории и ГГИ (дерново-подзолистые почвы разного механического состава (С. В. Басс, 1963). Придеснянского опорного пункта по борьбе с оврагами и Придеснянской стоковой станции, Черниговской области (серые лесные легкосуглинистые почвы) (А. И. Гончар, 1958; А. М. Грин, 1965; Л. Г. Онуфриенко, 1959), Нижнедевицкой воднобалансовой станции, Воронежской области (типичный чернозем), Дубовской научно-исследовательской гидрологической лаборатории (ДНИИГЛ) и ГГИ, Ростовской области (каштановые почвы) (А. И. Чеботарев, С. И. Харченко, 1962), Научно-исследовательского института сельского хозяйства Юго-Востока (П. Г. Кабанов, 1938) и Саратовского сельскохозяйственного института (южные черноземы) (И. А. Кузник, А. В. Лысов, 1974; А. В. Лысов, П. Н. Проездов, 1983), Энгельской гидромелиоративной опытной станции (И. А. Кузник, 1962) и Института географии АН СССР по Ершовскому району, Саратовской области, (темнокаштановые почвы (М. И. Львович, 1963; Г. В. Назаров, 1957), Камышинского лесомелиоративного опытного пункта, Волгоградской области, (темно-каштановые почвы (Г. П. Сурмач, 1976; А. П. Шапошников, 1947) и других учреждений.

Отметим, что ранее опубликованные нами материалы Новосильской АГЛОС и Поволжской АГЛОС (автор, 1976) подверглись дополнительному анализу и за отдельные годы откорректированы преимущественно в сторону увеличения. Корректировка производилась в следующих случаях: 1) когда явно увеличенное изъятие снега лесными полосами (или по другим причинам) указывало на уменьшение фактического стока. При этом осуществлялась приводка с учетом коэффициентов стока, а в других случаях, при наличии двух или нескольких измерений на стоковых площадках, принималось измерение с большим стоком; 2) когда требовалось частично учесть повышенный сток из ложбин (с признаками явного смыва в них), которые обычно не включаются в состав стоковых площадок; 3) когда имеются сведения о стоке только с глубокой зяблевой пахоты, и его требуется привести к условиям нормальной (20-22 см) вспашки (или из параллельных наблюдений взять сток с варианта со вспашкой на нормальную глубину); 4) когда сток для уплотненной пашни был взят из наблюдений на площадках с заборонованной зябью, дающей пониженные его показатели по сравнению с озимыми, и в некоторых других случаях. Кроме того, нами восстановлены расчетным способом годовые величины стока с уплотненной пашни для Каменной степи, Воронежской области, за период 1966-1978 гг., на основании данных за этот период по Курской области и исходя из соотношения среднегодового стока с уплотненной пашни по двум областям за предшествующий более многоводный период 1959-1965 гг. Это позволило удлинить ряд годовых величин, включив период, характеризующийся несколько меньшей водностью.

На основании многолетних рядов годовых величин стока с зяби и уплотненной пашни нами построены эмпирические кривые обеспеченности стока для вышеуказанных пяти гидрологических опорных пунктов (рис. 3.1 и 3.2). Эти кривые отображают в обобщенном виде фактическое распределение стока во времени и пространстве.

Среднемноголетние величины стока с указанных сельскохозяйственных угодий, приведенные к одинаковым почвенным условиям (слабовыщелоченный, типичный и обыкновенный черноземы) нанесены на карты в виде идеализированных параллельных изолиний, отображающих уменьшение стока в направлении с севера на юг и юго-восток (рис. 3.3 и 3.4).

Исследования последних десятилетий показали, что на склонах северной экспозиции в большинстве случаев формируется значительно

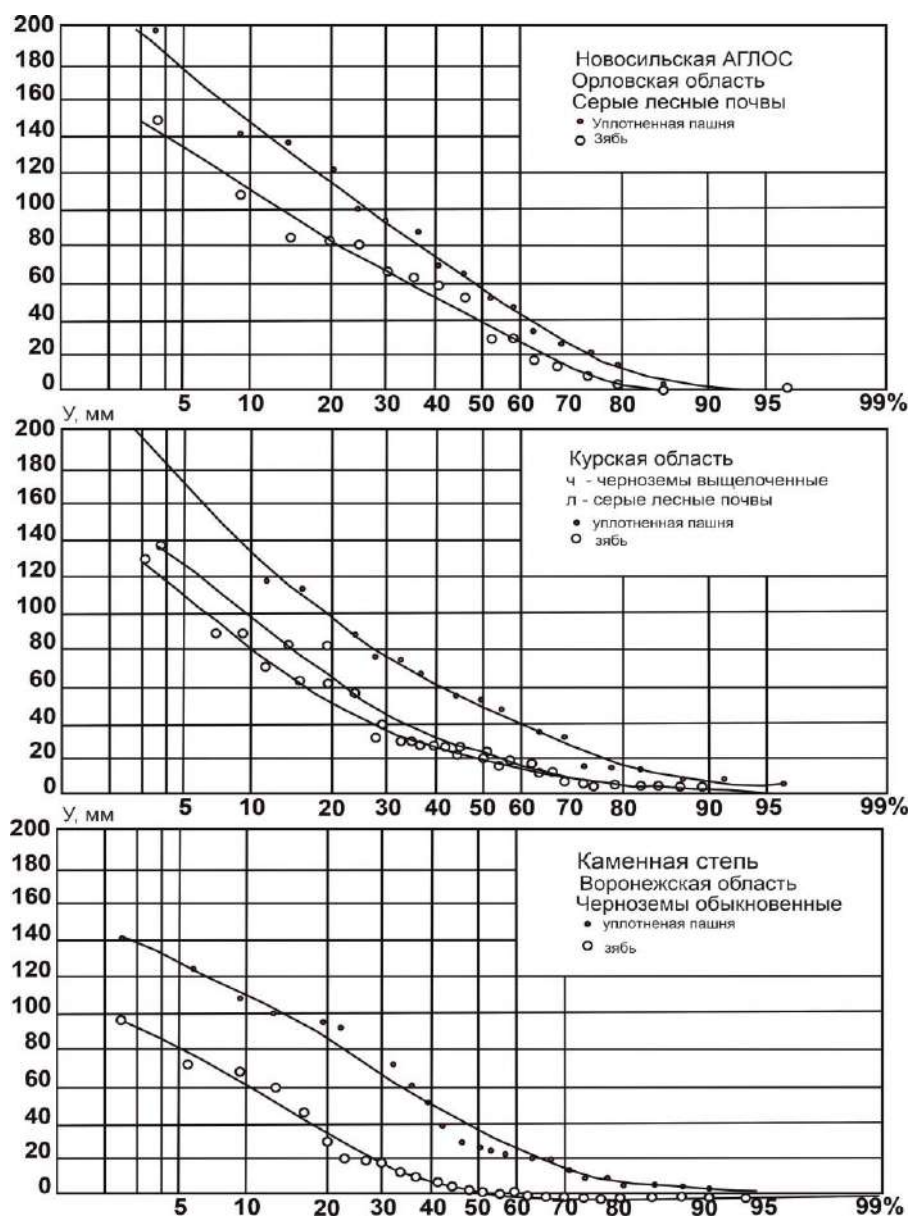


Рис. 3.1. Кривые обеспеченности стока (Новосильская АГЛОС, Орловской области; Курская область; Каменная степь Воронежской области)

большой сток (особенно с зяби), чем на южной. Так, согласно данным ИГ АН СССР (Е. П. Чернышев, 1974), сток с зяби на северном склоне (почва – выщелоченный чернозем Курской области) в среднем за 1966-1970 гг. составил 51,5 мм, а на южном 21,1 мм (в 1966 и 1968 гг. сток с зяби практически отсутствовал), со стерни соответственно 102,2 и 87,6 мм. В. С. Буруменский (1979), обобщая эти данные и приняв, что полусумма слоев стока со склонов северной и южной экспозиции равна слою стока в отдельности со склонов нейтральной (восточной и западной) экспозиции, вывел поправочные коэффициенты на экспозицию K_3 , которые изменяются в зависимости от водности года. Материалы наших с Т. Л. Исваевой (автор, 1981) 5-летних (1976-1980 гг.)

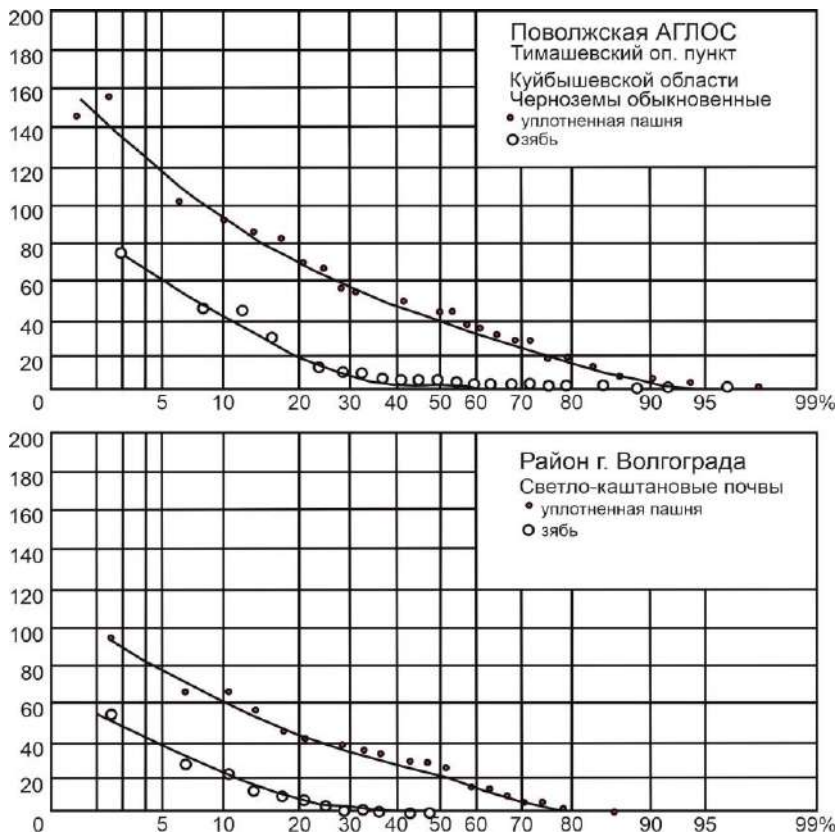


Рис 3.2. Кривые обеспеченности стока (Поволжская АГЛОС Куйбышевской области, район г. Волгограда)

исследований формирования стока на рассеивающем водосборе позволили глубже проанализировать этот вопрос и с учетом коэффициентов В. С. Буруменского дать уточненные поправочные коэффициенты для корректировки стока со склонов северной и южной экспозиции (табл. 3.1).

Как видно, поправочные коэффициенты дифференцированы в зависимости от особенностей строения склонов. При этом их значения для северных склонов сравнительно мало отличаются от единицы, а для южных – имеют довольно резкие отличия. Это означает, что индекс (и интенсивность) воздействия основных гидрометеорологических (частично и почвенных) факторов стокообразования (предзимнее увлажнение почвы, мощность снежного покрова и запасы воды в снеге, интенсивность снеготаяния и др.) на северных склонах мало отличается от условно принятого за единицу соответствующего индекса (воздействия) для восточных и западных склонов, в то время как на южных склонах индекс их воздействия намного слабее, что обуславливает значительно более слабое стокообразование на них. Отсюда следует неравенство:

$$y_c + y_{ю} < y_в + y_з \quad (3.2)$$

$$\frac{y_e + y_{ю}}{2} < y_{в} + y_{з}, \quad (3.3)$$

т. е. суммарный объем стока со склонов восточной $U_{в}$ и западной $U_{з}$ экспозиций значительно превышает его суммарный объем с северных $U_{с}$ и южных $U_{ю}$ склонов.

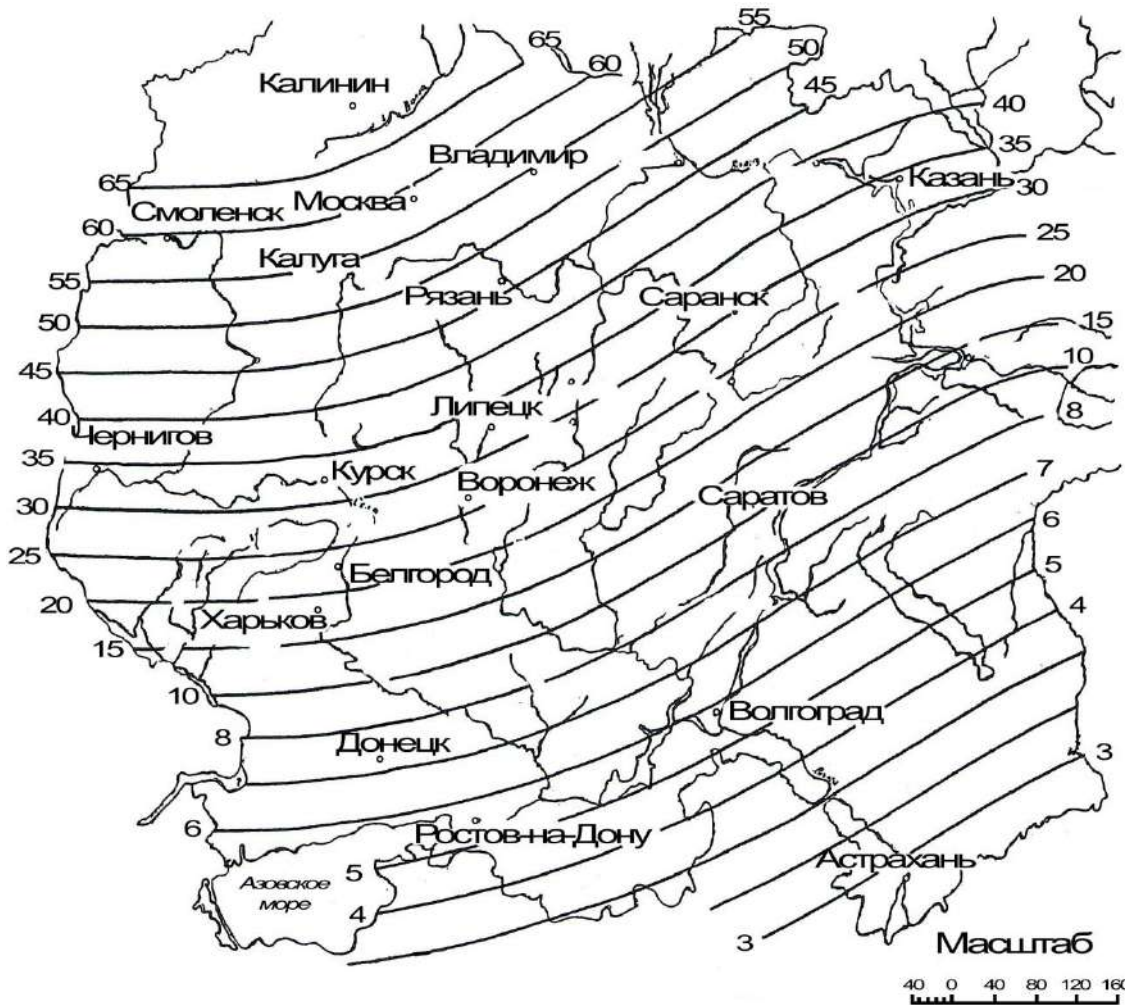


Рис. 3.3. Карта изолиний среднего весеннего стока с зяби, приведенного к условиям типичного и обыкновенного черноземов (составил Г. П. Сурмач)

Следует подчеркнуть, что годовые величины стока, на основе которых построены кривые обеспеченности и составлены карты изолиний среднего весеннего стока, в необходимых случаях корректировались с учетом вышеприведенных поправочных коэффициентов, т.е. по возможности приводились к стоку со склонов нейтральной экспозиции. Эта корректировка коснулась главным образом эксперимен-

тальных данных ИГ АН СССР, которые получены преимущественно на склонах северной и северо-западной экспозиции. В других гидрологических опорных пунктах годовые величины стока получены главным образом на склонах западной и восточной или близкой к ним экспозиций и в такой корректировке не нуждаются.

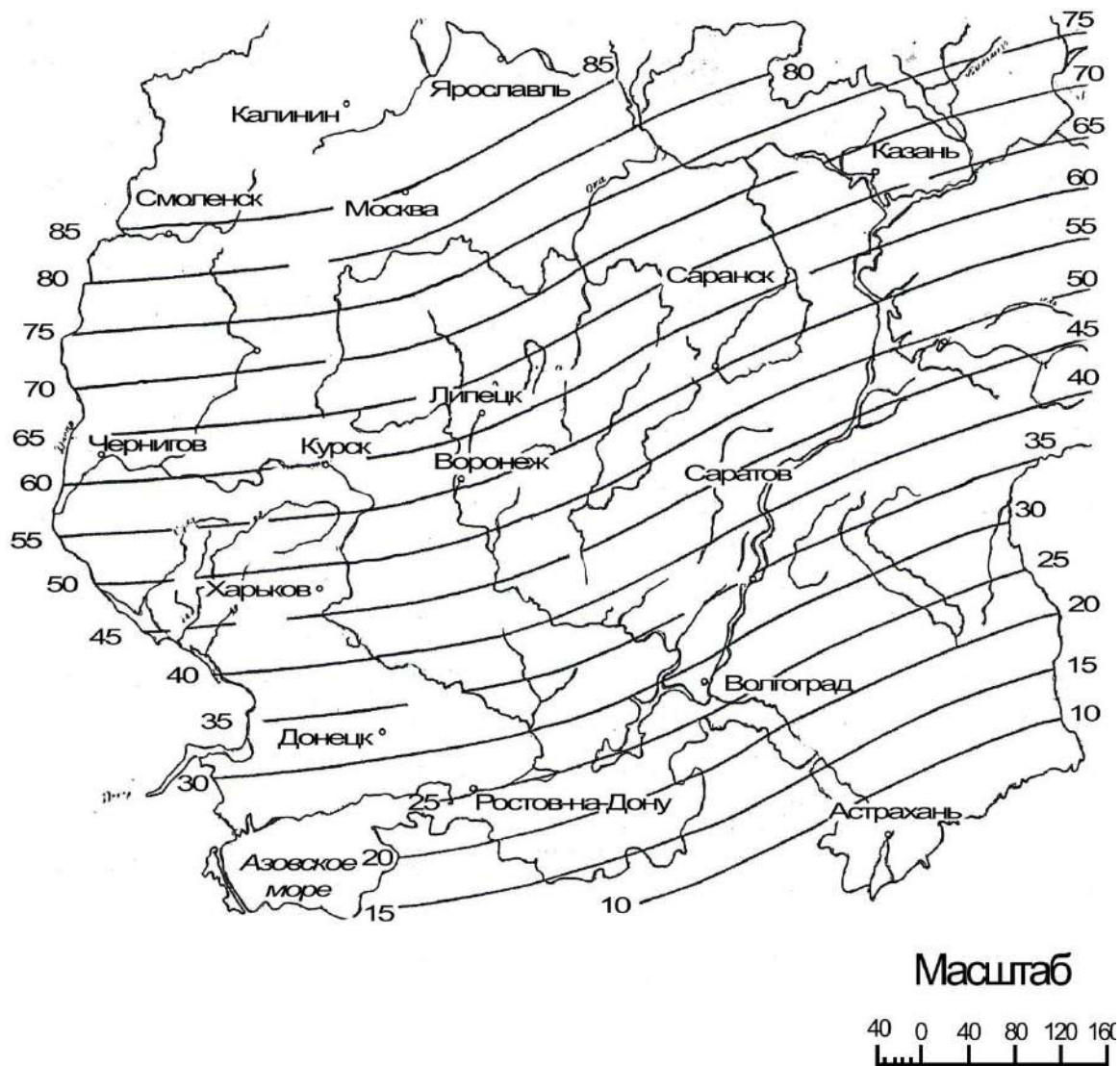


Рис. 3.4. Карта изолиний среднего весеннего стока с уплотненной пашни (озимые, многолетние травы, стерня), приведенного к условиям типичного и обыкновенного черноземов (составил Г. П. Сурмач)

Таким образом, на кривых обеспеченности и на картах изолиний среднего весеннего стока показан сток со склонов нейтральной экспозиции, и при его снятии с карт (в расчете на ту или иную обеспечен-

ность) и распределении на склоны южной экспозиции (а в некоторых случаях и северной) необходимо применять соответствующие поправочные коэффициенты (см. табл. 3.1.).

Таблица 3.1

Поправочные коэффициенты K_{Σ} для корректировки стока со склонов северной и южной экспозиции (коэффициенты для восточных и западных склонов принимаются равными единице)

Экспозиция	Северная			Южная		
Обеспеченность стока, %	10	25	50	10	25	50
<i>I. Противолежащие склоны имеют слабо- и умеренновыраженное асимметричное строение</i>						
K_{Σ}	1,08	1,10	1,12	0,83	0,80	0,75
<i>II. Противолежащие склоны имеют резковыраженное асимметричное строение</i>						
K_{Σ}	1,08	1,10	1,12	0,74	0,70	0,62
<i>III. Водосборы рассеивающего типа (склоны с разносторонним падением)</i>						
K_{Σ}	1,0	1,0	1,0	0,83	0,80	0,75

Остановимся на некоторых особенностях формирования и на соотношении стока со склонов (склонового) и с водосборов лощин и балок (местного).

Сток со склонов при прочих равных условиях может колебаться по годам в значительно более широких пределах, чем с целых водосборов лощин и балок: в многоводные годы со склонов он может быть больше, а в маловодные – меньше, чем с балочных водосборов. Это связано главным образом с тем, что в водоотводящих ложбинах, протяжинах и лощинах накапливаются повышенные запасы снега, которые в маловодные годы способствуют увеличению стока, а в многоводные, благодаря лучшей защищенности почвы от промерзания и более интенсивному водопоглощению, его уменьшению. В некоторые годы наблюдается такая картина, когда сток с зяби практически отсутствует (особенно в более южных районах), а с уплотненной пашни он довольно сильный, и уровень водности для рыхлой и уплотненной пашни во времени зачастую не совпадает, например, в Каменной степи в 1956 г. сток с зяби равнялся 4,5 мм, а с озими 100 мм; аналогичная картина наблюдалась в 1951, 1958, 1959, 1964 и в другие годы. В таких случаях местный сток с водосборов формируется преимущественно за счет стока с уплотненной пашни и угодий на гидрографи-

ческой сети. Все это существенно влияет на соотношение величин склонового и местного стока, кривые обеспеченности местного стока при прочих равных условиях проходят более полого по сравнению с кривыми склонового, так как местный сток малой обеспеченности (10% и меньше) значительно меньше, а высокой (обеспеченность 40-50%) больше, чем склоновый.

Мы считаем, что многолетние ряды годовых величин стока, которые получены на опорных гидрологических пунктах с применением стоковых площадок, являются достаточно представительными, автономными, дающими наиболее объективную характеристику склонового стока во времени в данном районе. Как уже отмечалось, средние показатели стока с зяби и уплотненной пашни закономерно уменьшаются с севера на юг и юго-восток. Однако годовые его показатели могут колебаться в весьма широких пределах, в годы с нормальным распределением сток изменяется на территории, следуя той же тенденции, как и среднемноголетний. В годы с равномерным распределением на обширных пространствах степной и лесостепной зон формируется приблизительно одинаковый, как правило, незначительный сток с зяби (или полностью отсутствует). Встречаются также годы с неравномерным распределением стока, когда в той или иной части территории формируются зоны высокой (или повышенной) водности, при слабом стоке на смежных территориях (инверсия стока) (автор, 1976). Эти зоны имеют широтное или долготное простираение. Так, например, в 1956 г. зона высокой водности обмечалась в Саратовской (Саратов-Ершов), а также в Воронежской областях, где сток с зяби достигал 75 мм; далее на север и на юг сток резко уменьшился до 10-5 мм. В 1957 г. громадный сток наблюдался в Куйбышевской области (до 140 мм и больше), в Саратовской области он снизился до 30-40 мм, а в Волгоградской до 5 мм. В 1963 г., наоборот, наибольший сток с зяби сформировался на светло-каштановых почвах под Волгоградом, а также в Воронежской области (до 60-80 мм), и по мере продвижения на север резко уменьшился. В Куйбышевской области этот год был исключительно маловодным (сток с зяби полностью отсутствовал, с уплотненной пашни был незначительный или отсутствовал). 1959, 1960, и особенно 1967 годы в Орловской и Курской областях были весьма многоводными, а в Куйбышевской области в эти годы сток с зяби полностью отсутствовал. В 1966 и 1968 гг. имела место обратная картина: в Куйбышевской области на зяби сформиро-

вался довольно сильный сток, а в Орловской он практически отсутствовал. Таким образом, чередование многоводных и маловодных весен в многолетнем ряду в разных значительно удаленных друг от друга пунктах страны происходит автономно, в соответствии с региональной (местной) спецификой гидрометеорологических условий. Поэтому было бы неправильно осуществлять прямое удлинение рядов наблюдений за стоком в одних пунктах за счет подключения наблюдений из других пунктов.

Таким образом, поверхностный сток, учтенный непосредственно на стоковых площадках, при их достаточном количестве, наиболее полно отображает истинную картину его формирования на склонах разной экспозиции с теми или иными агрофонами, поэтому в первую очередь требуется его картографическое обобщение.

Изолинии среднемноголетнего весеннего стока (по данным вышеуказанных пяти гидрологических пунктов страны) показывают его уменьшение в южном и юго-восточном направлении на каждые 5 мм слоя на пространстве около 69 км для зяби и около 73 км для уплотненной пашни. Юго-восточнее изолинии, проходящей вблизи Саратова, сток с зяби на том же пространстве уменьшается более постепенно – на 2-1 мм и меньше.

Смена типов и подтипов почв, а также изменение их механического состава безусловно влияют на показатели стока, однако на карте трудно (почти невозможно) отобразить изолиниями сток с учетом мозаики почвенных условий. Это и нецелесообразно. Как уже отмечалось, карты составлены исходя из допущения, что почвенный покров средней полосы европейской части страны, включая лесостепную и южную часть лесной зоны, представлен слабовыщелоченными, типичными и обыкновенными черноземами, на которых при прочих равных условиях формируется приблизительно одинаковый сток (мы полагаем, что варьирование стока, талых вод внутри подтипов, в связи с особенностями их водно-физических свойств, может происходить в таких же пределах, как и между подтипами черноземов). Принято также, что и на южных черноземах и каштановых почвах в сходных условиях формируется такой же сток (экспериментальные данные в настоящее время не позволяют выявить в этом отношении какие-то отличия).

На основании фактических данных о стоке на черноземах и серых лесных почвах Курской области (беря в основу его соотношение) и на серых лесных почвах Орловской области нами разработаны для серых

лесных, дерново-карбонатных и других почв поправочные коэффициенты (табл. 3.2), позволяющие переходить к действительному стоку на этих почвах. Например, средний слой стока с зяби на серых лесных почвах в районе Новосильской АГЛОС, Орловской области, где проходит изолиния со значением 40 мм, равняется $40 \times 1,12 = 45$ мм. Эта средняя величина стока получена на станции на основании экспериментальных данных. Получены также коэффициенты, учитывающие влияние механического состава почв. При этом использованы материалы по лесной зоне, обобщенные С. В. Бассом (1963), результаты исследований стока, проведенных А. А. Молчановым (1960) на песчаных почвах Мещерской низменности (Рязанская область), а также результаты анализа данного вопроса, сделанного нами ранее (автор, 1976).

В более северных районах страны изолинии среднего весеннего стока с зяби и уплотненной пашни нанесены на карты и коэффициенты перехода от черноземов к светло-серым лесным и дерново-подзолистым почвам рассчитаны путем экстраполяции с учетом темпов возрастания стока в соседнем более южном районе и с учетом имеющихся экспериментальных данных (С. В. Басс, 1963; И. И. Жигалов, 1965; Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик... 1979; З. А. Кузнецова, 1958).

В дальнейшем эти показатели могут быть уточнены.

Сопоставим показанные на картах средние слои стока с аналогичными его величинами в разных пунктах страны, где более или менее длительное время изучали сток (эти пункты мы рассматриваем как вспомогательные). Средняя за 20 лет (1953-1955 гг. и 1963-1980 гг.) величина стока с зяби, полученная на стоковоэрозионном стационаре Саратовского сельскохозяйственного института, находящемся в 30 км северо-западнее г. Саратова (южный чернозем), согласно данным И. А. Кузника и А. В. Лысова, составляет около 10 мм, а с уплотненной пашни около 35 мм, по картам изолиний средние его слои равняются соответственно около 11 мм и около 44 мм. Несколько меньшие средние значения стока по сравнению с картой можно объяснить пониженной водностью последнего 10-летнего периода. Согласно экспериментальным данным П. Г. Кабанова (1938), средний за 12-летний период (1924, 1927-1937 гг.) сток с зяби (в те годы ее пахали на меньшую глубину) на водосборе с южным черноземом (под Саратовом) составил около 25 мм, а с озимых и бросовой залежи около 50 мм (распределение стока по угодьям сделано нами, он значительно превышает соответствующие средние слои), показанные на карте.

Таблица 3.2

**Поправочные коэффициенты к среднему весеннему стоку
с зяби и уплотненной пашни для различных почв**

Наименование почв	Зябь	Уплотненная пашня
<i>Средне- и тяжелосуглинистые почвы</i>		
Чернозем мощный тучный	0,90	
Чернозем выщелоченный, типичный обыкновенный, южный и каштановые почвы	1,00	1,00
Чернозем оподзоленный	1,05	1,03
Темно-серая лесная	1,08	1,03
Серая лесная и дерново-карбонатная	1,12	1,05
Светло-серая лесная	1,18	1,10
Дерново-подзолистая	1,20	1,10
<i>Легкосуглинистая</i>		
Дерново-подзолистые и серые лесные почвы лесной зоны	0,90	0,95
Серые лесные и черноземные почвы северной лесостепи	0,95	0,95
Черноземы и каштановые почвы южной лесостепи и степной зоны	1,00	0,95
<i>Супесчаные и песчаные</i>		
Дерново-подзолистые и серые лесные почвы лесной зоны	0,50	0,60
Серые лесные и черноземные почвы северной лесостепи	0,80	0,75
Черноземы и каштановые почвы южной лесостепи и степной зоны	1,00	0,85
<i>Глинистые, щебенистые суглинки</i>		
Дерново-подзолистые и серые лесные почвы лесной зоны	1,20	1,10
Серые лесные и черноземные почвы лесостепи	1,25	1,15
Черноземы и каштановые почвы степной зоны	1,30	1,20

По данным Нижнедевицкой воднобалансовой станции ГГИ Воронежской области (находится в 65 км на запад от г. Воронежа), средний за 1959-1969 гг. (без 1967 г.) сток с зяби (определен на водосборах Малютка и М. Репный) равняется 32,8 мм, а с уплотненной пашни 69,4 мм, а по картам изолиний соответственно около 26 мм и около 55 мм. Значительное превышение наблюдаемого стока в данном случае объясня-

ется большей водностью указанного периода по сравнению с последующим периодом, за который сведений о стоке не имеется. (В связи с этим отметим, что во всех районах, где расположены основные гидрологические опорные пункты, последний 8-10-летний период характеризовался меньшей водностью по сравнению с предшествующим, за исключением его водности по стоку с зяби в Курской области).

Согласно экспериментальным данным Придеснянского опорного пункта (почвы – легкосуглинистые серые лесные) средний за 20 лет (1928-1961 гг., с перерывами) сток с зяби составляет 36 мм, с уплотненной пашни 54 мм (А. И. Гончар, 1958; А. М. Грин, 1965; Л. Г. Онуфриенко, 1959). Эти слои, с учетом механического состава почв, близки к слоям, показанным изолиниями на картах для данного района. Отображаемые изолиниями средние слои стока хорошо согласуются также с данными Института Географии АН СССР по Саратовскому Заволжью, обобщенными М. И. Львовичем (1963), с материалами 12-летних исследований, проведенных на Камышинском опытном пункте Волгоградской области (Г. П. Сурмач, 1976; А. П. Шапошников, 1947), с 10-летними данными Дубовской научно-исследовательской гидрологической лаборатории и ГГИ (А. И. Чеботарев, С. И. Харченко, 1962) и др. Все это свидетельствует о том, что представленные карты изолиний достаточно правильно отражают картину формирования стока.

На основе кривых обеспеченности стока с зяби и уплотненной пашни, построенных по экспериментальным данным, полученным в вышеуказанных пяти основных гидрологических пунктах страны, нами вычислены модульные коэффициенты K по формуле:

$$K = \frac{y}{\bar{y}}$$

где y – ординаты кривых обеспеченности стока, мм; \bar{y} – средние величины стока с зяби и уплотненной пашни (они показаны изолиниями на картах), мм.

Модульные коэффициенты представлены в таблицах 3.3. и 3.4. На пространстве между опорными гидрологическими пунктами Курской и Орловской областей эти коэффициенты для черноземов рассчитывались на основе пропорции:

$$K^{чo} = \frac{K^{чк} \cdot K^{ло}}{K^{лк}}, \quad (3.5)$$

где $K^{чo}$ и $K^{чк}$ – модульные коэффициенты для черноземов Орловской и Курской областей, $K^{ло}$ и $K^{лк}$ – модульные коэффициенты для серых лесных почв тех же областей. Севернее изолинии 50 мм (см. карту изо-

Таблица 3.3

Модульные коэффициенты для перехода от средней величины стока с зяби к стоку различной обеспеченности

Средние величины стока на карте изолиний, мм	Почва	Обеспеченность стока												
		5	10	20	25	30	40	50	60	75	80			
3	Черноземы, каштановые	6,79	4,22	1,33	0,86	0,58	0,23	0	0	0	0	0	0	0
4	" -	6,55	4,11	1,39	0,91	0,61	0,25	0	0	0	0	0	0	0
6	" -	6,10	3,90	1,53	1,02	0,68	0,30	0	0	0	0	0	0	0
8	" -	5,68	3,70	1,68	1,14	0,76	0,36	0,17	0,10	0,05	0	0	0	0
10	" -	5,25	3,50	1,83	1,25	0,83	0,42	0,33	0,20	0,10	0	0	0	0
15	" -	4,77	3,49	1,85	1,35	0,98	0,53	0,31	0,18	0,07	0	0	0	0
20	Черноземы	4,28	3,47	1,87	1,44	1,12	0,64	0,29	0,16	0,05	0	0	0	0
	Дерново-карбонатные	4,24	3,67	2,05	1,54	1,16	0,66	0,29	0,16	0,03	0	0	0	0
25	Черноземы	3,93	3,06	1,79	1,45	1,19	0,76	0,47	0,31	0,15	0,04	0	0	0
	Серые лесные, дерн.-карбонат.	3,89	3,23	1,97	1,55	1,24	0,79	0,47	0,31	0,10	0,05	0	0	0
30	Черноземы	3,58	2,65	1,72	1,46	1,26	0,88	0,63	0,46	0,25	0,08	0	0	0
	Серые лесные	3,55	2,80	1,89	1,56	1,31	0,91	0,63	0,45	0,17	0,10	0	0	0
35	Черноземы	3,29	2,48	1,71	1,51	1,34	1,02	0,76	0,53	0,25	0,08	0	0	0
	Серые лесные	3,27	2,62	1,88	1,61	1,39	1,05	0,76	0,52	0,17	0,09	0	0	0
40	Черноземы	3,00	2,31	1,69	1,55	1,41	1,15	0,88	0,59	0,26	0,07	0	0	0
	Серые лесные	2,98	2,44	1,86	1,66	1,47	1,19	0,88	0,58	0,18	0,09	0	0	0
45	Черноземы	2,75	2,16	1,68	1,60	1,50	1,33	1,08	0,68	0,26	0,06	0	0	0
	Серые лесные, дерн.-подзол.	2,74	2,29	1,85	1,71	1,56	1,38	1,05	0,67	0,23	0,08	0	0	0
50	Черноземы	2,51	2,01	1,66	1,65	1,58	1,50	1,27	0,76	0,27	0,06	0	0	0
	Серые лесные, дерн.-подзол.	2,50	2,13	1,83	1,76	1,65	1,56	1,23	0,75	0,19	0,08	0	0	0

Таблица 3.4

Модульные коэффициенты для перехода от средней величины стока с уплотненной пашни к стоку различной обеспеченности

Средние величины стока на карте изолиний, мм	Почвы	Обеспеченность стока, %										
		5	10	20	25	30	40	50	60	75	80	90
10	Каштановые и чер- ноземы	3,00	2,48	1,65	1,53	1,38	1,17	1,02	0,63	0,13	0,05	0
15	- " -	2,93	2,41	1,63	1,51	1,36	1,15	1,00	0,65	0,15	0,07	0
20	- " -	2,86	2,34	1,62	1,49	1,34	1,13	0,98	0,66	0,18	0,9	0
25	- " -	2,79	2,27	1,60	1,47	1,32	1,11	0,96	0,67	0,21	0,12	0
30	- " -	2,72	2,21	1,59	1,45	1,30	1,09	0,94	0,69	0,25	0,16	0
35	- " -	2,65	2,15	1,57	1,43	1,28	1,07	0,92	0,70	0,30	0,22	0,03
40	- " -	2,59	2,09	1,56	1,41	1,26	1,05	0,90	0,72	0,35	0,28	0,07
45	Черноземы, серые	2,53	2,04	1,55	1,40	1,25	1,04	0,89	0,74	0,40	0,34	0,11
50	лесные и дерново- карбонатные	2,57	2,35	1,82	1,68	1,50	1,05	0,77	0,55	0,26	0,22	0,10
55	- " -	2,70	2,27	1,72	1,56	1,40	1,04	0,80	0,60	0,30	0,25	0,10
60	- " -	2,82	2,18	1,61	1,44	1,29	1,02	0,83	0,64	0,34	0,27	0,10
65	- " -	2,67	2,20	1,66	1,50	1,35	1,06	0,84	0,63	0,33	0,26	0,10
70	- " -	2,55	2,22	1,72	1,55	1,40	1,10	0,85	0,62	0,33	0,25	0,10
75	Серые лесные и дерн.-подзолистые	2,40	2,20	1,78	1,61	1,46	1,14	0,86	0,61	0,33	0,24	0,10
80	- " -	2,33	2,18	1,83	1,66	1,51	1,18	0,87	0,60	0,32	0,23	0,10
85	- " -	2,26	2,16	1,88	1,71	1,56	1,22	0,88	0,59	0,31	0,22	0,10

линий для зяби) модульные коэффициенты находились экстраполяцией на основе аналогичной пропорции:

$$K_{50} = \frac{K_{40} \cdot K_{40}}{K_{30}}, \quad (3.6)$$

где K_{30} , K_{40} , K_{50} – модульные коэффициенты для соответствующих изолиний стока с зяби. Таким же способом они находились для стока с уплотненной пашни, для промежуточных изолиний эти коэффициенты вычислялись как среднеарифметические. Что касается вышеупомянутых более северных районов, то найденные для них модульные коэффициенты подлежат дополнительной проверке и уточнению.

Используя модульные коэффициенты (табл. 3.3 и 3.4) карты изолиний среднего стока и поправочные коэффициенты (см. табл. 3.2), можно определять в зональном разрезе слою стока различной обеспеченности и применять их для расчетов противозерозионных мероприятий и других целей.

3.3. Прогнозирование стока талых вод на черноземных и каштановых почвах

Прогнозирование стока талых вод в настоящее время является насущной необходимостью, данные прогноза можно использовать для более обоснованного регулирования стока и борьбы с эрозией, подготовки к паводку различных гидротехнических, дорожных и хозяйственных сооружений и устройств, определения ресурсов и перспектив использования местного стока (наполнение прудов, лиманов) и других целей. Основой для разработки схемы прогнозирования являются результаты экспериментального изучения стока с учетом различных условий и закономерностей его формирования.

Просачивание талых вод в почву зависит, с одной стороны, от активной пористости почвы, определяющей ее максимальную водопроницаемость (в теплое время), с другой – от степени промерзания почвы и закупорки ледяными тромбами водопроводящих пор. Установлено, что мерзлая почва в зависимости от содержания в ней льда и степени закупорки пор способна в разной степени пропускать талую воду. Сухая переохлажденная почва не обнаруживает эффекта промерзания. С уменьшением с севера на юг и юго-восток предзимнего и зимнего увлажнения почв глубина эффективного их промерзания уменьшается.

Показатели стока талых вод определяются, с одной стороны, гидрометеорологическими условиями холодного периода, степенью

предзимнего и зимнего (во время оттепелей) увлажнения почвы и глубиной ее промерзания, с другой – агрофоном полей и уровнем агротехники; на зяби формируется значительно меньший сток, чем на уплотненной пашне.

Предложенный нами способ прогнозирования стока (автор, 1969) позволяет по данным метеостанций о количестве и распределении осенних осадков, обуславливающих предзимнее увлажнение почвы, температурном режиме и характере осадков зимы и отчасти весны предсказать размеры стока с зяби и уплотненной пашни (озимые, многолетние травы, стерня), и также с пастбищных угодий. Точность прогноза стока с зяби большая, чем с уплотненной пашни.

Интенсивность стока характеризуется данными табл. 3.5.

Таблица 3.5.

Шкала интенсивности стока

Наличие и уровень стока	Величина стока, мм	Коэффициент стока
Нет	0	0
Очень слабый	До 7	До 0,05
Слабый	8-20	0,06-0,15
Умеренный	21-40	0,16-0,33
Сильный	41-75	0,36-0,65
Очень сильный	76-115	0,66-0,85
Чрезмерно сильный	> 115	> 0,85

В шкале используется два показателя: величина стока и его коэффициент: однако они не всегда согласуются между собой и в этом случае попадают в разные градации: величина стока находится в пределах данной градации, а коэффициент превышает ее верхний предел. В таких случаях за основу берется величина стока. Например, при стоке 7 мм и коэффициенте 0,09, сток характеризуется как очень слабый.

В годы с сильными зимними оттепелями коэффициент стока вычисляется как относительно оставшихся к началу снеготаяния влагозапасов в снеге (в числителе), так и относительно всей суммы осадков, выпавших в холодный период и учтенных осадкомером (в знаменателе). Последний и принимается для характеристики стока.

В природе наблюдаются различные сочетания типов погодных условий, которым соответствуют и разные величины весеннего стока, с колебаниями его коэффициента от нуля до единицы. Обозначив типы погодных условий осени, зимы и весны соответствующими индексами,

мы выделили четыре типа осени, четыре типа зимы и три типа весны (табл. 3.6.). Между указанными типами сезонов имеются, конечно, переходы, но более детальное деление практически нецелесообразно.

В схеме прогноза стока (табл. 3.7) даются сочетания типов сезонов и соответствующая им характеристика стока с зяби и с уплотненной пашни, на основании табл. 3.6 можно написать 48 таких сочетаний, но мы объединили часть сочетаний, в результате их количество составило всего 21. Дело в том, что первый и второй типы весны не определяют существенно размеров стока, а например, после сухой осени и зимы без оттепелей при любых погодных условиях весны, сток на зяби не формируется; на уплотненной пашне он очень слабый или слабый. Лишь когда весеннее снеготаяние прерывается значительным похолоданием (третий тип весны), то это, несмотря на затяжную весну, подобно зимним оттепелям, благоприятствует формированию в дальнейшем более сильного стока.

Формирование умеренного и сильного стока на черноземах определяется главным образом предзимним увлажнением почвы и реже – ее увлажнением зимой. По мере продвижения на юг, в связи с понижением устойчивости зимы, влияние первого фактора (предзимнего увлажнения почвы) все больше ослабляется, а второго – резко усиливается. На светло-каштановых почвах предзимнее увлажнение почвы, как правило, мало влияет на формирование стока с зяби; его размеры почти полностью определяются характером зимы: наличием сильных оттепелей с дождями и резкими переходами температуры воздуха, обуславливающими замерзание переувлажненной почвы и сильное уменьшение ее впитывающей способности. При этом особенно резко увеличивается сток с зяби, приближаясь к его величинам с уплотненной пашни, Выпадение дождей во время снеготаяния увеличивает слой и интенсивность стока.

В черноземной зоне Поволжья и Заволжья, где зима более устойчивая, размеры стока можно прогнозировать с большой степенью вероятности уже в начале зимы, а в зоне каштановых почв – лишь в ее середине. В это время имеется возможность фактически определить и запасы снеговой воды на полях, учитываемые при прогнозировании стока. Заключение о размерах предполагаемого стока с различных сельскохозяйственных угодий дается на основании сведений метеостанций о количестве осадков и их распределении в осенний сезон и характере первой половины зимы в соответствии с вышеуказанными таблицами. Мо-

Таблица 3.6

Классификация типов погодных условий осени, зимы и весны

Индекс	Тип осени	Индекс	Тип осени	Индекс	Тип осени
O ₁	Сухая, количество осадков ниже нормы; предзимнее увлажнение почвы ниже нормы	З ₁	Холодная или умеренно-холодная без сильных оттепелей	В ₁	Затяжная с равномерным снеготаянием. Снеготаяние протекает спокойно, преимущественно при пасмурной погоде с круглосуточными положительными температурами или слабыми заморозками
O ₂	Умеренно-влажная, количество осадков около нормы или превышает её более, как на 20-25%; предзимнее увлажнение почвы около нормы или несколько больше	З ₂	Умеренно-холодная с оттепелями, обуславливающими значительное стаяние снежного покрова и увлажнение почвы на уплотненной пашне местами может формироваться сплошная ледяная корка	В ₂	Дружная весна. Снеготаяние проходит преимущественно при солнечной погоде с выскокой интенсивностью; наблюдаются ночные заморозки
O ₃	Влажная с количеством осадков в 1,5-2 раза выше нормы и равномерным их распределением. Пахотный горизонт увлажнен до уровня полевой влагоемкости	З ₃	Теплая с частыми оттепелями, обуславливающими частичное или полное стаяние снежного покрова и оттаивание почвы с последующим слабым её замерзанием	В ₃	Затяжная, прерываемая похолоданиями. Снеготаяние проходит при солнечной и пасмурной погоде (иногда с дождем) с различной интенсивностью
O ₄	Влажная с большим количеством осадков в предзимний период (перед наступлением морозов). Почва замерзает в переувлажненном состоянии	З ₄	Холодная или умеренно-холодная, прерываемая глубокими оттепелями с дождями, обуславливающими полное или почти полное стаяние снежного покрова; почва замерзает будучи сильно увлажненной. Широко распространяется поверхностная ледяная корка, особенно на уплотненной пашне		

Таблица 3.7

**Схема прогноза стока на черноземах и каштановых почвах
в зависимости от сочетания типов погоды осени, зимы, весны**

№ пп	Сочетание типов сезонов	Характеристика стока с обычной зяби	Характеристика стока с уплотненной пашни и пастбищных угодий
1.	O ₁ З ₁ В ₁ В ₂ В ₃	Стока нет	Очень слабый или слабый
2.	O ₁ З ₂ В ₁ В ₂ В ₃	То же	Слабый до умеренного
3.	O ₁ З ₃ В ₁ В ₂ В ₃	- " -	Слабый
4.	O ₁ З ₄ В ₁	Слабый	Сильный
5.	O ₁ З ₄ В ₂ В ₃	Слабый до умеренного	То же
6.	O ₂ З ₁ В ₁ В ₂ В ₃	Стока нет или очень слабый	Умеренный
7.	O ₂ З ₂ В ₁ В ₂ В ₃	Очень слабый	Умеренный до сильного
8.	O ₂ З ₃ В ₁ В ₂ В ₃	Стока нет или очень слабый	Слабый до умеренного
9.	O ₂ З ₄ В ₂ В ₃	Слабый до умеренного	Сильный
10.	O ₂ З ₄ В ₁	Слабый	То же
11.	O ₃ З ₁ В ₁ В ₂ В ₃	Стока нет или очень слабый	- " -
12.	O ₃ З ₂ В ₁ В ₂ В ₃	Очень слабый	Умеренный до сильного
13.	O ₃ З ₃ В ₁	То же	Слабый до умеренного
14.	O ₃ З ₃ В ₂ В ₃	Очень слабый, до слабого	Умеренный
15.	O ₃ З ₄ В ₁	Слабый	Сильный и очень сильный
16.	O ₃ З ₄ В ₂ В ₃	Слабый до умеренного	То же
17.	O ₄ З ₁ З ₂ В ₁ В ₂ В ₃	Умеренный и сильный	Очень сильный и чрезмерно сильный
18.	O ₄ З ₃ В ₁	Очень слабый	Умеренный
19.	O ₄ З ₃ В ₂ В ₃	Слабый	Умеренный и сильный
20.	O ₄ З ₄ В ₁	Сильный	Очень сильный
21.	O ₄ З ₄ В ₂ В ₃	Очень сильный	То же

Примечание. Влияние запасов снеговой воды на сток: 1) чем они больше в рамках обычных снеготпасов на полях, тем больше величина и коэффициент стока с уплотненной пашни и пастбищных угодий; особенно это касается сочетаний с третьим и четвертым типом осени (исключения представляют случаи, где участвуют первый тип осени и третий тип зимы); 2) в случаях с участием четвертого типа зимы размеры стока зяби и с уплотненной пашни определяются величиной осадков, выпавших во второй половине зимы (после сильных оттепелей).

Могут привлекаться также сведения о глубине промерзания почвы и влажности пахотного и подпахотного горизонтов.

На основании прогноза поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий можно судить и о стоке с целых водосборов суходольных систем, а также с бассейнов малых рек данного района. Средний слой стока с водосбора определяется толщиной его слоя на различных угодьях и занимаемой ими площадью, т.е.

$$y = y_3 f_3 + y_{оз} f_{оз} + y_{ст} f_{ст} + y_{тр} f_{тр} + y_{зал} f_{зал} \dots, \quad (3.7)$$

где $y_3, y_{оз}, y_{ст}, y_{тр}, y_{зал}$ – слой стока соответственно с зяби, озимых, стерни многолетних трав, залежи и пастбищ (мм);

$f_3, f_{оз}, f_{ст}, f_{тр}, f_{зал}$ – соответственно площади этих угодий в долях от суммарной площади. В настоящее время при одинаковых запасах снеговой воды сток талых вод со всех видов уплотненной пашни и с пастбищных угодий можно принять приближенно одинаковым.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов П.И. Регулирование склонового стока в лесостепных районах европейской части СССР для использования его в сельском хозяйстве. – Автореф. канд. дис. – М., 1965. – 24 с.
2. Аксенов П.И. Щелевание мерзлой почвы перед стоком. – Вестник с.-х. науки, 1969, № 3, с. 70-78.
3. Барабанов А.Т., Гаршинёв Е.А. Эффективность созданных на зяби микронеровностей. – Земледелие, 1983, № 8, с. 12-14.
4. Басс С.В. Внутризональные особенности весеннего поверхностного стока в лесной зоне. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 106 с.
5. Беннетт Х.Х. Основы охраны почв. Пер. с англ. – М.: Изд-во ин. лит., с. 239-258.
6. Борец В.П. Влияние минеральных удобрений на урожай ячменя, ливневый сток и смыв светло-каштановой почвы. – Бюлл. ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1970, вып. 8(60), с. 29-31.
7. Буруменский В. С. Влияние экспозиции на весенний склоновый сток. – Науч.-техн. бюл. по проблеме «Защита почв от эрозии». – Курск, 1979, вып. 2(21), с. 68-72.
8. Введенская Э.Д. Формирование снегового склонового стока в условиях ЦЧО. Мат. совещ. по вопросам экспер. стока и водного баланса речных водосборов 4-7 августа, 1964 г. – Валдай, 1965, с. 152-158.
9. Гавриленко Л. П., Гусаров В. Г. Дифференцированное применение агротехнических противоэрозионных приемов. – Науч. труды ВАСХНИЛ. – В кн.: Водная эрозия почв и борьба с ней. – М.: Колос, 1977, с. 102-117.
10. Гаршинёв Е.А. О влиянии уклона на поверхностный сток. – Науч. труды ВАСХНИЛ. – В кн.: Водная эрозия почв и борьба с ней. – М.: Колос, 1977, с. 56-65.
11. Гаршинёв Е.А., Сурмач Г.П., Барабанов А.Т. Расчет водопоглощения в лесной полосе при поступлении талого стока разной обеспеченности в условиях ЦЧЗ. – Науч. техн.-бюлл. по проблеме «Защита почв от эрозии». – Курск, 1979, вып. 4 (23), с. 50-58.
12. Гончар А.И. Почвозащитный метод обработки почвы. – Земледелие, 1958, № 8, с. 8-12.
13. Грин А.М. Динамика водного баланса Центрально-Черноземного района. – М.: Наука, 1965. – 147 с.

14. Грин А.М., Савельева Т.А., Чернышев Е.П. Экспериментальные исследования водного баланса на Курском стационаре Института Географии АН СССР. – В кн.: Мат. совещ. по вопросам эксп. изуч. стока и водного баланса речных водосборов (4-7 авг. 1964 г.). – Валдай, 1965. – с. 84-92.

15. Жигалов И.И. Влияние характера обработки почвы на склоновый сток талых вод. – Почвоведение, 1955, № 10, с. 36-49.

16. Заславский М.Н. Допустимые нормы эрозии и обязательные нормы наращивания плодородия почв. – Почвоведение, 1983, № 11, с. 91-100.

17. Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик по проектированию противоэрозионных мероприятий на европ. территории СССР. ВСН 04-77 Госкомгидромет. – Гидрометеиздат, 1979. – 62 с.

18. Кабанов П.Г. О поверхностном стоке талых вод в Поволжье. – Соц. зерновое хоз-во, 1938, № 2, с. 44-57.

19. Каулин В.Н. Влияние агролесомелиоративных мероприятий на сток талых вод с малых водосборов. В кн.: Матер. совещ. по вопросам эксп. изуч. стока и водного баланса речных водосборов (4-7 авг. 1964). – Валдай, 1965, с. 221-229.

20. Козменко А.С., Ивановский А.Д. Режим поверхностного стока в Центральном лесостепи. – Гидротехника и мелиорация, 1953, № 1, с. 3-18.

21. Костяков А.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозиздат, 1960. – 750 с.

22. Крупчатников А.И. Влияние некоторых приемов основной обработки почвы на сток талых вод. – Науч.-техн. бюл. по защите почв от эрозии. – Курск, 1974, с. 16-20.

23. Кузнецов З.А. Опыт изучения смыва почвы. – Земледелие, 1958, № 2, с. 46-49.

24. Кузник И.А. Агромелиоративные мероприятия, весенний сток и эрозия почв. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 220 с.

25. Кузник И. А., Лысов А. В. Опыт изучения стока и эрозии на Приволжской возвышенности. – Изв. АН СССР, сер. географическая. – М., 1974, № 6, с. 84-90.

26. Ломакин М.М., Кочедыков В.М. К вопросу создания водопоглощающих щелей на пашне. – Науч.-техн. бюл. по проблеме «Защита почв от эрозии». – Курск, 1978, вып. 4(19), с. 13-18.

27. Львович М.И. Человек и воды. – М.: Географгиз, 1963. – 567 с.

28. Лысак Г.Н., Крупчатников А.И., Гребенников Л.И. Влияние агротехнических приемов на сток воды и смыв почвы. – Науч.-техн. бюл. по проблеме «Защита почв от эрозии». – Курск, 1973, вып. 1, с. 50-56.

29. Лысов А.В., Проездов П.Н. Формирование стока и смыва на южных черноземах Приволжской возвышенности. – «Почвозащитное земледелие». Научно-техн. бюлл. – Курск, 1983, вып. 1(36), с. 74-80.

30. Молчанов А.А. Гидрологическая роль леса. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 487 с.

31. Назаров Г.В. Влияние агротехники на поверхностный сток в Саратовском Заволжье. – Сельское хозяйство Поволжья, 1957, № 4, с. 25-28.

32. Онуфриенко Л.Г. Весенний сток с малых водосборов в условиях овражно-балочного рельефа. – В кн.: Вопросы земледелия и борьба с эрозией почв в степных и лесостепных районах СССР, т. 2. – Саратов, 1959, с. 425-233.

33. Петелько А.И. Противозэрозийная эффективность простейших гидротехнических сооружений в садах на склонах. – Науч.-техн. бюл. по проблеме «Защита почв от эрозии». – Курск, 1978, вып. 4(19), с. 45-48.

34. Поршнева Г.А., Чернышев Е.П., Лесогорова А.И. Краткий научный отчет по проблеме защиты почв от водной эрозии за 1972 год. Вып. 1. – Курск, 1973, с. 18-20.

35. Серик Ф.П. Расчет стока ливневых вод с малых бассейнов. – В кн.: Максимальный сток с малых водосборов. – М.: Трансжелдориздат, 1940. – с. 285-329.

36. Стариченко П.А. Противозэрозийная обработка Зяби серых лесных почв на склоновых землях Курской области. – Автореф. канд. дис. – М., 1969. – 25 с.

37. Сурмач Г.П. Изучение водопроницаемости и стока на каштановых щебнистых почвах. – Почвоведение, 1952, № 10, с. 936-944.

38. Сурмач Г.П. Классификация смытых почв и её применение при составлении крупномасштабных почвенно-эрозийных карт. – Почвоведение, 1954, № 1, с. 71-80.

39. Сурмач Г.П. Изучение водопроницаемости, стока и смыва на каштановых щебнистых почвах правобережья Верхней Волги в целях их мелиорации. – Труды Почвенного института им. Докучаева, 1955, т. 48, с. 5-141.

40. Сурмач Г.П. Почвенно-эрозийные исследования на Среднерусской возвышенности. – В сб.: «Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней». – М.: Изд-во АН СССР, 1956, с. 70-110.

41. Сурмач Г.П. К методике определения водопроницаемости и ливневого стока. – В кн.: Борьба с эрозией почв. – Киев, 1962, с. 265-279.

42. Сурмач Г.П. Прогнозирование стока талых вод с черноземных и каштановых почв. – Вестник сельхоз. науки, 1969, № 12, с. 53-56.

43. Сурмач Г.П. Водорегулирующая и противозэрозийная роль насаждений. – М.: Лесная промышленность, 1971. 109 с.

44. Сурмач Г.П. Водная эрозия и борьба с ней. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. – 255 с.

45. Сурмач Г.П. Обоснование мероприятий по задержанию и регулированию стока ливневых и талых вод. – Науч. труды ВАСХНИЛ. – В кн.: Водная эрозия и борьба с ней. – М.: Колос, 1977, с. 42-55.

46. Сурмач Г.П. К обоснованию уравнения для расчета смыва почв на склонах. – Науч.-техн. бюл. по проблеме «Защита почв от эрозии». – Курск, 1979, вып. 2(21), с. 21-31.

47. Сурмач Г.П. Опыт расчета смыва почв для построения комплекса противоэрозионных мероприятий. – Почвоведение, 1979, № 4, с. 92-104.

48. Сурмач Г.П. Опыт составления карты с изолиниями весеннего стока с зяби для ЦЧО. – Науч.-техн. бюл. по проблеме Защита почв от эрозии. – Курск, 1983. – Вып. 3(18). – С. 8-12.

49. Сурмач Г.П., Исаева Т.Л. Дифференцированное по экспозиции изучение весеннего стока на рассеивающем водосборе с выщелоченным черноземом. – Науч.-техн. бюл. по защите почв от эрозии. – Курск, 1981, вып. 4(31), с. 34-44.

50. Сухарев И.П. Гидрологическая и противоэрозионная роль лесных полос. – Воронеж, 1966. – 120 с.

51. Сухарев И.П. Регулирование и использование местного стока. – М.: Колос, 1976. – 272 с.

52. Трегубов П.С., Кончаков И.И. Влияние плоскорезной обработки почвы на сток и урожай сельскохозяйственных культур. – Науч. труды НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева. Т. XIУ. – Каменная степь, 1977, вып. 3.

53. Чеботарев А.И., Харченко С.И. О влиянии зяблевой вспашки на сток. – Труды ГГИ. 1962, вып. 82, с. 34-49.

54. Чернышев Е.П. Твердый сток в основных естественных экосистемах и сельскохозяйственных угодьях. – В кн.: Водный баланс основных экосистем Центральной лесостепи. Материалы экспериментальных исследований. Часть 1. – М., 1974, с. 213-276.

55. Чернышев Е.П. Гидрологические особенности смыва почвы на территории Центрально-Черноземных областей. – Автореф. канд. дис. – М., 1970. – 33 с.

56. Шапошников А.П. Эрозия и лесомелиорация в борьбе с ней. – Сталинград, 1947. – 78 с.

57. Шевченко М.А. Влияние различных приемов обработки почвы на уменьшение стока талых вод. – Метеорология и гидрология, 1962, № 2, с. 32-37.

СОДЕРЖАНИЕ ТОМА

Барабанов А. Т. Предисловие.....	5
Сурмач Г. П. Водорегулирующая и противозерозионная роль насаждений.....	7
Сурмач Г. П. Пути борьбы с эрозией почв в СССР.....	123
Сурмач Г. П. Водная эрозия и борьба с ней.....	153
Сурмач Г. П. Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противозерозионные мероприятия.....	407
Сурмач Г. П. Глава 3. Формирование поверхностного стока на сельскохозяйственных угодьях.....	573

ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ЭРОЗИОВЕДЕНИЯ
А. С. КОЗМЕНКО – Г. П. СУРМАЧА
в четырех томах

Том второй

*Составитель и ответственный редактор А. Т. Барабанов
Компьютерная верстка В. Г. Гирявенко
Ответственный за выпуск В. Г. Гирявенко*

Подписано в печать 22.11.2023.

Формат 60×90 1/16.

Объем 38,3 уч.-изд. л. Заказ 4.

Тираж 500 (первый завод 50).

400062, Волгоград, Университетский проспект, 97.
Копировально-множительный сектор ФНЦ агроэкологии РАН

СУРМАЧ

ГЕОРГИЙ ПАНТЕЛЕЙМОНОВИЧ



Родился в с. Евдоколье Погарского р-на Брянской обл. в крестьянской семье. В 1941 г. окончил почвенно-геологический факультет Ростовского государственного университета. В годы ВОВ 1941-1945 гг. участвовал в боевых действиях Брянского, Сталинградского, Донского, Центрального, 1-го Украинского и 1-го Белорусского фронтов. Участвовал в освобождении Сталинграда, в боях на Курской дуге был ранен. После войны окончил аспирантуру во ВНИАЛМИ под руководством профессора А.С. Козменко. Затем работал в Почвенном институте АН СССР, во ВНИАЛМИ и во ВНИИЗПЭ.

Им разработана логико-графическая модель формирования склонов, создана стройная схема образования рельефа и формирования лёссов в ходе четвертичных эрозионно-аккумулятивных циклов. Он впервые объяснил приуроченность серых лесных почв и черноземов в лесостепи к различным местоположениям, увязал распространение лесной и травянистой растительности с почвообразованием и литологией и обосновал возможность произрастания водораздельных и байрачных лесов в степной зоне. Теория Г. П. Сурмача позволяет глубже уяснить взаимосвязь леса с почвенными условиями и более обоснованно подойти к оценке лесопригодности. Он организовал в лесостепной и степной зонах стоково-эрозионные стационары по исследованию закономерностей формирования поверхностного стока талых вод дифференцированно на разных почвах, видах угодий и пашины, что позволило ему по-новому подойти к характеристике эрозионно-гидрологического процесса, разработке методики прогноза стока и оценке стокорегулирующей и противоэрозионной роли почвозащитных мероприятий. Им выполнен огромный объем экспериментальных оценок эрозионно-гидрологического процесса, впервые предложена методика инженерного расчета противоэрозионных мероприятий и проектирования их на расчетной основе.