АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ И ЗАЩИТНОЕ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ – ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

ВОЛГОГРАД*ФНЦ агроэкологии РАН*2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ И ЗАЩИТНОЕ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ – ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию Постановления Совета Министров СССР И ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 года «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР» и 100-летию со дня рождения академика РАН Павловского Е. С.
г. Волгоград, 19-21 октября 2023 г.

Волгоград*ФНЦ агроэкологии РАН*2023

УДК 504.123:631.434.52:631.6

Агролесомелиорация и защитное лесоразведение – история и перспективы развития: материалы научно-практической конференции, посвященной 75-летию Постановления Совета Министров СССР И ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 года «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР» и 100-летию со дня рождения академика РАН Павловского Е. С., г. Волгоград, 19-21 окт. 2023 г. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2023. – 396 с.

Сборник материалов научно-практической конференции с Международным участием, посвящен 75-летию Постановления Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) (от 20 октября 1948 г. № 3960) «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР».

В научных статьях сборника рассмотрены актуальные вопросы агролесомелиорации и защитного лесоразведения, современные подходы в оценке экологического состояния природных экосистем, проблемы опустынивания и борьбы с ним, использование информационных технологий в агролесомелиорации, сельском и лесном хозяйстве, вопросы сохранения и восстановления биоразнообразия агроэкосистем, методические и технологические вопросы селекции растений, семеноводства и питомниководства, перспективы развития геномных технологий и биотехнологий в агролесомелиорации и лесоводстве, эколого-гидрологические проблемы сельского и лесного хозяйства, вопросы оценки экосистемных потоков парниковых газов в агролесоландшафтах. Отмечена особая значимость защитных лесных насаждений для проблемных территорий Российской Федерации.

Сборник ориентирован на широкий круг специалистов сельского и лесного хозяйства, ученых, преподавателей, аспирантов и студентов, а также всех заинтересованных вопросами агролесомелиорации и защитного лесоразведения.

Agroforestry and protective afforestation – history and prospects of development: materials of a scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Decree of the Council of Ministers of the USSR and the Central Committee of the CPSU(b) dated October 20, 1948 "On the plan of protective forest plantations, the introduction of grassland crop rotations, the construction of ponds and reservoirs to ensure high sustainable yields in steppe and forest-steppe areas of the European parts of the USSR" and the 100th anniversary of the Russian Academy of Sciences Academician E. S. Pavlovsky birth, Volgograd, October 19-21, 2023 – Volgograd: FSC of Agroecology RAS Publ. house, 2023. – 396 p.

The compilation of the scientific and practical conference with International participation materials is dedicated to the 75th anniversary of the Decree of the Council of Ministers of the USSR and the Central Committee of the CPSU(b) (dated October 20, 1948 no 3960) «On the plan of protective forest plantations, the introduction of grassland crop rotations, the construction of ponds and reservoirs to ensure high sustainable yields in steppe and forest-steppe areas of the European parts of the USSR».

The scientific articles of the compilation consider topical issues of agroforestry and protective afforestation, contemporary approaches to assessing the ecological state of native ecosystems, problems of desertification and combating it, the use of information technologies in agroforestry, agriculture and forestry, issues of conservation and restoration of agroecosystems biodiversity, methodological and technological issues of plant breeding, seed production and nursery, prospects of genomic technologies and biotechnologies in agroforestry and forestry development, ecological and hydrological problems of agriculture and forestry, issues of assessment of ecosystem fluxes of greenhouse gases in agroforestry landscapes. The special importance of protective forest plantations for problem territories of the Russian Federation is noted.

The compilation is aimed at a wide range of specialists in agriculture and forestry: scientists, teachers, graduate students and students, as well as all those interested in agroforestry and protective afforestation.

Печатается по решению методического бюро Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН (протокол № 4 от 04 сентября 2023 г.).

Редакционная коллегия:

Главный редактор – **А. И. Беляев,** д. с.-х. н.

Заместитель главного редактора – **А. М. Пугачёва**, к. с.-х. н.

Члены редколлегии: **К. Н. Кулик**, д. с.-х. н., акад. РАН; **А. Т. Барабанов**, д. с.-х. н.; **О. О. Жолобова**, к. б. н; **Е. В. Калмыкова**, д. с.-х. н.; **А. В. Кошелев**, к. с.-х. н.; **Е. А. Корнеева**, к. с.-х. н.; **П. А. Крылов**, к. б. н.; **П. А. Кузьмин**, к. с.-х. н.; **А. К. Кулик**, к. с.-х. н.; **А. С. Манаенков**, д. с.-х. н.; **А. С. Межевова**, к. с.-х. н.; **А. В. Солонкин**, д. с.-х. н.; **В. Г. Юферев**, д. с.-х. н.;

ISBN 978-5-6048368-7-3

© ФНЦ агроэкологии РАН, 2023

ВВЕДЕНИЕ

75 лет назад, 20 октября 1948 года, в Советском Союзе был принят легендарный документ, Постановление Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) № 3960 «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР», который ознаменовал важнейший этап в истории защитного лесоразведения не только в России, но и имел международную значимость. В обиходе данный документ и выполняемые работы по его реализации названы Планом преобразования природы. Предпосылками принятия данного правительственного решения являлись глобальные экологические проблемы: чередующиеся засухи, песчаные и пыльные бури, опустынивание степных территорий, масштабные эрозионные процессы. Под угрозой находилось эффективное функционирование сельскохозяйственного производства середины XX в. в степных и лесостепных районах европейской части СССР. Ветровая эрозия, являясь главным деградационным процессом планетарного масштаба, влечет за собой снижение плодородия и приводит к полному разрушению почвенного покрова. На территории Советского Союза площадь пашни, нуждающаяся в защите от эрозионных процессов, составляла 185 млн га, а площадь полностью деградированных земель – около 17 % общей площади сельскохозяйственных угодий. Эти вопросы остаются проблемными и в настоящее время. По официальным данным в мире ветровой эрозии подвержены почвы на площади 549 млн га, в Российской Федерации заявляется о 15,9 млн га, тогда как реальная опасность обозначена для территорий в 45 млн га. До 90 % площадей сельскохозяйственных угодий в основных зернопроизводящих регионах России – Поволжье и Северном Кавказе – подвержены эрозионным процессам.

Испытания, выпавшие русскому народу в период Великой Отечественной войны, стали примером неимоверной стойкости и героизма, позволив в послевоенный период разрухи, голода и лишений не только поднять из руин городá, но также авральными темпами реализовать масштабные программы и проекты преобразования природы, включая создание колоссальных объемов защитных насаждений. Сформированная в то время в стране научная школа полезащитного лесоразведения позволила создать масштабную программу защиты земель юга и юго-востока европейской части СССР от суховеев, предохранения почв от размыва и выдувания посредством создания государственных лесных полос, а также защитных лесных насаждений. В период социалистической эпохи была доказана бесспорная значимость полезащитного лесоразведения, что в сочетании с централизованным управлением страной позволило реализовать План преобразования природы.

Глубокие научные знания и полученные результаты, заложенные в основу Плана преобразования природы, являются гордостью отечественной науки, которая следует путем непрерывного поступательного развития на основе комплексного подхода в изучении процессов и явлений. В период подготовки реализации Плана такой подход был применен в формировании комплексной научной экспедиции по полезащитному лесоразведению, результаты которой позволили всесторонне подойти к натурному изучению процессов и явлений без отрыва одного фактора (явления) от другого и в их взаимодействии.

На основе проведенных экспедиционных работ было выполнено агролесомелиоративное районирование трасс государственных защитных полос с учетом всего комплекса лесорастительных условий. Полученные результаты явились обоснованием отвода земель под трассы, были применены при разработке агротехнических мероприятий и способов мелиорации солонцов и солонцеватых почв перед проведением работ по созданию насаждений. В период экспедиции был определен выбор древесных пород и типов посадок для создания устойчивых и долговечных лесных насаждений. По итогам данной экспедиции также была разработана научно обоснованная лесная классификация (типология), которая позволила внедрить типологию естественных лесов в практику степного лесоразведения.

Несмотря на то, что в настоящее время в стране агролесомелиоративные работы находятся в состоянии стагнации, в ФНЦ агроэкологии РАН научные исследования по направлению «агролесомелиорация» не прекращались никогда. Головная научная организация с вековой историей в настоящее время стремительно развивается, укрепляет и усиливает свои позиции не только путем получения фундаментальных и прикладных результатов по научным направлениям, имеющим многолетнюю историю, но и привлекая в научный процесс новые направления: биотехнологии, молекулярная селекция, геномные и постгеномные технологии. В 2020-2021 годах на базе ФНЦ агроэкологии РАН были сформированы три центра: Селекционно-семеноводческий центр по древесным и кустарниковым породам (приказ Минобрнауки России от 30.12.2020 г. № 1621), Центр по борьбе с опустыниванием территорий (поручение Председателя Правительства РФ М. В. Мишустина от 9 февраля 2021 года, приказ Минобрнауки России от 16.06.2021 г. № 493) и Центр по защите и восстановлению малых рек и водоемов (приказ Минобрнауки России от 06.12.2021 г. № 1158). В названиях Центров заложены крупные исследовательские направления ФНЦ агроэкологии РАН. Их реализация дает возможность комплексно решать вопросы опустыненных и деградированных земель, подходить к решению не только технологическими подходами, но и путем всестороннего обеспечения ресурсами, например, применением ускоренной селекции древесных и кустарниковых растений, позволяя обеспечить нарушенные территории при проведении рекультивационных мероприятий собственным посадочным материалом в необходимом количестве.

29 октября 2022 года № 3240-р Правительством Российской Федерации был утвержден важнейший инновационный проект государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ», где в консорциуме «Суша: мониторинг и адаптация» на период 2023-2024 гг.

приступила к реализации работы «Расширение системы климатического и экологического мониторинга и прогнозирование на территории Российской Федерации в целях обеспечения адаптационных решений в отраслевом и региональном разрезах, включая борьбу с опустыниванием».

По данному проекту к 2024 году будут разработаны Национальные программы действий по борьбе с опустыниванием территорий (НПДБО) для 14 субъектов Российской Федерации: Р. Калмыкия, Р. Дагестан, Р. Татарстан, Саратовской области, Волгоградской области, Астраханской области, Ростовской области, Р. Тыва, Ставропольского края, Алтайского края, Р. Хакасия, юга Красноярского края, Р. Бурятия, Чеченской Республики. В данных программах будет рассмотрена текущая ситуация процессов опустынивания, также будут представлены необходимые мероприятия для решения вопроса борьбы с опустыниванием.

Исполнителями проектов в субъектах являются научные и образовательные организации Минобрнауки России. Работа осуществляется под руководством ФНЦ агроэкологии РАН.

Данная правительственная программа по праву считается продолжением Плана преобразования природы. Она даст возможность после теоретического обоснования происходящих процессов опустынивания на современном этапе и разработки предложений по борьбе с этим катастрофическим явлением перейти к практической реализации преобразования природы в соответствии с современными требованиями и вызовами.

Проводимая научно-практическая конференция с Международным участием «Агролесомелиорация и защитное лесоразведение – история и перспективы развития», посвященная 75-летию Постановления Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 года «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР» и 100-летию со дня рождения академика РАН Павловского Е. С. внесет важный вклад в дело продвижения значимости агролесомелиоративной науки, полученных научных результатов, а также в решении важных экологических проблем.

Уважаемые участники, организаторы и гости!

Приветствую вас на Международной научно-практической конференции «Агролесомелиорация и защитное лесоразведение – история и перспективы развития».

Рациональное землепользование и развитие мелиорации входят в число стратегических государственных задач. На их решение направлена государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации, которая стартовала в прошлом году. За время ее действия планируется ввести в оборот не менее 13,2 млн га и предотвратить выбытие порядка 3,5 млн га. Реализация государственной программы позволит обеспечить единство мероприятий в части землеустройства, мелиорации, информационно-аналитического и научно-технического обеспечения. Такой комплексный подход впервые применен в новейшей истории страны.

Международная научно-практическая конференция приурочена к 75-летию Постановления Совета Министров СССР И ЦК ВКП(б) «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР». Этот исторический документ положил начало развитию агролесомелиорации и заложил фундамент практических и теоретических знаний, которые актуальны в настоящее время.

В перспективе стоят масштабные задачи в сфере мелиоративного комплекса, включающие в том числе защиту земель сельскохозяйственного назначения с использованием полезащитного лесоразведения. Уверен, что конференция будет способствовать выработке решений этих и других важных вопросов.

Желаю продуктивных дискуссий, консолидированных решений и успехов во всем!

Министр сельского хозяйства
Российской Федерации

Д. Н. Патрушев

Уважаемый Александр Иванович!
Уважаемые участники и гости!

Сердечно приветствую вас на юбилейной Международной научно-практической конференции «Агролесомелиорация и защитное лесоразведение – история и перспективы развития», приуроченной к 75-летию начала реализации советского «Плана преобразования природы»!

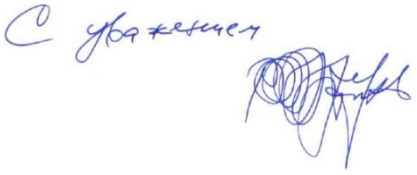
Вас собрала вместе важная и стратегически значимая цель – обсудить наиболее действенные пути развития агролесомелиорации и защитного лесоразведения, агроэкологии и земледелия в условиях изменяющегося климата.

В проводимой работе необходимо опираться на комплексный подход, максимально использовать российский уникальный опыт, достижения других стран в борьбе с опустыниванием земель.

Уверен, обмен эффективными практиками, дискуссии и обсуждения дадут новые действенные импульсы решению стоящих перед нами задач, принесут реальную пользу государству.

Желаю вам, уважаемые коллеги, плодотворной работы и успехов!

Депутат Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации



В. Н. Плотников

1. АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ И ЗАЩИТНОЕ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛОСЫ «ПЕНЗА – КАМЕНСК» НА АГРОЧЕРНОЗЕМЫ

Б. Ф. Апарин, д. с-х. н.; **Е. Ю. Сухачева,** д. г. н.; **М. К. Захарова**; **М. А. Лазарева**; **Е. В. Мингареева**, **Ю. Р. Моргач**, **Е. В. Пятина**, к. б. н.; **М. Е. Федорова**
Центральный музей почвоведения имени В. В. Докучаева – филиал ФГБНУ Федерального исследовательского центра "Почвенный институт имени В. В. Докучаева", г. Санкт-Петербург, РФ

Рассматриваются изменения состояния агрочерноземов под влиянием леса на примере участка Государственной защитной лесополосы «Пенза – Каменск». Приводятся результаты изучения физических свойств, кислотности, содержания гумуса, карбонатов и легкорастворимых солей.

Considers the transformation process of agrochernozems under the influence of the forest on the example of the "Penza-Kamensk" forest belt section. The results of studying the physical properties, acidity, humus, carbonates and readily soluble salts content are presented.

Постановление советского правительства (1948 г.) о 15-летнем плане преобразования природных условий степных и лесостепных районов стало поворотным в судьбе уникальной экологической программы В. В. Докучаева, содержание которой было изложено в книге «Наши степи. Прежде и теперь» [3]. Вскрыв причины катастрофического положения сельского хозяйства России, В. В. Докучаев предложил стратегию его оздоровления. В основу стратегии ученый положил оптимизацию гидрологического режима почв территории в масштабе целой природной зоны [1].

Важным элементом Программы преобразования природы (1948 г.) было создание государственных лесных полос (ГЛП). Среди них наиболее значимой была ГЛП «Пенза – Каменск», пересекающая с севера на юг подзону южных черноземов и состоящая из трех лесных полос и сельскохозяйственных полей между ними.

Для исследования лесорастительных свойств почв в южной части ГЛП на плоско-увалистом водоразделе рек Бузулук и Терса в Даниловском р-не Волгоградской обл. был заложен Белопрудский стационар комплексной экспедиции Академии наук СССР [5]. Основным типом почв исследуемой территории был чернозем южный на покровных глинах. Материалы стационарных исследований лесоводственного характера, водного и солевого режима почв опубликованы в работах [2, 5, 6].

В 1950 г. М. И. Чекаловой на степном участке под типчаково-ковыльной растительностью был взят монолит (№ у750), а Е. А. Афанасьевой до глубины 3 м по 10-сантиметровым слоям отобраны почвенные образцы из разрезов под двухлетними насаждениями (209, 210, 211) и переданы для хранения в Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева (г. Санкт-Петербург).

В 2009 г., спустя 60 лет со времени создания ГЛП «Пенза – Каменск» сотрудниками Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева в рамках НИР Музея были начаты сравнительные исследования почв по трансекте, пересекающей все три лесные полосы и сельскохозяйственные угодья между ними с запада на восток. В местах отбора почвенных образцов Е. А. Афанасьевой (1950 г.) в 2009 и 2021 гг. были заложены опорные разрезы и серии прикопок вокруг них для учета пространственной неоднородности свойств почв, отобраны образцы (по 10-ти см слоям до глубины до 2,5 м) (рис. 1).

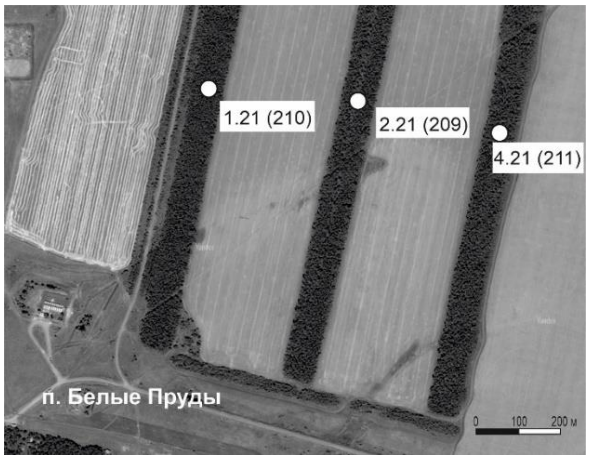


Рис. 1. Расположение разрезов

В образцах разных сроков отбора были определены типоморфные характеристики почв под лесными и сельскохозяйственными угодьями. Материалы полевых и лабораторных исследований были включены в базу данных почв полигона почвенно-экологического мониторинга (ППЭМ) «Белые пруды».

База данных содержит общие сведения о почвах, такие как классификационное положение, формула профиля, дата отбора образца, растительность, рельеф, почвообразующая порода, характеристика макропедофауны, ФИО автора, привязка, карта-схема расположения разрезов и другие, а также представлены таблицы с данными лабораторных анализов почв: общие свойства, состав водной вытяжки, состав гумуса, агрегатный состав, валовый состав и содержание радионуклидов (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K, ^{137}Cs).

Цель настоящей работы – на основе данных ретроспективного мониторинга оценить среднесрочные (70 лет) изменения состава и свойств чернозема южного под разными угодьями на территории ППЭМ «Белые пруды».

По данным ближайших метеостанций (Елань и Рудня), в период стационарных исследований Афанасьевой среднегодовая температура воздуха составляла 5,4^{o}, среднегодовая сумма осадков – 390 мм, коэффициент увлажнения в летний период колебался от 0,32 до 0,23. Максимальная глубина весеннего промачивания почв в разные по увлажненности годы составила около 180 см [2].

Сравнение образцов, отобранных в 1950, 2009 и 2021 годах проводилось по основным типоморфным характеристикам (плотность сложения, агрегатный состав, pH, содержание гумуса, карбонатный профиль, солевой профиль). При изучении почв при полевых и лабораторных исследованиях применялись стандартные методы исследования.

Влияние лесонасаждений на почвы. Попарно сравнивались образцы почв из разрезов 210, 209, 211 (отобраны в 1950 г. под двухлетними насаждениями и сохранившие все признаки пахотных почв) и разрезов 1.21, 2.21, 4.21, заложенных под лесонасаждениями в тех же местах в 2021 г. (см. рис. 1).

В составе спелого (70 лет) насаждения ГЛП преобладает ясень пенсильванский, встречается клен татарский, в западной лесополосе – дуб черешчатый. В подлеске доминируют карагана и вяз мелколистный. Напочвенный покров в начале лета разреженный (мертвопокровный) либо имеет редкотравный характер. Под лесонасаждениями сформировался маломощный (0,5-1,0 см) слой подстилки преимущественно из лиственного опада с хорошо выраженной пространственной изменчивостью. В настоящее время лесопосадка находится в неудовлетворительном состоянии: велика доля ослабленных и усыхающих деревьев, много сухостоя и валежника.

Агрегатный состав почв. Анализ агрегатного состава проводился в слоях 0-5, 5-10 (0-10), 10-20, 20-30 см. по общепринятой методике сухого просеивания. На эту глубину приходилось наибольшее воздействие механической обработки почв.

В агрегатном составе почв 1950 г. во всех слоях преобладают фракции > 10 и 3-1 мм. Их сумма по слоям изменяется от 35,8 до 54,3 %. На глубине 20-30 см сумма этих фракций самая большая (52,0-54,3 %), при минимальной разнице между почвами лесополос. Все разрезы бывших пахотных почв характеризуются относительно высоким количеством агрегатов < 1 мм (суммарно от 18,3 до 47,1 %). На глубине 20-30 см их содержание уменьшается до 18,3-22,5 % (рис. 2).

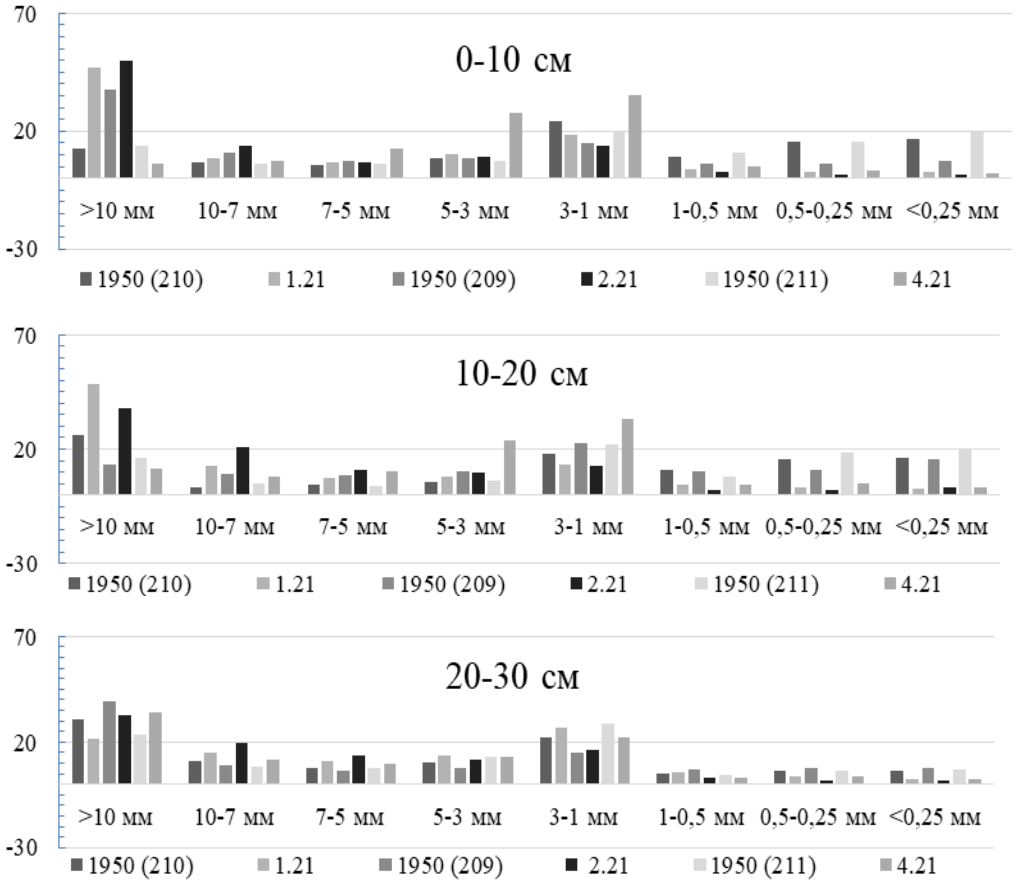


Рис. 2. Агрегатный состав пахотных почв (1950 г.) и лесных почв (2021 г.) в слое 0-30 см

Под влиянием лесонасаждения за 70 лет во всех почвах, в слое 0-20 см, произошло значительное уменьшение количества агрегатов < 1,0 мм до 5,6-13,2 %. При этом увеличилось содержание фракций > 10 и 10-7 мм в слоях 0-10 и 10-20 см и 10-7, 7-5 и 5-3 мм – в слое 20-30 см. Во всех разрезах современных лесных и в пахотных почвах 1950 года преобладают агрегаты > 10 мм и 3-1 мм. Суммарная доля этих фракций в лесных почвах возросла до 41,4-73,5 %, особенно сильно в почве западной лесополосы (разрез 1.21).

За рассматриваемый период в слое 0-10 и 10-20 см в почвах западной (1.21) и центральной (2.21) лесополос увеличилось содержание агрегатов > 10 мм и уменьшилось агрегатов 3-1 мм. В почве восточной лесополосы (4.21), наоборот, количество агрегатов > 10 мм уменьшилось, а 3-1 мм и 5-3 мм возросло. В слое 20-30 см соотношение преобладающих агрегатов меняется.

Гумусовый профиль. Общий характер распределения гумуса в профилях лесных почв и их пахотных предшественников соответствует характеру распределения гумуса в целинном черноземе (монолит 1950 г. отбора). В гумусовых профилях всех почв можно выделить три зоны. Первая (0-20 см) – зона резкого снижения содержания гумуса с наибольшим диапазоном разброса значений; вторая (20-70 см) – зона плавного снижения при среднем диапазоне значений; третья (70-100 см) – зона практически равномерного распределения гумуса с минимальным разбросом значений. На глубинах 20 и 70 см значения содержания гумуса во всех почвах становятся наиболее близкими (рис. 3).

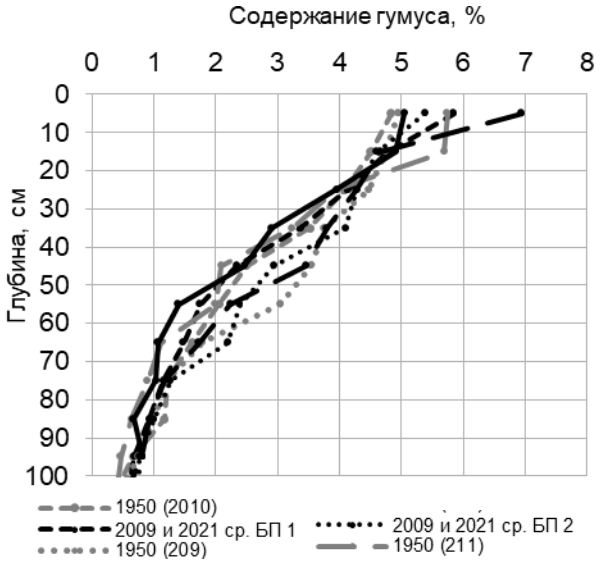


Рис. 3. Гумусовые профили почв под лесонасаждениями, их пахотными предшественниками и целинной почвы

По трансекте содержание гумуса в лесных почвах возрастает с запада на восток. Самый глубокий гумусовый профиль имеет почва центральной лесополосы (70 см), средний – восточной и самый короткий – западной (50 см). За нижнюю границу гумусового профиля, согласно литературным данным [2, 4] принято содержание гумуса равное 2 %.

С момента посадки леса во всех почвах лесополос в слое 0-10 см, увеличилось содержание гумуса. Глубже оно увеличилось только в почве восточной лесополосы, а в западной и центральной – либо осталось прежним, либо незначительно снизилось. Мощность гумусовых профилей сравниваемых пар за 70 лет не изменилась.

Содержание карбонатов. Анализ данных по содержанию карбонатов в верхних метровых толщах лесных почв и их предшественников показал, что за период 1950-2021 гг. верхняя граница их обнаружения снизилась в центральной и восточной лесополосе на 10 и 20 см соответственно, в почве западной лесополосы не изменилась (рис. 4). В лесных почвах по сравнению с пахотными на глу-

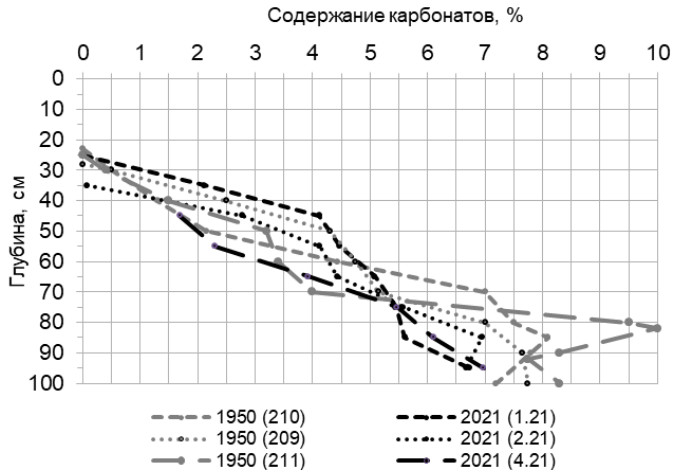


Рис. 4. Карбонатные профили лесных почв и их пахотных предшественников

бине 40-70 см заметно расширился диапазон варьирования в содержании карбонатов. Ниже 70 см содержание карбонатов во всех разрезах лесных почв стало меньше, чем в их пахотных предшественниках.

Реакция среды. Характер изменения реакции среды в профилях лесных и пахотных почв в общих чертах соответствует целинной почве (рис. 5). Величины pH пахотных почв относительно целинной почвы сдвинуты в более нейтральный и кислый диапазон в верхней части профиля, и в более щелочной в его нижней части. По сравнению с пахотными почвами, в лесных почвах до глубины 40 см произошел сдвиг pH в более кислую сторону, а ниже – в более щелочную, причем с этой глубины реакция среды еще более щелочная, чем в целинной почве.

Солевой профиль. Оценка засоления почв проводилась методом водной вытяжки. В 1950 г. почвы полигона содержали легкорастворимые соли выше порога токсичности с глубины 100-120 см, а в количестве > 0,15 % с глубины 140-170 см (рис. 6А-В). Засоление смешанное, с глубиной содовое (сульфатно-содовое) засоление сменялось сульфатным (или смешанным с преобладанием сульфатов). Хотя хлориды постепенно накапливались с глубиной, их роль в формировании солевых профилей второстепенна. В почвенно-грунтовой толще содержание солей в основном составляло менее 0,2 %, в отдельных слоях содержание солей возрастало до 0,4-1,2 %, что соответствует среднему и сильному засолению.

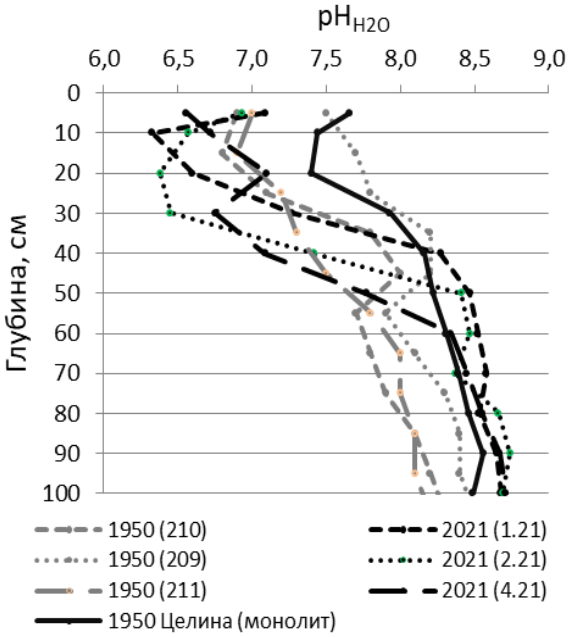


Рис. 5. Реакция среды почв разных угодий

Спустя 70 лет с момента закладки лесных полос верхняя граница горизонтов с содержанием легкорастворимых солей > 0,15 % в лесных почвах поднялась до 100-130 см. Также возросло содержание легкорастворимых солей (до 1,8 %) (рис. 6Г-Е), в первую очередь за счет накопления сульфатов, в нижней части почвенно-грунтовой толщи. Снизился вклад соды в формирование солевых профилей почв, а распределение хлоридов, напротив, приобрело прогрессивно-грунтово-аккумулятивный характер. В разрезе 2.21 (рис. 6Г) на глубине 100-180 см образовался слой хлоридного типа засоления.

Вследствие изменения химизма засоления глубина накопления солей выше порога токсичности осталось неизменной.

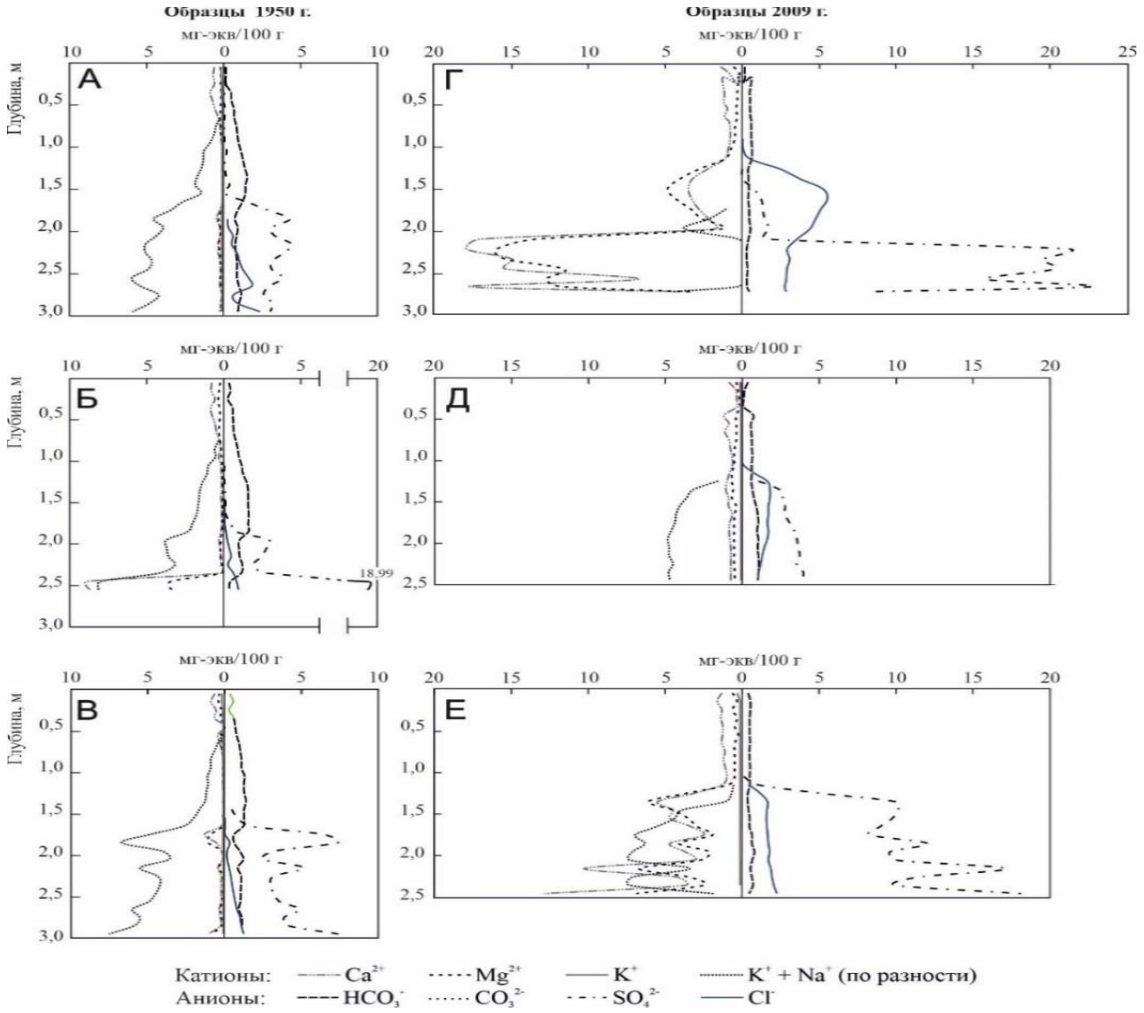


Рис. 6. Солевые профили черноземов под разными угодьями: пахотные почвы 1950 г.: А) 210, Б) 209, В) 211; лесные почвы: 2009 г.: Г) 1.09, Д) 2.09, Е) 4.09

Проведен анализ изменения агрочернозема под воздействием лесонасаждений 70-летнего возраста на участке государственной лесной полосы «Пенза – Каменск» на полигоне почвенно-экологического мониторинга «Белые пруды». Исследования выполнены по трансекте пересекающей с запада на восток три лесополосы и сельскохозяйственные поля между ними. Ретроспективный мониторинг проводили с использованием БРК почвенных монолитов и образцов Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева.

Сравнительный анализ пахотных и лесных черноземов выявил различный характер и степень средневременного изменения типоморфных характеристик почв:

1. Под лесонасаждениями сформировался маломощный (0,5-1,0 см) слой подстилки преимущественно из лиственного опада с хорошо выраженной пространственной изменчивостью.

2. В агрегатном составе лесных почв изменилось соотношение микро-, мезо- и макроагрегатов: исчезла крупная глыбистость, уменьшилось количество

агрегатов < 1 мм и увеличилась доля фракций > 10, 5-3 и 3-1 мм. Коэффициент оструктуренности в почвах западной и центральной лесополос уменьшился, а в восточной – увеличился, оставаясь в пределах показателей хорошего структурного состояния.

3. Содержание гумуса в слое 0-10 см увеличилось в лесных почвах на 0,4-1,2 %. В почвах центральной и западной полос глубже 10 см значимых изменений не обнаружено. В целом только в почве восточной лесополосы отмечено общее увеличение содержания гумуса в диапазоне 0,2-0,6 %.

4. С поверхности до глубины 30-50 см в лесных почвах произошел сдвиг pH в среднем в более кислый диапазон (до 6,3), а ниже этой глубины – в более щелочной (7-8,7).

5. С момента закладки лесных полос верхняя граница залегания солей поднялась на 40 см. Увеличилось содержание легкорастворимых солей. Снизился вклад соды в формирование солевых профилей почв, а распределение хлоридов, напротив, приобрело прогрессивно-грунтово-аккумулятивный характер.

6. Независимо от года отбора образцов, сохранилась пространственная неоднородность характеристик почв. Это обуславливает необходимость использования для почвенно-экологического мониторинга биоресурсной коллекции Музея.

ЛИТЕРАТУРА

1. Апарин, Б. Ф. Выставка «Воплощение идеи В. В. Докучаева» (к 100-летию революции в России) / Б. Ф. Апарин, М. А. Лазарева // Материалы по изучению русских почв. – 2018. – Вып. 11(38). – С. 42-49.

2. Афанасьева, Е. А. Черноземы Средне-Русской возвышенности – М.: Наука, 1966. – 224 с.

3. Афанасьева, Е. А. Водно-солевой режим обыкновенных и южных черноземов Юго-Востока европейской части СССР / Е. А. Афанасьева. – М.: Наука, 1980. – 216 с.

4. Докучаев, В. В. Наши степи. Прежде и теперь / В. В. Докучаев. – СПб, 1892. – 118 с.

5. Пономарева, В. В. Гумусовый профиль / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – В кн.: Черноземы СССР. – Т. 1. М.: Колос, 1974. – С. 122-145.

6. Труды института леса. – М.: Изд-во академии наук СССР, 1955. – Т. XXIX. – 193 с.

УДК 630x17:582(470.44)

СОСТОЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ ФГБНУ «ФАНЦ ЮГО-ВОСТОКА»

Е. А. Арестова, к. б. н.; **П. А. Борисов**

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», Саратов, РФ

Представлены результаты обследования лесных полос, расположенных в черте города Саратова на землепользовании Федерального аграрного научного центра Юго-Востока и созданных по различным технологиям. Приведены таксационные показатели древесных растений, описано состояние насаждений.

The article presents the results of a survey of forest belts located within the city of Saratov on the land use of the Federal Center of Agriculture Research of the South- East Region and created using various technologies. Taxation indicators of woody plants are given, the state of plantings is described.

Россия считается родиной защитного лесоразведения. Еще в XIX в. русские ученые показали значимость лесных насаждений в борьбе с засухой в важнейших сельскохозяйственных районах. В XX в. отмечается подъем в развитии лесомелиорации. Наибольший размах работа по защитному лесоразведению получила после Постановления Совета Министров СССР и ЦК ВКП (б) от 20 октября 1948 г. «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР».

Институт зернового хозяйства Юго-Востока СССР, начиная с осени 1948 г., развернул работы по облесению своих опытных полей. Для выращивания посадочного материала на опытном поле вблизи производственных корпусов был заложен новый питомник. В Институте с 1949 по 1962 гг. были высажены опытные лесополосы гнездовым, квадратно-гнездовым, луночным, строчным и рядовым способами всего на площади 663,7 га, в т. ч. 244,6 га гнездовым способом. Система полезащитных лесных полос полностью была создана к 1970 г. Представлены они в основном полезащитными, стокорегулирующими, приовражными лесными полосами. Конструкция всех полос плотная, тип смешения древесно-кустарниковый. К настоящему времени систему защитных насаждений на землепользовании ФАНЦ Юго-Востока можно считать стационарной лабораторией лесомелиорации.

Целью наших обследований являлось определение состояния защитных лесных полос в ФАНЦ Юго-Востока. Растения произрастают в идентичных условиях, на территории зерновых севооборотов.

В текущем году была проведена инвентаризация и определено состояние трех лесных полос, созданных по различным технологиям. При посадке использовались как аборигенные, так и интродуцированные виды деревьев и кустарников. В настоящий момент ассортимент растений произрастающих в полосах, представлен 24 видами, в т. ч. 16 видов деревьев и 8 видов кустарников. Аборигены составляют 42 % от числа выявленных видов. Интродуценты – 58 % от числа обследованных видов, но количественно они представлены незначительно и имеют различную встречаемость.

Первая полоса выращивалась под покровом сельскохозяйственных культур. В настоящее время выполняет функции полезащитной вспомогательной.

При этом способе закладки древесные растения в первые годы жизни защищены от степной растительности и суховейных ветров, получают нужное им затенение. Также этот способ позволял в течение 2-5 лет собирать дополнительный урожай сельскохозяйственных культур.

Ширина полосы 36 м. Расстояние между рядами 2,5 м. Опушечные ряды кустарниковые. Посадка рядовая. Нечетные ряды чистые, только кустарники Четные ряды смешанные: чередуются деревья и кустарники. Конструкция лесной полосы – плотная.

Основу составляют древесные виды: дуб черешчатый, клен остролистный, ясень зеленый (табл. 1). Единично встречаются абрикос обыкновенный, акация белая, груша лесная, клен татарский, лиственница сибирская, скумпия кожевенная, черемуха обыкновенная, яблоня лесная. Кустарники представлены

аморфой кустарниковой, различными видами боярышников, жимолостью татарской, иргой обыкновенной, караганой древовидной, кизильником черноплодным, шиповниками. Кустарники сильно разрослись: вегетативно и самосевом. Находятся в плохом состоянии, затенены, не имеют характерных для них размеров, много сухих ветвей и заломов.

Таблица 1

Таксационные показатели основных древесных растений (max значения)

Вид	Высота, м	Диаметр, см	
		0	1,3
Дуб черешчатый	18,8	36,8	27,7
Клен остролистный	17,8	22,6	17,4
Ясень зеленый	17,0	22,4	15,3

Вторая полоса создавалась по квадратно-гнездовой технологии. В настоящее время выполняет функции полезащитной основной.

Первый опыт закладки лесных полос гнездовым способом был проведен весной 1949 г. На полях института дуб гнездами был высеян на площади 47,2 га. Этот способ посадки получил наибольшее распространение на период создания и использовался в 40-70 % случаев. Древесные породы высаживаются не по одиночке, а гнездами или кучками. При таком выращивании быстрее происходит смыкание крон, затеняется почва, вытесняется сорная растительность, накапливается лесная подстилка, улучшается микроклимат. Также может происходить срастание корней у экземпляров в группе. Этот способ обеспечивает создание устойчивых и долговечных насаждений.

Обследуемая полоса расположена по границе поля, на плакоре. Ширина полосы 23-26 м. Состоит из 8 рядов, расстояние между рядами 3 м. В ряду растения высаживались гнездами. Сейчас количество растений в гнездах от 2 до 6. Растения в гнезде значительно различаются по размерам и состоянию, зафиксировано срастание в нижней части стволов. В посадочном месте замерялись наиболее крупные экземпляры (табл. 2). В настоящее время конструкция полосы в основ-

Таблица 2

Таксационные показатели основных древесных растений (max значения)

Вид	Кол-во растений в гнезде, шт.	Диаметр, см	
		0	1,3
Дуб черешчатый	6	68,0	40,0
	5	30,0	22,0
	4	48,0	36,0
	3	44,0	38,0
	2	44,0	38,0
Клен остролистный	6	29,0	22,0
	5	30,0	24,0
	4	29,0	23,0
	3	29,5	23,0
	2	28,0	18,0

ном продуваемая. На участках, где на опушках поселились самосевом кустарники – ажурная. Просматривается диагональное размещение посадочных мест. Полоса в хорошем состоянии. Сформирована лесная обстановка, насаждения имеют сомкнутый полог. Кроны у крупных экземпляров подняты на 2,5-3,2 м. Диаметры крон растений одного гнезда вдоль крайнего ряда 18 м, поперек ряда 6,5 м. Хорошо выражена лесная подстилка под пологом деревьев, отсутствует полевая и сорная степная растительность.

Третья полоса находится на территории с изменяющимся рельефом, в месте перехода от равнинного к склоновому. Расположена поперек склона. В настоящее время выполняет функции полезащитной водорегулирующей.

Ширина полосы 21 м. Расстояние между рядами 2,5-3,0 м. Посадка рядовая. В рядах чередуются деревья и кустарники, расстояние между растениями от 0,7 м до 2,5 м. Конструкция плотная. В верхний опушечный ряд введен кустарник. Основу полосы составляют древесные породы: дуб черешчатый, вяз обыкновенный, сосна обыкновенная, ясень зеленый (табл. 3). Они значительно изрежены, происходили несанкционированные вырубки нарушителями. С нижней стороны, обращенной к склону, был сделан вал, находящийся в хорошем состоянии. Опушка вместе с валом заросла кустарниками: боярышником, вишней, жимолостью татарской, караганой древовидной, кленом татарским.

Таблица 3

Таксационные показатели основных древесных растений (max значения)

Вид	Высота, м	Диаметр, см	
		0	1,3
Вяз обыкновенный	16,0	20,5	19,5
Дуб черешчатый	20,0	53,5	42,0
Сосна обыкновенная	18,5	34,4	28,8
Ясень зеленый	18,0	25,8	17,6

Полоса выполняет свои стокорегулирующие функции. Опушечный ряд с верхней стороны полосы способствует переводу поверхностного стока во внутрипочвенный благодаря хорошо развитой корневой системе кустарников. Вал задерживает талые и ливневые воды, на прилегающем поле не происходит смыва и размыва почвы.

В целом проведенное обследование показало, что все обследованные полосы находятся в хорошем состоянии, выполняют свои функции, требуют проведения мероприятий по уходу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арестова, С. В. История лесомелиорации в НИИСХ Юго-Востока (к 70-летию сталинского плана преобразования природы) / С. В. Арестова, Е. А. Арестова // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2018. – № 3(20). – С. 57-61.

2. Архивные материалы НИИСХ Юго-Востока за 1946-1966 годы.

3. Энциклопедия агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. – 677 с.

УДК 630*181

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА СОХРАННОСТЬ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР В ЭЛИСТИНСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ*

О. А. Банникова, к. с.-х. н.
Филиал ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС», ст. Вешенская, РФ

Приведены результаты корреляционного анализа основных метеорологических факторов на сохранность лесных культур Элистинского лесничества. Установлено, что количество осадков, а особенно в начале вегетационного периода, влияет на исследуемый показатель больше, чем средняя температура воздуха.

The results of the correlation analysis of the main meteorological factors on the preservation of forest crops of the Elista forestry are presented. It was found that the amount of precipitation, and especially at the beginning of the growing season, affects the studied indicator more than the average air temperature.

Глобальной и актуальной проблемой настоящего времени является опустынивание земель в Республике Калмыкия [5]. В разной степени процессами деградации подвержено 83 % площади республики [4]. Продолжительные засухи, пыльные бури в совокупности с антропогенным влиянием (нерегулируемый выпас скота и распашка легких супесчаных земель и др.) способствуют возникновению экологической катастрофы на обширных территориях региона.

Одним из самых надежных и экономичных способов решения существующей проблемы является искусственное лесоразведение (лесовосстановление). Однако средняя приживаемость лесных культур первого года роста на территории Республики Калмыкия варьируется в пределах 26,9-55,2 %. Основными причинами гибели культивируемых растений, по мнению ученых и специалистов лесничеств, являются неблагоприятные климатические (сильные засухи, снижение количества осадков) и почвенные (засоление) условия.

Целью данной работы являлось изучение влияния основных метеорологических факторов (температуры, осадков) на сохранность лесных культур в Элистинском лесничестве за десятилетний период (2013-2022 гг.). Для анализа использовались данные метеостанции в г. Элиста [1] и материалы книг учета лесных культур лесничества (табл. 1). Взаимосвязь показателей определялась методом корреляционного анализа [2, 3].

Элистинское лесничество (площадь 9,2 тыс. га) расположено в центральной части Республики Калмыкия. Лесные культуры создаются преимущественно из вяза приземистого, в меньшей степени из робинии лжеакации, лоха узколистного, смородины золотистой, скумпии и др.

За последний десятилетний период в Элистинском лесничестве из созданных лесных культур на площади 2843,3 га списано более половины – 58,1 % (рис. 1). Наибольшая доля списанных культур зафиксирована в Троицком (60,4 %) и Красном (81,1 %) участковых лесничествах.

*Исследования проводились в рамках темы НИР государственного задания филиалу ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС» «Научное обоснование мероприятий по увеличению лесистости Республики Калмыкия путем лесовосстановления и лесоразведения на землях лесного фонда».

Таблица 1

Влияние метеорологических условий на сохранность лесных культур на территории Элистинского лесничества

Год создания лесных культур	Основные метеорологические факторы, % от средних значений исследуемого периода						Сохранность лесных культур на территории, %				
	средняя годовая температура воздуха	сумма осадков					Элистинского лесничества	в т. ч. по участковым лесничествам			
		за год	гидрологического года (октябрь – сентябрь)	вегетационного периода (апрель – октябрь)	в начале вегетационного периода (апрель – июнь)	предшествующего холодного периода (ноябрь – март)		Элистинское	Троицкое	Яшкульское	Красное
2013								100,0	8,9	9,9	0
2014	93,92	85,96	90,54	70,87	90,76	94,67	35,2	-	31,1	88,0	0
2015	101,29	123,95	122,74	124,92	153,10	108,65	25,5	0	11,6	100,0	1,9
2016	94,84	109,30	112,53	106,15	121,38	131,50	41,6	55,3	0	81,6	-
2017	97,61	113,03	124,21	126,81	143,06	134,21	15,1	73,5	0	25,4	0
2018	98,53	105,23	75,55	78,29	20,88	52,64	72,2	0	91,7	73,8	-
2019	103,13	97,56	131,07	130,16	107,66	130,47	37,1	0	100,0	-	0
2020	106,81	64,95	36,94	42,11	78,64	17,94	10,2	28,4	8,5	-	0
2021	101,29	104,73	111,11	97,51	105,68	136,92	84,0	100,0	100,0	100,0	0
2022	103,13	68,34	75,72	62,86	64,92	106,97	76,7	100,0	100,0	-	68,0

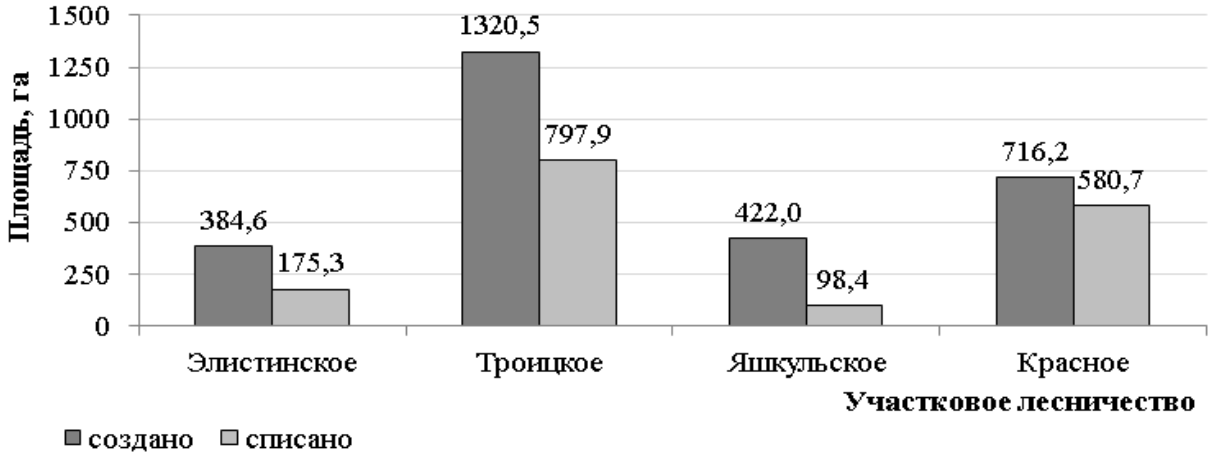


Рис. 1. Площадь созданных и списанных лесных культур в участковых лесничествах Элистинского лесничества Республики Калмыкия

Сохранность растений в лесных культурах на территории Элистинского, Троицкого и Яшкульского участковых лесничеств соответственно составила 54,4, 39,6 и 74,6 %. В Красном участковом лесничестве сохранилось всего 18,9 % от общей площади лесных культур, созданных в исследуемый период.

По результатам корреляционного анализа, связь средней температуры воздуха с сохранностью растений в лесных культурах, создаваемых на территории Элистинского лесничества, находится на слабом уровне (r = –0,01) (см. табл. 1, табл. 2). Однако в разрезе участковых лесничеств наблюдаются и 100 %-ная сохранность и 100 %-ная гибель при увеличении средней температуры воздуха выше среднего значения. Это свидетельствует о неоднозначной роли показателя в регионе исследования.

Увеличение количества осадков за год отрицательно воздействует (обратная связь) на сохранность лесных культур в Элистинском лесничестве. Корреляционная связь между показателями в целом слабая (r = –0,20). В то же время огромная разница сохранности лесных культур (от 12,8 до 84,0 %) наблюдается при увеличении суммы осадков за год на 10-20 % от средней нормы (2013, 2015, 2017 гг.) и при увеличении на 5-10 % (2016, 2018, 2021 гг.). Переизбыток влаги в почве в результате сильных ливневых дождей является причиной вторичного засоления и осолонцевания земель, что негативно сказывается на развитии растений.

Наименьшая величина коэффициента корреляции зафиксирована между суммой осадков гидрологического года и сохранностью. Наиболее значимое влияние оказывают суммы осадков вегетационного периода (r = –0,34) и особенно суммы осадков начала вегетационного периода (r = –0,53).

Вместе с тем, отмечаются различия в степени корреляционной связи между исследуемыми показателями отдельно по участковым лесничествам. В частности, в Элистинском участковом лесничестве на сохранность растений в лесных культурах основные метеорологические условия в целом оказывают слабое влияние. В Троицком участковом лесничестве наибольшая значимость характерна для суммы осадков в начале вегетационного периода (32 % – коэффициент детерминации); в Яшкульском участковом лесничестве – суммы осад-

Таблица 2

Корреляционная зависимость метеорологических условий на сохранность лесных культур Элистинского лесничества

Показатель влияния	Коэффициент корреляции (r) по участковым лесничествам												Коэффициент корреляции (r) в Элистинском лес-ве		
	Элистинское			Троицкое			Яшкульское			Красное					
	значение	ошибка	достоверность	значение	ошибка	достоверность	значение	ошибка	достоверность	значение	ошибка	достоверность	значение	ошибка	достоверность
Средняя годовая температура воздуха	–0,15	0,37	0,40	0,30	0,34	0,90	0,03	0,45	0,08	0,24	0,40	0,61	–0,01	0,35	0,03
Сумма осадков: за год	–0,03	0,38	0,08	–0,30	0,34	0,90	–0,46	0,40	1,15	–0,50	0,35	1,42	–0,20	0,35	0,58
гидрологического года (октябрь – сентябрь)	0,07	0,38	0,20	–0,07	0,35	0,19	–0,32	0,42	0,75	–0,32	0,39	0,82	–0,11	0,35	0,31
вегетационного периода (апрель – октябрь)	0,09	0,38	0,25	–0,23	0,34	0,67	–0,68	0,33	2,08	–0,39	0,38	1,02	–0,34	0,33	1,02
в начале вегетационного периода (апрель – июнь)	0,12	0,38	0,31	–0,57	0,29	1,96	–0,12	0,44	0,27	–0,55	0,34	1,63	–0,53	0,30	1,79
предшествующего холодного периода (ноябрь – март)	0,31	0,36	0,87	0,14	0,35	0,39	0,13	0,44	0,28	0,05	0,41	0,13	0,23	0,34	0,66

ков вегетационного периода (46 %). Сохранность растений в культурах Красного лесничества в наибольшей степени зависит от суммы осадков в начале вегетационного периода (31 %) и суммы годовых осадков (25 %).

Возможными причинами различий могут быть экологические (соответствие типов лесорастительных условий экологическим требованиям культивируемой древесной породы) и технологические (соответствие технологических схем освоения лесокультурной площади экологическим условиям участков, соблюдение нормативов, параметров основных технологических операций) факторы.

Таким образом, на сохранность лесных культур в большей степени влияют осадки и их количество, особенно в начале вегетационного периода, а в меньшей – температурные показатели. Снизить их влияние возможно при более тщательном планировании породного состава и технологий создания лесных культур, а также при своевременном и качественном проведении технологических приемов и операций по уходу за ними.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архив погоды в г. Элиста. – URL : https://rp5.ru/Погода_в_Элисте.

2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

3. Лакин, Г. Ф. Биометрия: учебное пособие для биол. спец. вузов / Г. Ф. Лакин. – 4-е изд., доп. и перераб. – М.: Высшая школа, 1990. – 350 с.

4. Распоряжение Главы Республики Калмыкия от 11 февраля 2019 г. № 31-рг «Об утверждении лесного плана Республики Калмыкия». – URL: https://docs.cntd.ru/document/-553107138 (дата обращения: 10.05.2023).

5. Турчин, Т. Я. Перспективы повышения лесистости в Республике Калмыкия / Т. Я. Турчин, А. Б. Корнеев // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. материалов: в 2 кн. / XVIII Международ. науч.-практ. конф. (9-10 февр. 2023 г.), приуроченная к 80-летию Алтайского ГАУ. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2023. – Кн. 2. – С. 43-46.

УДК: 631.544.75+ 630*266

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХВОЙНЫХ ПОРОД СЕМЕЙСТВА *PINACEAE* ПРИ СОЗДАНИИ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

А. А. Володькин, к. с.-х. н.; **О. А. Володькина,** к. б. н.
Пензенский государственный аграрный университет, г. Пенза, РФ

В результате изучения опыта использования хвойных пород в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья для создания насаждений государственной защитной лесной полосы установлено, что в качестве главных пород в защитных лесных полосах возможно использовать сосну обыкновенную и лиственницу.

As a result of studying the experience of using coniferous species in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region to create plantations of the state protective forest belt, it was found that it is possible to use Scotch pine and larch as the main species in protective forest belts.

Пензенская обл. располагается в восточной части Среднерусской возвышенности европейской части России, где часто наблюдаются неблагоприятные

природные явления и активные эрозивные процессы почвенного покрова. Искусственные линейные насаждения являются единственным фактором способным обеспечить сохранение биоразнообразия биогеоценозов и защитить ландшафты от негативных абиотических факторов. Основными негативными факторами окружающей среды отрицательно влияющие на рост сельскохозяйственных растений и древесно-кустарниковых пород, вызывающих деградацию природных ландшафтов, являются засуха, суховеи, весенние заморозки, водная и ветровая эрозия почв.

Ученым – почвоведом В. В. Докучаевым на основании данных научных экспедиций было предложено для защиты растений от негативных абиотических факторов создавать сеть лесных полос, разделяющих безлесные пространства лесными участками линейной конструкции. Лесные полосы способствуют улучшению микроклимата, сохранению влаги в почве в засушливые периоды, поддерживают оптимальны температурный режим, по сравнению с открытыми пространствами. Это способствует смягчению последствий засух и суховеев, увеличению урожайности сельскохозяйственных культур, сохранению плодородия почв [1, 2].

В начале XX в. была начата работа по созданию защитных лесных и закреплению оврагов и песков. К 1917 г. было создано 130 тыс. га защитных лесных насаждений, из которых полезащитных лесных полос – 20 тыс. га, приовражных насаждений – 100 тыс. га и насаждений на песках – 10 тыс. га. По данным исследований, в степных и лесостепных районах страны с 1931 по 1941 гг. было заложено 844,5 тыс. га защитных лесных насаждений, в т. ч. полезащитных лесных полос – 465,2 тыс. га, овражно-балочных насаждений – 173,3 тыс. га, лесных насаждений на песчаных массивах – 206 тыс. га [5].

В 1948 г. был принято постановление «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР», получивший название Сталинского плана преобразования природы. Планом предусматривалась закладка лесных полос на площади около 6 млн га лесных посадок для защиты сельскохозяйственных угодий, а также и посадка 120 тыс. га лесных полос вдоль берегов и на водоразделах главных рек: Урала, Волги, Дона, Северного Донца [4].

В Пензенской обл. в 1949-1952 гг. была создана государственная защитная лесная полоса Пенза – Каменск состоящая из трех лент, шириной по 60 м каждая, протяженностью по территории региона 81 км. Общая площадь полосы 13185 га, протяженность 733 км.

Целью исследований являлось изучение биометрических параметров насаждений лесополосы, созданных посадкой хвойных пород семейства Сосновые (*Pinaceae*), которые быстро растут, обладают относительной неприхотливостью к условиям роста и экологической пластичностью, что позволяет использовать их для создания искусственных лесных насаждений в различных условиях местопроизрастания. Исследования проводились по общепринятым методикам, с использованием данных государственного лесного реестра.

Лесополоса на территории Пензенской обл. расположена в зоне деятельности Ленинского лесничества ГКУ ПО «Ахунско-Ленинское лесничество». Об-

щая площадь насаждений по данным лесного реестра составляет 1477 га, что составляет 0,15 % от общей площади лесных земель. Нелесные земли составляют незначительную площадь 20,9 га или 1,4 %.

Анализ распределения лесопокрытой площади лесополосы по преобладающим породам показал, что дубовыми насаждениями (от 3 до 10 единиц в составе дуба) занято 62 % покрытой лесом площади. На березу приходится 22 %, сосну, лиственницу и ель 12 %, осину и ясень по 1 %, ветлу 2 %. Хвойные насаждения произрастают на площади 176,2 га в 3 участковых лесничествах: Ольшанском участковом лесничестве – 29,2 га, Степном участковом лесничестве им. Докучаева – 50,4 га, Ермоловско-Степном участковом лесничестве – 96,6 га [3].

Наибольшие площади насаждений с преобладанием лиственницы встречаются на отрезке лесополосы в Ермоловском участковом лесничестве – 57,1 га (67,6 % от общей площади насаждений лиственницы). Наибольшие площади насаждений с преобладанием лесных культур сосны обыкновенной произрастают в Ольшанском участковом лесничестве – 34,0 га (42,2 % от общей площади насаждений сосны). Насаждения ели произрастают на небольшой площади – 0,6 га и не оказывают существенного влияния на средние значения биометрических показатели древостоев хвойных пород в лесополосе.

Насаждения хвойных пород в лесополосе в целом относятся к высокому бонитету – I, сосновые насаждения имеют относительную полноту древостоя – 0,7, лиственницы – 0,8 (таблица).

Таблица

Биометрические показатели насаждений хвойных пород в лесополосе

Древесная порода	Площадь	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Относительная полнота	Средний запас, $м^3$/га	Бонитет
Сосна обыкновенная	84,6	16,5	18,0	0,7	215	I
Лиственница сибирская	91,0	20,1	21,7	0,8	230	I
Ель обыкновенная	0,6	16,0	18,0	0,9	230	II
Среднее по хвойным	176,2	18,1	19,5	0,7	218	I

Древостои хвойных пород в насаждениях лесополосы зафиксированы в 2 типах дубовых растительных ассоциациях: дубняк снытьевый в типе условий местопроизрастания дубрава свежая на площади 163,6 га (93 % от общей площади хвойных насаждений) и дубняк снытьево-разнотравный в типе условий местопроизрастания дубрава свежая на площади 12,6 га (7 % от общей площади хвойных насаждений).

В типе леса дубняк снытьевый продуктивность лесных культур лиственницы выше по сравнению с другими типами леса. Это связано с тем, что дубравные типы леса характеризуются высоким почвенным плодородием с мегатрофным составом травянистой растительности. Видовое богатство биоцено-

за и его видовая насыщенность, обуславливают значительное биологическое разнообразие и устойчивость лесного сообщества.

Лиственница является породой требовательной к плодородию почвы, в связи с этим в наиболее богатых по почвенному плодородию типах леса лиственница формирует наибольший прирост по высоте и диаметру, имеет наибольшую продуктивность.

Наибольший запас древесины лиственницы на 1 га лесополосы в возрасте древостоя 50 лет зафиксирован в типе леса дубняк снытьевый – 280 м^3, дубняк снытьево-разнотравный – 220 м^3. Наибольший запас древесины сосны на 1 га лесополосы в возрасте древостоя 50 лет зафиксирован в типе леса дубняк снытьевый – 350 м^3, дубняк снытьево-разнотравный – 250 м^3.

Максимальные биометрические параметры имеют сосновые насаждения с наличием в составе 8 единиц данной породы и имеют среднюю высоту 20 м, средний диаметр 24 см, полноту 0,8, запас 340 м^3/га, лиственничные насаждения с наличием в составе 8 единиц данной породы имеют среднюю высоту 20 м, средний диаметр 24 см, полноту 0,8, запас 280 м^3/га. Чистые сосновые насаждения имеют среднюю высоту 23 м, средний диаметр 24 см, полноту 0,8, запас 350 м^3/га.

Средние показатели биометрических показателей хвойных пород в типах леса дубняк снытьевый (Дсн) и дубняк снытьево-разнотравный (Дснрт) в типах условиях местопроизрастания дубрава свежая (Д2) не имеют существенной разницы, так как оба типа леса характеризуются богатыми почвами с хорошей обеспеченностью влагой.

Наибольшую среднюю высоту имеют насаждения лиственницы в типе леса дубняк снытьевый – 20,2 м и в типе леса дубняк снытьево-разнотравный – 18,8 м. Наибольший средний диаметр также имеют насаждения лиственницы в типе леса дубняк снытьевый –21,7 см и в типе леса дубняк снытьево-разнотравный – 20,0 см.

Анализ показал, что изменение таксационных параметров древостоев хвойных насаждений в направлении с севера на юг не наблюдается. Средний диаметр сосны и лиственницы в северной части лесополосы составляет 21,5 и 19,5 см, а в южной части – 22,7 и 20,0 см. Средняя высота сосны и лиственницы в северной части лесополосы составляет 20,1 м и 20,0 см, а в южной части – 20,3 м и 19,4 м соответственно.

Насаждения хвойных пород в лесополосе имеют сложный состав древостоев. В процессе роста древесных пород формируются смешанные насаждения с участием в составе 8 древесных пород: сосны обыкновенной, ели обыкновенной, лиственницы сибирской, дуба черешчатого, ясеня обыкновенного, клена остролистного, березы повислой, липы мелколистной.

Смешанные насаждения за счет опада листвы лиственных пород способствуют сохранению плодородия почвы, улучшению ее структуры, размножению в ней различных микроорганизмов, червей и членистоногих, обеспечивающих переработку органических веществ в формы, доступные для питания корней деревьев.

Использование в условиях Пензенской обл. при создании защитных лесных насаждений хвойных пород семейства Сосновые (*Pinaceae*) будет способствовать

повышению видового разнообразия полос, формированию долговечных и устойчивых к неблагоприятным абиотическим условиям защитных насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агролесомелиорация / В. Г. Юферев, Л. Б. Щербакова, В. Д. Шульга [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. – 746 с.

2. Агролесомелиорация / П. Н. Проездов, Д. А. Маштаков, Л. В. Кузнецова [и др.]. – Саратов: ООО «Амирит», 2016. – 472 с.

3. Володькин, А. А. Оценка современного состояния государственной защитной лесной полосы «Пенза – Каменск» на территории Пензенской области / А. А. Володькин, О. А. Володькина // Нива Поволжья. – 2017. – № 2(43). – С. 7-12.

4. Володькин, А. А. Состояние государственной защитной лесной полосы Пенза – Каменск / А. А. Володькин, О. А. Володькина // Охрана и рациональное использование лесных ресурсов: материалы VIII Международ. форума. В 2-х ч. Ч. 1. – Благовещенск: ДальГАУ, 2015. – С. 110-115.

5. Лесное хозяйство СССР за 50 лет / Под общ. ред. В. И. Рубцова // Гос. комитет лесного хозяйства Совета Министров СССР. – М.: Лесн. пром-сть, 1967. – 312 с.

УДК 631.51.01:630

СТРУКТУРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ УРОЖАЙНОСТИ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

А. В. Егоров

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Представлены данные о структурных показателях урожайности сафлора красильного в условиях агролесоландшафта. Исследования показали, что в условиях сухой степи юга Волгоградской обл. лесные полосы способствуют повышению урожайности сафлора красильного по сравнению с традиционной технологией возделывания и без защитных лесных насаждений.

Presents data on structural indicators of safflower dye yield in the conditions of agroforest landscapes. The research has shown that in the conditions of dry steppe in the south of Volgograd region forest strips contribute to the increase in the yield of safflower dye compared to the traditional cultivation technology and without protective forest plantations.

Сафлор (*Curthamus tinctorius*t) – является сельскохозяйственной культурой, которую можно использовать во многих отраслях народного хозяйства. В последние годы на его посевы в мире приходится более 1 млн га. Большие посевные площади сафлора красильного приходятся на Восточную и Западную Европу, Юго-Восточную Азию, Южную, Центральную и Северную Америку, а также Австралию. То есть, благодаря своей пластичности и засухоустойчивости сафлор выращивается в промышленных масштабах практически на всех континентах Земли.

В засушливых районах нижнего Поволжья агролесомелиоративное земледелие играет важную роль в возделывании сельскохозяйственных культур и запасах водных ресурсов в почве. Улучшение условий водного питания сель-

скохозяйственных культур – одна из важнейших задач полезащитного лесоразведения в зонах недостаточного увлажнения. Увлажнение почвы происходит весной за счет усвоения воды снежных отложений, а в теплый период за счет сокращения испаряемости [2].

Полезащитные лесные полосы (ПЗЛП), оказывают влияние на комплекс условий окружающей среды, тем самым воздействуют на рост и урожай сельскохозяйственных культур, которые являются основными, итоговыми критериями оценки их мелиоративной роли [2].

Целью наших исследований являлось изучение влияния полезащитных лесных полос, а также основной обработки почвы на урожайность и структурные показатели семян сафлора красильного в условиях сухостепной зоны юга РФ.

Рис. 1. Опытное поле с посевом сафлора красильного

Экспериментальная работа проводилась на опытных полях ФНЦ агроэкологии РАН Городищенского р-на Волгоградской обл. в 2022 г. (рис. 1).

Для данной зоны характерна умеренно сухая осень и влажная весна, среднегодовая температура воздуха составляет около +11 °С, среднегодовое количество осадков – 336 мм. Ежегодно во время вегетации растений наблюдают продолжительные засушливые периоды, которые наиболее часты в июле и августе.

Почвы на опытном участке светло-каштановые, фактическая кислотность составляет 6,9 %, по гранулометрическому составу тяжелосуглинистые с большой водоудерживающей способностью и влагоемкостью.

Для наших опытов была выбрана культура, которая привлекательна прежде всего своей засухоустойчивостью и нетребовательностью к почвенным показателям, переносит солонцеватые почвы и засоленный грунт в условиях степей и полупустынь – сафлор красильный (сорт Александрит). Одним из достоинств сафлора является его развитая корневая система, позволяющая извлекать влагу из более глубоких слоев почвы [3, 4, 6].

Площадь участка – 2,1 га, сорт сафлора красильного – Александрит.

Схема, по которой проводился полевой опыт:

1. Вспашка ПЛН-5-35 на глубину 25-27 см (контроль);

2. Вспашка ПЛН-5-35 на глубину 25-27 см под защитой ПЗЛП.

Оценку урожайных свойств сортов проводили согласно существующим методическим рекомендациям и указаниям по масличным культурам [1, 5].

Поскольку влага выступает лимитирующим фактором для формирования высоких урожаев, пополнение ее запасов в почве – первостепенная задача.

Одним из достоинств сафлора является его развитая корневая система, позволяющая извлекать влагу из более глубоких слоев почвы, поэтому мы сделали отбор продуктивной влаги на момент перед уборкой [3, 4].

Определение влажности почвы в метровом слое в августе 2022 г. Показало – 217,40 мм продуктивной влаги на контрольном варианте, а на варианте с ПЗЛП – 222,06 мм, что является очень хорошим показателем (табл. 1).

Таблица 1

Суммарный продуктивный запас влаги на метровый слой почвы в августе на момент уборки в Городищенском районе на 2022 г.

Номер	Слой в почве, см	Контроль	Под защитой ПЗЛП
1	0-10	196,02	154,47
2	10-20	216,99	144,70
3	20-30	221,98	193,10
4	30-40	237,19	258,52
5	40-50	230,96	258,66
6	50-60	195,59	244,90
7	60-70	214,14	243,47
8	70-80	220,29	235,24
9	80-90	228,28	256,76
10	90-100	212,56	230,76
Общий запас влаги в метровом слое		217,40	222,06

На основе полученной разницы данных на вариантах опыта были проведены измерения основных биометрических показателей перед началом уборки в период достижения растениями физиологической спелости (табл. 2).

Таблица 2

Элементы структуры урожая и качественные показатели семян

Орудия обработки почвы	Высота растений, см			Кол-во корзинок, шт.			Масличность, %	Влажность, %
	min	max	сред.	min	max	сред.		
Вспашка ПЛН-5-35, 25-27 см	38	70	53,2	1	9	4,1	24,6	5,1
Вспашка ПЛН-5-35, 25-27 см под защитой ПЗЛП	40	72	56,0	3	11	7,0	25,3	5,8

Анализ полученных данных по вариантам опыта имел значительную разницу, например, высота растений – на 5 %; количество корзинок 33,3 %; масличность – 5,2 %, влажность – 13,1 %.

Учитывая предыдущие наблюдения по структуре урожайности сафлора красильного, нами была рассчитана окончательная биологическая урожайность (табл. 3).

Подведя итоги, анализ годовых данных показывает, что прибавка к контролю по урожайности сафлора красильного (сорт Александрит), наблюдается при посеве вспашкой на 25-27см под защитой ПЗЛЗ, и составляет – 10,4 %.

Таблица 3

Основные параметры и биологическая урожайность сафлора красильного в засушливых условиях Нижнего Поволжья

Способ посева, и ширина междурядий	Норма высева, тыс. всхожих семян на 1 га	Полевая всхожесть %	Масса 1000 семян, г	Биологическая урожайность т/га
Сеялка Дон-114, ширина междурядий-21 см (контроль)	625	91	38,62	1,54
Сеялка Дон-114, ширина междурядий-21 см (вдоль ПЗЛП)	625	95	39,78	1,72

На основе проведенного опыта в 2022 г. в Городищенском р-не Волгоградской обл., можно сделать вывод, что агролесомелиоративное земледелие положительно влияет на возделывание масленичных сельскохозяйственных культур, накопив достаточный запас продуктивной влаги в почве, тем самым повышая структурные показатели урожайности сафлора красильного в засушливых районах Нижнего Поволжья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов // Учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотипное издание. Перепечатка с 5-го изд. доп. и перераб. – М.: Альянс, 2014. – 351 с.

2. Захаров, В. В. Агролесомелиоративное земледелие / В. В. Захаров, В. М. Кретинин. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2005. – 217 с.

3. Кулешов, А. М. Особенности технологии возделывания сафлора в условиях Волгоградской области / А. М. Кулешов // Научно-агрономический журнал. – 2020. – № 2(109). – С. 51-54. – DOI: 10.34736/FNC.2020.109.2.008.51-55.

4. Кулешов, А. М. Урожайность сортов сафлора в условиях Волгоградской области / А. М. Кулешов // Научно-агрономический журнал. – 2020. – № 1(108). – С. 35-38. – DOI: 10.34736/FNC.2020.108.1.007.35-38.

5. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. Под общей редакцией В. М. Лукомца. – 2-е изд., перераб. и доп. – Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта, 2010. – 327 с.

6. Ashkani, J. Genetic evaluation of several physiological traits for screening of Suitable spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes under stress and non-stress irrigation regimes / J. Ashkani, H. Pakniyat, V. Ghotbi // Pakistan Journal of Biological – 2007. – Vol. 10. – № 14. – P. 2320-232. – DOI: 10.3923/pjbs.2007.2320.2326.

УДК 634.2: 712.4

ПОЧВОЗАЩИТНАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ В ПРОТИВОЭРОЗИОННУЮ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЮ СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПОВОЛЖЬЯ

Д. В. Есков, к. т. н.; **П. Н. Проездов,** д. с.-х. н.; **Д. А. Маштаков,** д. с.-х. н.; **А. В. Розанов,** к. ф.-м. н.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова», г. Саратов, РФ

Почвозащитная и экономическая оценка приемов комплексной защиты почв от эрозии по типам агроландшафта явилась целью исследования. Окупаемость инвестиций на основе исследования 12-ти научно-производственных противоэрозионных стационаров составила: на равнинных территориях (< 3°) в течение одного года, на напряженных склонах (> 3°) – более 5 лет.

Soil protection and economic assessment of methods of complex soil protection from erosion by types of agricultural landscape was the purpose of the study. The return on investment based on the study of 12 scientific and industrial erosion control hospitals was: on flat areas (< 3 °) for one year, on stressed slopes (> 3°) – more than 5 years.

Современная концепция агролесомелиорации, разработанная ФНЦ агроэкологии РАН (бывший ВНИАЛМИ), рекомендует показатели нормализованной лесистости сельскохозяйственных угодий: пашни – 2,5 %, пастбищ – 3,8 % [5]. Из общей площади эродированных сельскохозяйственных земель в Саратовской обл. в 1370, 2 тыс. га 23 % имеют сильную степень эрозии, что связано с сокращением противоэрозионных работ, которые должны выполняться в комплексе агролесогидромелиорации [6]. Затраты на лесную мелиорацию эродированной пашни юга России окупаются в среднем через 5 лет после смыкания древесных пород в лесных полосах [2].

Объекты, цель и методика исследования. Объектами исследования являются противоэрозионные комплексы в степной зоне Приволжской возвышенности, созданные под руководством профессоров И. А. Кузника, М. А. Дудорева и П. Н. Проездова в 1964-1987 гг. [4, 7]. Характеристика противоэрозионных комплексов приведена в табл. 1.

Таблица 1

Противоэрозионные приемы на опытных участках по типам агроландшафта (крутизне склонов)

Наименование опытного участка. Год создания	Тип агроландшафта (крутизна склона)	Мелиоративно устроенная площадь, га/%	Агромелиоративные приемы на севооборотах, пастбищах (мульчированное щелевание), га/%	Гидромелиоративные приемы, га/%		Защитные лесные насаждения, га/%
				террасы, валы	засыпка оврагов	
1	2	3	4	5	6	7
1. Вязовый – 1. Татищевский р-н 1964 г.	< 1°	8,0/100	7,8/98,0	-	-	0,2/2,0
2. Вязовый – 2. Татищевский р-н 1964г.	1-3°	15,7/100	15,4/98,0	-	-	0,30/2,0

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
3. Вязовый – 3. 1964 г.; Сафаровый – 1. 1983 г.; Марьина роща – 1. 1987 г. Татищевский р-н	3-5°	21,7/100	20,2/93,1	-	21,7/100	1,5/6,9
4. Банновка, Красноармейский р-н. 1962 г.	**5-8***	**105/100**	-	**2,3/2,2**	**29,0/27,6**	**102,7/97,8**
Красная речка. 1976 г.; Марьина роща – 2. 1987 г. – 3. Татищевский р-н 1967 г., 1975 г.	5-8°	29,0/100	24,2/83,4	0,3/1,0	29,0/100	4,5/15,5
5. Марьина роща – 4. 1967 г., 1975 г.; Сафаровый – 2. 1970 г., 1983 г. Татищевский р-н	> 8°	85,7/100	-	17,3/20,2	57,0/66,5	6,0/7,0

*Примечание: приведены средние показатели для 3-4 участков; * вариант сплошного облесения.*

Объемы противоэрозионных работ, затраты на их выполнение рассчитаны на один мелиоративно устроенный гектар, исходя из доли участия мелиоративного приема в устроенной площади (табл. 2).

Таблица 2

Объемы и затраты на противоэрозионные работы в зависимости от крутизны склонов (на один мелиоративно устроенный гектар)

Вид противоэрозионных работ. Севообороты	Показатель											
	доля площади				объем работ, тыс. $м^3$/га			затраты, тыс. руб./га				
	Крутизна склонов											
	0-3°	3-5°	5-8°	> 8°	3-5°	5-8°	> 8°	< 1°	1-3°	3-5°	5-8°	> 8°
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Засыпка оврагов	-	1,00	1,00	-	0,16	0,34	-	-	-	0,7	1,5	-
Строительство валов	-	-	**0,05**	**0,05**	0,28	0,75	-	-	-	1,8	4,8	-
Безотвальная технология с мульчированным щелеванием	**0,98**	**0,95**	**0,85**	-	-	-	-	0,7	1,9	1,9	1,8	-
Создание лесных полос	**0,02**	**0,05**	**0,10**	-	-	-	-	1,0	1,0	2,5	5,0	-
Строительство террас	-	-	-	0,80	-	-	2,16	-	-	-	-	11,0
Создание на террасах защитных насаждений	-	-	-	**0,80**	-	-	-	-	-	-	-	11,9

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Фитомелиорация	-	0,95	0,85	-	-	-	-	-	-	0,7	1,0	-
Полевой севооборот	0,98	0,95	0,85	-	-	-	-	0,7	0,7	0,5	0,3	-
Пастбищеоборот	-	-	0,85	**0,15**	-	-	-	-	-	-	0,2	0,1
Итого	1,00	1,00	1,00	1,00	0,44	1,09	2,16	2,4	3,6	8,1	14,6	23,0

Теоретический аспект повышения экономической эффективности использования сельскохозяйственных угодий заключается в применении аналитического и эмпирического методов для решения математической модели множественной регрессии:

$$K_Э = b_0 + b_1 J + b_2 E_S + b_3 B + b_4 J E_S + b_5 J B + b_6 E_S B + b_7 J E_S B,$$

где $K_Э$ – коэффициент экономической эффективности; J – уклон склона (тип агроландшафта); E_S – эрозия, т/ га; B – степень защищенности угодий от эрозии комплексом противоэрозионных приемов в зависимости от крутизны склонов, B = 0,10-0,95; b_0 b_7 – коэффициенты множественной регрессии.

Основой экономической оценки агролесомелиоративных противоэрозионных комплексов послужили многолетние исследования (1964-2022 гг.) культур севооборотов и пастбищ на опытном стоково-эрозионном стационаре «Вязовский», расположенном на склоне 4,5°. Окупаемость капитальных вложений в противоэрозионные мероприятия (строительство валов, посадка лесных полос, засыпка оврагов) произошла на 5-й год освоения участка, благодаря зерну многолетней озимой ржи [7]. Капитальные затраты на противоэрозионные мероприятия увеличиваются с повышением крутизны склонов, так как для защиты угодий от эрозии требуются дорогостоящие гидромелиоративные приемы (террасы, валы, засыпка оврагов) и создание защитных лесных насаждений (см. табл. 1, табл. 3).

Технология посадки леса защитных лесных насаждений в меньшей степени претерпела изменения по сравнению с земляными противоэрозионными работами и агромелиоративными противоэрозионными уходами. Осталось использование ручного труда при посадке сеянцев древесных пород лесопосадочными машинами.

Окупаемость затрат предопределяется инвестициями в комплексную защиту земель от эрозии: на равнинных территориях (< 3°) капитальные вложения окупаются в течение одного года, на эрозионно опасных (напряженных) склонах (> 3°) – более 5 лет (см. табл. 3).

Итак, с увеличением крутизны склонов повышается составляющая затрат на гидромелиоративные до 47,9 % и на лесомелиоративные мероприятия до 23,9 % по сравнению с равнинными агроландшафтами (0-3°). Рекомендуется снижать затраты на создание защитных лесных насаждений путем внедрения инновационных лесопосадочных машин с уменьшением участия ручного труда (только закладка человеком кассет сеянцами), что сэкономит до 30-40 % средств.

Таблица 3

Окупаемость затрат на противоэрозионные мероприятия по типам агроландшафта (на один мелиоративно устроенный гектар)

Тип агроландшафта. Крутизна склонов, °	Тип севооборота. Пастбище. Террасирование	Затраты, тыс. руб./га/%				Затраты с учетом возделывания культур, тыс. руб./га	Оценка продукции, тыс. руб./га	Прибыль, тыс. руб./га	Коэфф. экономической эффективности	Окупаемость, лет
		агромелиоративные	лесомелиоративные и проектные	гидромелиоративные и проектные	итого					
Слабопологий, < 1°	Полевой	1,4/58,3	1,0/41,7	0/0	2,4/100	11,5	25,6	14,1	1,226	0,8
Пологий, 1-3°	Полевой	2,6/72,2	1,0/27,8	0/0	3,6/100	13,4	25,6	12,2	0,910	1,1
Покатый, 3-5°	Три года – фитомелиорация. Полевой	3,1/38,3	2,5/30,9	2,5/30,8	8,1/100	19,7	23,3	3,6	0,182	5,4
Покатокрутой, 5-8°	Кормовой. Фитомелиорация. Пастбищеоборот	3,3/22,6	5,0/34,2	6,3/43,2	14,6/100	17,1	18,7	1,6	0,093	10,7
Крутой, > 8°	Террасы. Пастбище	0,1/0,4	11,9/51,7	11,0/47,9	23,0/100	23,9	25,7	1,8*	0,075	13,3

*Примечание. Полевой севооборот: 1. Пар сидеральный; 2-4 Зерновые; 5 Подсолнечник. *Учтена прибыль от древесины защитных лесных насаждений на террасах.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Книга по требованию, 2012. – 352 с.

2. Манаенков, А. С. Затратность мероприятий по лесомелиорции пахотных земель на юге России, подверженные ветровой и водной эрозии / А. С. Манаенков, Е. А. Корнеева // Региональная экономика. Юг России. – 2015. – № 2(8). – С. 69-76.

3. Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов // Под ред. Е. С. Павловского, М. И. Долгилевича. – М.: ВАСХНИЛ, ВНИАЛМИ 1985. – 112 с.

4. Проездов, П. Н. Лесомелиорация в первой четверти XXI века: исторические вехи, концепция, теория, эксперимент, практика, стратегия развития / П. Н. Проездов, Д. А. Маштаков // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. Саратов, СГАУ им. Н. И. Вавилова. – 2013. – № 8. – С. 24-29.

5. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года, переработанная и дополненная / К. Н. Кулик [и др.]; ФНЦ агроэкологии РАН. – Волгоград, 2018. – 36 с.

6. Тарбаев, В. А. Мониторинг основных негативных процессов на Приволжской возвышенности / В. А. Тарбаев, М. П. Галкин // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2013. – Вып. 11(107). – С. 48-60.

7. Эколого-экономическая эффективность агролесомелиоративных мероприятий в степных ландшафтах / П. Н. Проездов, Е. Г. Панфилова, К. П. Колотырин [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2017. №5. С. 27-33.

8. Эффективность сельскохозяйственного производства (методические рекомендации) / Под ред. И. С. Санду, В. А. Свободина, В. И. Нечаева [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформвгротех», 2013. – 228 с.

УДК 630.91(470.44/47)

РОЛЬ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ В ПОВЫШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ НИЖНЕВОЛЖСКОГО РЕГИОНА

З. М. Казиева[1], А. В Грибкова[2]

[1]*ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»,* г. Волгоград, РФ

[2]*ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»*, г. Волгоград, РФ

Приводится экономическое обоснование необходимости внедрения системного подхода к организации кормообеспечения отрасли животноводства. По результатам исследования Нижнего Поволжья авторы утверждают, что использование системы лесомелиоративных мероприятий позволит нарастить кормовую базу, улучшить качество кормов, что приведет к увеличению показателей продуктивности скота, и, как следствие обеспечит продовольственную обеспеченность региона и его экологическую безопасность.

Provides an economic justification for the need to introduce a systematic approach to the organization of feed supply in the livestock industry. According to the results of the study of the Lower Volga region, the authors argue that the use of a system of forest reclamation measures will increase the feed base, improve the quality of feed, which will lead to an increase in livestock productivity, and, as a result, ensure the food security of the region and its environmental safety.

Вопросам продовольственной обеспеченности и экологической безопасности уделяется большое внимание. Проблема нерациональности структуры и

норм потребления в регионах привела к несоответствию требованиям и нормативным индикаторам действующей Доктрины продовольственной безопасности России. Сложность проблемы усугубляется необходимостью учета возможности реализации различных сценариев развития, в условиях реализации санкционной политики [1].

На протяжении длительного времени в нашей стране ведение хозяйственных отношений, а так же продовольственного обеспечения строилось на фоне повышения интенсивности использования и увеличения площадей сельскохозяйственных угодий, в том числе за счет естественных лесов и лугопастбищных земель. В настоящее время наблюдается увеличение сельскохозяйственного производства в 3 раза, площади сельхозугодий на 16 % и орошаемых земель в 2 раза [6]. Распаханность сельскохозяйственных земель в ведущих аграрных регионах варьирует в превышенных пределах от 60 до 90 %, при этом отмечается сокращение продуктивности земель вследствие истощения, засоления, эродизации и дезертификации [2, 5]. Прогрессирующее антропогенное вмешательство, сложные природно-климатические условия, а так же малая защищенность лесными полосами сельскохозяйственных угодий способствовали нарушению экологической устойчивости сельскохозяйственных территорий по сравнению с природными ландшафтами на 52 %, снижению биоразнообразия на 15 % [4]. Несмотря на меры государственной поддержки сельхозтоваропроизводителей на сегодняшний день сельское хозяйство, в том числе молочная отрасль России находится в непростом положении, что ставит под угрозу экологическую и продовольственную безопасность страны.

Для Нижнего Поволжья, которое включает Республику Калмыкию, Волгоградскую и Астраханскую обл. актуальной проблемой является опустынивание и деградация земель. В регионе наблюдается временная и пространственная интенсификация опасных природных явлений (засухи, суховеи, пыльные бури) сопровождаемые ростом температуры приземного слоя атмосферы и уменьшением почвенной и воздушной влажности. Активные процессы деградации сельскохозяйственных земель в регионе происходили в период до 1990 г. Например, в республике Калмыкия на пастбищах Черных земель опустыниванию в 70-90-х годах XX в. подверглось 40-50 тыс. га/год. Однако и в настоящее время наблюдаются очаговые вспышки опустынивания, вызванные дефляцией [8]. На сегодняшний момент в регионах Нижнего Поволжья степень деградации варьирует от формы процессов и определяется антропогенными и природными факторами (табл. 1). Площадь деградирования сельхозугодий Нижнего Поволжья составляет 10665 га [6]. Вследствие выполнения работ по фитомелиорации, а также сокращения поголовья скота площадь опустынивания существенно сократилась [9, 10].

Таблица 1

Формы и площадь деградирования сельхозугодий Нижнего Поволжья [6]

Административный район	Засоление	Эрозия	Дефляция	Итого
Республика Калмыкия	2424	516,0	2470	5409
Астраханская обл.	1012	0,7	498	1511
Волгоградская обл.	1436	2221,0	87	3744

Перечисленные факторы снижают продуктивность сельхозземель, ухудшают состояние травостоя и продуктивность пастбищ. Динамика изменения поголовья сельскохозяйственных животных в стране представлена в табл. 2.

Таблица 2

Поголовье крупного рогатого скота (на конец года; тысяч голов)

Административный район	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Хозяйства всех категорий							
Российская Федерация	18346,09	18294,2	18151,4	18126	18027,2	17651,3	17488,6
Республика Калмыкия	537,8	481,9	445,2	426,8	359,1	297,8	327,4
Астраханская обл.	284,5	288,2	293,8	294,1	294,1	294,4	296,2
Волгоградская обл.	308,2	297,0	302,0	318,2	340,4	342,5	360,9

В то же время при динамике незначительного увеличения поголовья КРС в целом в хозяйствах всех категорий Российской Федерации на 9,9 % или 32,1 тыс. голов не наблюдается увеличения производства молока в России [3]. Большая часть поголовья страны была обновлена при реализации государственной программы через Росагролизинг. Поставленная в Россию голштинская порода отличается высокой продуктивностью (до 25 л в сутки) [11]. Однако показатели прироста удойности скота и качества молока оставляют желать лучшего и вызывают необходимость поиска решения задач по устойчивому развитию регионов (табл. 3).

Таблица 3

Продуктивность скота в Российской федерации по категориям хозяйств (кг)

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Надой молока на 1 корову	4218	4368	4492	4642	4839	5011	5336

Несомненно, сельскохозяйственное производство, продовольственное обеспечение и доступность продуктов питания зависят от природных факторов и изменений климата. Ряд исследователей анализируют продовольственное обеспечение в контексте мировой проблемы сокращения плодородия сельскохозяйственных земель [7].

Однако Нижневолжский регион обладает значительным биоклиматическим потенциалом, позволяющим эффективно вести отгонное скотоводство, производить продукты животноводства и растениеводства на импорт при соблюдении мероприятий по восстановлению продуктивности сельскохозяйственных угодий. Общепризнано, что агролесомелиоративные мероприятия являются экономически доступными и экологически эффективными способами защиты аридных территорий. Основой агролесомелиорации являются защитные лесные полосы. Древесные насаждения защищают агроландшафты от засух, суховеев, эрозии, дефляционных процессов, улучшают влаго- и теплообмен. Происходит повышение плодородности и сохранности почв, расширяется биологическое разнообразие, преобразовываются средозащитные условия, тем

самым формируются экологически устойчивые агроландшафты. Лесные насаждения способствуют формированию каркаса защитного комплекса и преобразованию внешнего облика степных ландшафтов.

Большинство защитных лесных полос были высажены в регионе еще в советское время, вследствие чего сохранность и лесопатологическое состояние является крайне низкой. Большая часть защитных лесных насаждений нуждается в лесохозяйственном уходе и улучшении санитарного состояния. Создать искусственные лесные насаждения в условиях аридного климата полупустынной зоны крайне сложно, но многолетняя положительная практика степного лесоразведения, показала, что перспективным является механизированная посадка лесных культур пескоукрепительных, засухоустойчивых пород.

Таким образом, научные изыскания в области земледелия и животноводства в лесостепных, степных и полупустынных районах убеждают, что в системе мероприятий, направленных на экологически безопасное освоение территорий и улучшение состояния агроландшафтов, важное место принадлежит агролесомелиоративной защите природных ресурсов и сельскохозяйственных угодий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашова, Н. Н. Социально-экономическое развитие сельских территорий Юга России в условиях пространственной трансформации / Н. Н. Балашова, Е. А. Колпакова, Е. А. Тарасова // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Нац. науч.-практ. конф. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. – С. 119-125.

2. Бочарников, В. С. Влияние степени эродированности на плодородие почв и урожай сельскохозяйственных культур / В. С. Бочарников, А. А. Бондаренко // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международ. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2021. – С. 31-37.

3. Корабельников, И. С. Состояние и тенденции развития молочного скотоводства: региональный аспект / И. С. Корабельников, А. В. Грибкова // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 3. – С. 56-65.

4. Краснощеков, В. Н. Оценка влияния хозяйственной деятельности на состояние агроландшафтов Волгоградской области / В. Н. Краснощеков, Ю. П. Фоменко // Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 93-98.

5. Кулик, К. Н. Роль защитного лесоразведения в борьбе с засухой и опустыниванием агроландшафтов/ К. Н. Кулик, А. И. Беляев, А. М. Пугачёва // Аридные экосистемы. – 2023. – Т. 29. – № 1(94). – С. 4-14.

6. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)» / Под ред. Р. С.-Х. Эдельгериева. – М.: ООО «Изд-во МБА», 2019. – Т. 2. – 476 с.

7. Овчинников, А. С. Перспективы развития мелиоративного комплекса Волгоградской области / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников // Инновационные технологии в земледелии и мелиорации на современном этапе развития АПК: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с международ. участием, посвящ. 90-летию кафедры земледелия почвоведения и мелиорации Дагестанского государственного аграрного университета имени М. М. Джамбулатова. – Махачкала, 2022. – С. 45-51.

8. Региональные изменения климата в сухих степях и их связь с засухами / А. М. Пугачёва, А. И. Беляев, К. Ю. Трубакова [и др.] // Аридные экосистемы. – 2022. – Т. 28. – № 4(93). – С. 13-21.

9. Рулева, О. В. Методологический подход при исследовании биопродуктивности картофеля в зоне влияния лесных полос Нижнего Поволжья / О. В. Рулева, З. М. Казиева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 1(69). – С. 106-114.

10. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года, переработанная и дополненная / К. Н. Кулик [и др.]; ФНЦ агроэкологии РАН. – Волгоград, 2018. – 36 с.

11. Токарева, Е. В. Бухгалтерская оценка генетической ценности биологических активов лизинга в условиях цифровой экономики / Е. В. Токарева // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы Международ. науч.-практ. конф., проведенной в рамках Международ. науч.-практ. форума, посвящ. 75-летию образования Волгоградского государственного аграрного университета. – Волгоград, 2019. – С. 121-128.

УДК 630.43

СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ПИРОГЕННОЙ РОЛИ ОПУШЕК СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

А. А. Ковалев

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Рассмотрены материалы и мнения ученых о пирогенной роли опушек сосновых насаждений. Приведены лесоохранные и лесообразующие функции опушек, а также их строения и особенности формирования.

Considers materials and opinions of scientists about the pyrogenic role of pine plantation edges. The article presents forest protection and forest-forming functions of forest edges, as well as their structure and features of formation.

В настоящее время проблема возникновения лесных пожаров наиболее актуальна. Ежегодно от лесных пожаров погибают сотни тысяч гектар лесных насаждений. Экологический и финансовый ущерб исчисляется миллиардами рублей. Особенно опасны лесные пожары в хвойных насаждениях засушливой зоны. По статистике подавляющая часть (около 90 %) случаев их возникновения имеет антропогенное происхождение.

Среди работ ученых, занимающихся изучением причин возникновения пожаров, а также разработкой систем и рекомендаций по борьбе с ними, сформировалось устойчивое мнение, что низко опущенные сучья периферийных деревьев сосновых насаждений способствуют развитию и переходу «низовых» приопушечных степных пожаров, в более опасные и неконтролируемые лесные «верховые пожары». Для повышения противопожарной безопасности предлагается обрубать нижние приземленные или свисающие сучья до высоты 1,5-2,0 м и более [4].

Однако это мнение не совсем соответствует реальной картине протекания данного процесса, и несомненно то, что пирогенная роль опушек в монокультурах сосны значительно преувеличена.

Опушка леса – край леса, переходная полоса (экотон) между лесом из всех составляющих его ярусов лесной растительности и смежным типом растительности (лугом, болотом и др.).

Формирование опушки в сосновых искусственных насаждениях начинается вместе с процессом смыкания крон в междурядьях и началом опережающего роста деревьев расположенных на периферии [2-6, 9].

Исследованиями ученых установлено, что здоровая и ненарушенная опушка в сформировавшихся полнотных сосновых насаждениях с полевой стороны представляет собой рыхлую наклоненную поверхность. Эта поверхность образована ярусами сильно развитых живых сучьев сосен, расположенных на периферии насаждения [1, 2, 10]. Самые толстые, длинные, и густо охвоенные сучья сосны находящиеся в самом низу ствола и лежат или свисают над землей. Строение кроны деревьев расположенных на периферии насаждения с обратной стороны, такое же как и у деревьев внутри насаждения. Отличие периферийных деревьев от деревьев внутренней части сосняка заключается в наличии больших асимметричных крон, вследствие потребления ими большего запаса влаги и света [5, 7].

Трудно переоценить влияние опушек на искусственные насаждения сосны. Они выполняют ряд незаменимых функций, обеспечивающих насаждению долговечность и защиту от различных факторов: опушки способствуют боковому притенению почвы и при высокой сомкнутости насаждения обеспечивают сохранение лесной среды в наиболее проблемной зоне насаждения [1, 2, 5, 7].

Приземленные или свисающие со ствола сучья за счет действия ветра и поступательных движений задерживают снег, уничтожают всходы различных трав, разметают опад, расширяют площадь питания и уровень влагообеспеченности периферийных деревьев, повышая их долговечность. Для многих диких животных опушка является укрытием, а также запасом богатого и легкодоступного корма [5, 7].

Обрезка живых сучьев периферийных деревьев с полевой стороны здоровых насаждений – экономически затратное, а также довольно опасное мероприятие (протяженность опушек, составляет десятки тысяч километров, масса мелкой древесины и хвои – сотни тысяч тонн, которые необходимо утилизировать с соблюдением правил пожарной безопасности в лесах) [8, 10, 11] .

Наблюдения, проводившиеся на местах свежих горельников сосны, не подтверждают однозначную пирогенную роль опушек. В сомкнувшихся молодых, и средневозрастных чистых насаждениях сосны, переход беглого степного огня в кроны деревьев происходит уже в глубине насаждения на расстоянии 5-15 м от опушки. Огонь поднимается вверх по стволам деревьев с быстро загорающейся сухой чешуйчатой корой и отмершими сухими сучьями [2-7, 9].

Перед проникновением огня вглубь насаждения он проходит через приземленные или низко опущенные сучья периферийных деревьев, при этом хвоя находящаяся на этих сучьях сгорает только до высоты 0,3-0,5 м. от земли. Относительно малое скопление сухого опада на границе опушки и насаждения так же способствует задерживанию огня. При попытке огня подняться выше, он встречает на своем пути более развитые и густоохвоенные сучья сосны (чем выше по стволу располагаются сучья – тем влажнее и моложе находящаяся на них хвоя), которые препятствуют дальнейшему вертикальному распространению огня в кроны периферийных деревьев, и переходу «низового» пожара и «верховой» [2-7, 9].

Делая выводы можно предположить, что обрезку нижних сучьев периферийных деревьев в монокультурах сосны можно считать обоснованной только в

определенном случае, когда насаждение находится в усыхающем состоянии, а преимущественно мертвые сухие сучья сосны представляют высокую пирогенную опасность. Тем не менее, данный вопрос до сих пор остается открытым, ученым предстоит провести ряд комплексных исследований по выявлению лесоэкологической и зооэкологической роли опушек в монокультурах сосны засушливой зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арцыбашев, Е. С. Охрана от пожаров лесных культур на песчаных землях // Проблемы лесоведения и лесоводства / Е. С. Арцыбашев, В. Г. Гусев, А. С. Манаенков. – Гомель: ИЛ НАН Белорусии, 2002. – Вып. 56. – С. 229-248.

2. Арцыбашев, Е. С. Охрана от пожаров лесных культур степной зоны / Е. С. Арцыбашев, В. Г. Гусев, А. С. Манаенков // Практические рекомендации. – СПб, 2003. – 56 с.

3. Арцыбашев, Е. С. Параметры развития пожаров в культурах сосны лесостепной зоны / Е. С. Арцыбашев, В. Г. Гусев // Тез. докл. участников совещания-семинара по решению лесопожарных проблем. – СПБ: СПБНИИЛХ, 2002. – С. 42-46.

4. Гусев, В. Г. Лесопирологические основы, методы и средства создания противопожарных барьеров в сосновых лесах и космический мониторинг их эффективности / В. Г. Гусев: автореф. дис. … д. с.-х. н. – СПб., 2006. – 47 с.

5. Манаенков, А. С. Лесомелиорация арен засушливой зоны / А. С. Манаенков. 2 -е изд. перераб. и доп. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. – 428 с.

6. Манаенков, А. С. Лесообразование и пожарная опасность в монокультурах сосны на территории засушливых областей / А. С. Манаенков, Е. В. Егорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013.– Вып. № 3. – С. 56-61.

7. Манаенков, А. С. Лесоэкологическая и пирогенная роль опушек сосновых насаждений / А. С. Манаенков // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международ. науч.-практ. конф., Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ – Волгоград, 2017. – Т. 4 – С. 445-450.

8. Манаенков, А. С. Особенности пирогенеза в культурах сосны степной зоны / А. С. Манаенков // Тез. докл. участников совещания-семинара по решению лесопожарных проблем. – СПБ: СПБНИИЛХ, 2002. – С. 39-42.

9. Манаенков, А. С. Причины и погодные особенности формирования пожарной опасности в сосняках засушливой зоны / А. С. Манаенков, Е. В. Егорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – Вып. № 3. – С. 61-66.

10. Манаенков, А. С. Профилактика лесных пожаров в сосняках Волгоградской области / А. С. Манаенков, В. В. Юрченко // Практические рекомендации. – Волгоград, 2006. – 52 с.

11. Юрченко, В. В. Проблемы охраны искусственных сосновых насаждений от пожаров в Волгоградской области / В. В. Юрченко, А. С. Манаенков, О. С. Родионова [и др.] // Альманах – 2008 Лобачева Г. К. Юбилейный выпуск: сб. материалов. – Волгоград, 2008. – С. 23-29.

УДК 634.93:502.7

СЦЕНАРНЫЙ ПРОГНОЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ ДЛЯ АПК ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. Корнеева, к. с.-х. н.

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Представлена оценка эффективности лесной мелиорации при различных погодно-климатических условиях для земледелия. Определена величина агроэкономического эффекта в виде чистого дохода от дополнительного продукции растениеводства и предотвращенного ущерба от гибели посевов при слабой и сильной степени интенсивности ветровой эрозии.

Presents the evaluation of the effectiveness of forest reclamation in different weather and climatic conditions for agriculture. The size of the macroeconomic effect of net income from the additional crop production and prevented damage from the loss of crops at weak and severe intensity of wind erosion.

В настоящее время сельское хозяйство решает задачи современного природопользования далеко не лучшим образом. Нежелательные действия некоторых землевладельцев привели к потерям почвенного плодородия, нарушению структуры почв, их эрозии и дефляции.

Лесные мелиорации являются наименее затратным и распространенным видом восстановления нарушенных земель. Они основаны на полном приспособлении к местным условиям и максимальной мобилизации местных ресурсов, не требует особо сложных технологических решений. Эти мелиорации пластичны по отношению к существующим экосистемам и сопровождаются реабилитацией нарушенных ландшафтов. Вместе с тем требуют особого подхода при проектировании и реализации, основанного на последних достижениях лесомелиоративной науки [4].

Сегодня после затяжной стагнации региональные работы по развитию и внедрению лесных мелиораций в фермерские системы возобновляются – защитные лесные насаждения используют большинство ведущих зерновых хозяйств, подтверждая большую эффективность в защите земель от природных аномалий, особенно пыльных бурь. На фоне нежелательного состояния земельных ресурсов страны необходим надежный прогноз реального влияния лесных насаждений на экономику местных агрофирм.

Высокая ветровая активность является главным препятствием на пути получения высоких урожаев зерновых фермерами. Наиболее высокая скорость ветра в Волгоградской области характерна для открытых приподнятых участков возвышенностей и связана с динамическим влиянием рельефа. Система полезащитных лесных насаждений, правильно размещенная, подобна сети встроенных подземных каналов – осваивает местные осадки, задерживает их на поле и переводит в почвенные запасы влаги.

Материалы наших исследований (данные получены расчетным путем на основании средней по Волгоградской обл. урожайности зерновых культур (пшеницы) и среднерыночной стоимости полученной продукции), а также моделирование объектов лесомелиорированного землепользования размером 2000 × 2000 м позволили изучить изменение экономических показателей при размещении лесных полос через 30 и 15H, а также его промежуточном значении – 22H. Защищенность полей при этом равняется, соответственно, 51, ≈100 и 68 % [2]. Для расчетов взят дуб черешчатый как одна из наиболее долговечных пород, широко применяемых в настоящее время в степных условиях [1].

Оценка эффективности лесных мелиораций производится, как правило, в условиях неопределенности из-за разнообразных погодных условий и состоя-

ний почв. В этой связи требуется изучить всевозможные сценарии облесения полей с целью выбора наиболее оптимального.

Так, обустройство агроландшафтов системами защитных лесных насаждений обеспечивает рост сельскохозяйственной отрасли – в 1,1-2,8 раза, по сравнению с открытыми земельными участками (см. табл.). При всех сценариях максимальные значения показателей чистого дохода имеет лесомелиоративный режим с параметрами межполосного пространства 15Н.

Таблица

Оценка эффективности лесомелиоративного обустройства агроландшафтов Волгоградской обл.

Показатель	Открытое поле	Межполосное пространство		
		30Н	22Н	15Н
Площадь поля, га:				
без лесных полос	400,0			
под защитой полос		195,5	260,6	372,0
Защищенность, %		50,7	68,0	98,9
1 сценарий – незначительная годовая ветровая деятельность				
Чистый доход, тыс. руб.	5923,2			
Чистый доход с учетом дополнительной продукции		6216,6	6349,7	6531,8
*2 сценарий – активная годовая ветровая деятельность**				
Чистый доход, тыс. руб.	2369,3			
Чистый доход с учетом дополнительной продукции		4527,6	5260,5	6496,3
Предотвращенный ущерб от гибели посевов в результате ветровой эрозии, тыс. руб.		1360,6	1813,7	2589,0
Итого, тыс. руб.		5888,2	7074,2	9085,3

**В расчетах принято распространение ветровой эрозии средней интенсивности, когда площадь дефлированных земель с сильно поврежденными и погибшими посевами составляет не менее 40 % площади поля [6].*

В благоприятных погодных для земледелия условиях с невысокой среднегодовой энергией ветра (1 сценарий), этот рост небольшой, но имеет значительную величину в абсолютных показателях – 16,3 тыс. руб. чистого дохода на 1 га (в ценах 2020 г.), который обеспечивается за счет создания насаждениями более комфортных мелиоративных условий для вегетации растений, обеспечивающих повышение валовых сборов урожая на защищенных полях в среднем по степной зоне до 3,5 ц с гектара [5].

По 2 сценарию (неблагоприятные погодные условия для земледелия в виде засух и пыльных бурь) показатели эффективности лесной мелиорации до 40 % выше, чем по первому сценарию. Обеспечиваются они в основном противодефляционной способностью лесонасаждений, когда при значительных скоростях ветра, контролируется и подавляется физическое разрушение почв и, как следствие, предотвращается гибель посевов вместе с ущербом от дополнитель-

ных затрат на пересев сельскохозяйственных культур. Показатели лесомелиорированного землепользования с межполосным пространством 15Н составляют 22,7 тыс. руб./га чистого дохода, что превышает показатели землепользования «без лесомелиорации» почти в 4 раза и лесомелиоративного режима «30Н» более, чем в 1,5 раза. Очевидно, что при более серьезной угрозе выдувания земель (пыльных бурях) эффективность лесной мелиорации оказывается еще выше.

Отметим, что границы возможностей систем защитных лесных насаждений оценены только по их косвенному мелиоративному влиянию на поля – массе дополнительной продукции растениеводства, которая является основополагающим показателем деятельности агрохозяйств.

Учет прямого защитного влияния лесной мелиорации на поля в виде предотвращенного ущерба от потерь плодородия распаханных почв, определяемого по компенсационным затратам на удобрения, увеличивает эти оценки в 5-10, а при больших потерях земель в результате формирования сильных пыльных бурь в 100 раз [3].

Учитывая то, что в Волгоградской обл. из-за природных аномалий раз в 3-6 лет вводится режим ЧС в сельском хозяйстве, в регионе целесообразен переход от доминирующей продуктивной модели землепользования, к модели, которая принимает и развивает природосберегающие технологии – лесные мелиорации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агролесомелиорация (5-е изд., перераб. и доп.) / А. Л. Иванов, К. Н. Кулик. – Волгоград: Изд. ВНИАЛМИ, 2006. – 746 с. ISBN 5-900761-42-8

2. Корнеева, Е. А. Лесная мелиорация как фактор устойчивого развития агропроизводства в Волгоградской области / Е. А. Корнеева // АПК: экономика, управление. – 2019. – № 6. – С. 55-63. DOI: 10.33305/196-55

3. Манаенков, А. С. Биогеографические аспекты оценки эффективности защиты пахотных земель лесными полосами / А. С. Манаенков, Е. А. Корнеева // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2021. – № 3. – С. 48-54.

4. Манаенков, А. С. Почвозащитная эффективность лесной мелиорации на склоновых землях юга европейской территории России / А. С. Манаенков, Е. А. Корнеева // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 1. – С. 24-27.

5. Трибунская, В. М. Нормативы прибавок урожая важнейших сельскохозяйственных культур от мелиоративного влияния полезащитных лесных полос / В. М. Трибунская, Т. С. Кузьмина. – М.: Изд-во МСХ СССР, 1984. – 99 с.

6. Трибунская, В. М. Экономическая эффективность защитных лесных насаждений в системе охраны почв от эрозии. – М.: Агропромиздат, 1990. – 176 с. ISBN 5-10-002069-5

УДК 630.266:631.452 (571.513)

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛЕЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ В АРИДНОЙ И СУБАРИДНОЙ ЗОНАХ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

А. И. Лобанов, к. б. н.; **Н. В. Кутькина**, к. б. н.
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии»,
г. Абакан, РФ

Кратко обобщен научный и производственный опыт полезащитного лесоразведения и намечены работы на ближайшую перспективу в аридной и субаридной зонах Республики Хакасия. Указаны основные технологические параметры и нормативные документы по созданию нового поколения полезащитных лесных полос оптимального диагонально-крупносетчатого строения, способствующие развитию полезащитного лесоразведения.

Briefly summarizes the scientific and industrial experience of field-protective afforestation and outlines work for the near future in the arid and subarid zones of the Republic of Khakassia. The main technological parameters and normative documents for the creation of a new generation of shelterbelts of the optimal diagonal-coarse-mesh structure are indicated, which contribute to the development of shelterbelt afforestation.

Сегодня в условиях потепления климата и аридизации территорий усиливается внимание к вопросам научного обеспечения полезащитного лесоразведения в аридной, субаридной и сухой субгумидных зонах. Начало работ по полезащитному лесоразведению на территории аридной зоны Средней Сибири, в т. ч. Республики Хакасия, относится к концу сороковых годов прошлого века, когда в СССР масштабно реализовывалось Постановление Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 г. «О плане полезащитных лесных насаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР», в основу которого был положен план В. В. Докучаева по борьбе с засухой и преобразования степей России [2].

В Республике Хакасия работы по полезащитному лесоразведению велись по специальному Постановлению Совета Министров СССР от 10.11.1950 г. № 4574 «О мероприятиях по развитию орошаемого земледелия, полезащитного лесоразведения и сельскохозяйственного водоснабжения в Хакасской автономной области Красноярского края».

В связи с освоением целинных и залежных земель в 1954-1963 гг. работы по полезащитному лесоразведению были практически прекращены и только после катастрофической вспышки дефляции на 82 % площади пашни [17] в результате их освоения, они проводились вновь после выхода в 1967 г. Постановления Совета Министров СССР «О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии».

С 1967 г. в Республики Хакасия, по данным В. С. Подстрелова [11], посажено в целом 15188 га полезащитных лесных полос (ПЗЛП). В 1992 г. в республике насчитывалось примерно 10 тыс. га ПЗЛП [12], а к 2003 г. их общая площадь снизилась до 5,6 тыс. га [4], и значительная часть из них в настоящее время требует реконструкции.

Опыт полезащитного лесоразведения в аридной и субаридной зонах Республики Хакасия обобщен П. Ф. Фоминым [16], Н. И. Лиховид [5], В. К. Савостьяновым [13], Е. Н. Савиным с соавторами [1], А. И. Лобановым и Е. Н. Савиным [10].

Системы ПЗЛП накапливают твердых осадков в 1,3-4,4 раза больше, чем открытые агроценозы, в 2-4 раза снижают весенний поверхностный сток, повышают уровень грунтовых вод до их корнедоступности, улучшают параметры аэродинамического, микроклиматического, радиационного воздействия на

сельскохозяйственные угодья, в новых современных условиях резко увеличивают свою значимость как элемент биоэкологического земледелия [3, 6]. Эффективность их зависит от оптимальных параметров размещения на площади, ширины и высоты насаждений, состава древесных пород, конструктивных параметров лесополос, способа посадки и др.

Совершенствование технологий выращивания ПЗЛП является актуальным направлением исследований. Согласно разработанной концепции создания нового поколения ПЗЛП [7] перспективным в полезащитном лесоразведении аридной и субаридной зонах Республики Хакасия является способ создания ПЗЛП диагонально-крупносетчатого строения, предложенный А. И. Лобановым [8], А. И. Лобановым и Е. Н. Савиным [9] и испытанный на базе тополевых лесополос в Кулундинской степи Западной Сибири, в Минусинской степи Красноярского края и на базе лиственничных лесополос в Ширинской степи Республики Хакасия (рис. 1).

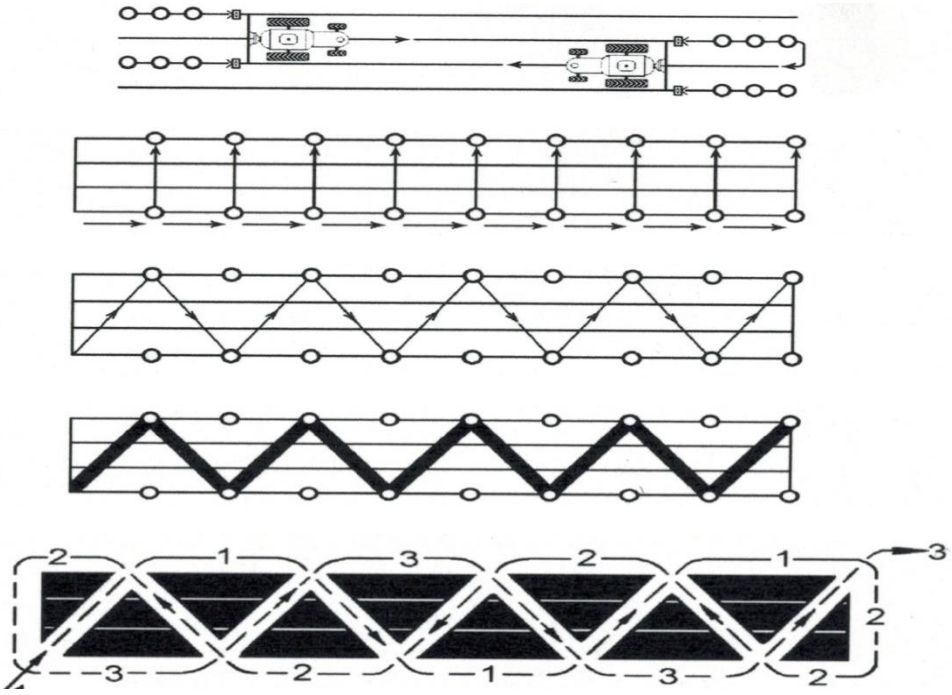


Рис. 1. Схема проведения работ по закладке и формированию лесополосы диагонально-крупносетчатого строения с треугольной формой биогрупп, состоящих из древесных (75 %) и кустарниковых пород (25 % в крайних рядах): а – механизированная посадка сцепкой из двух лесопосадочных машин за два прохода; б – разбивка лесополосы; в – прокладка визиров; г – расширение визиров до образования коридоров шириной 3,5-4,0 м и дополнение из них посадок в 1-2-летнем возрасте лесополосы; д – схема движения агрегата при агротехническом уходе за почвой в коридорах и на закрайках лесополосы

Закладка и формирование лесных полос диагонально-крупносетчатого строения с применением улучшенного агрофона на богарных пахотных землях, в т. ч. на орошаемых, позволяет в последующие годы достигать повышенных показателей роста лесных полос и увеличивает их биологическую устойчивость за счет улучшения гидрологического режима в разнонаправленных диагональ-

ных коридорах и на закрайках лесополос, служащих своеобразными «магазинами влаги». Такие ПЗЛП имеют хорошую сохранность и не требуют рубок ухода. Агрономический эффект от них обеспечивается за счет диагонально-крупносетчатого строения.

Перспективной является также технология создания двухрядных ПЗЛП с широким (6-8 м) междурядьем и освоения лесомелиорируемой территории [15], однако такие насаждения требуют проведения лесоводственных уходов.

В полезащитном лесоразведении Республики Хакасия еще много нерешенных вопросов. Назрела необходимость проведения детальной инвентаризации имеющихся ПЗЛП с их лесоводственно-мелиоративной оценкой, реконструкции части из них. Требуется разработка противоэрозионного комплекса с применением математического моделирования, совершенствование способов выращивания ПЗЛП, изучение вопросов биологической устойчивости и долговечности лесных полос, какими факторами они контролируются на разных этапах онтогенеза и др. Решение их возможно на длительных стационарных объектах с постановкой и проведением в необходимых случаях полевых опытов.

Таким образом, создание в ближайшей перспективе ПЗЛП диагонально-крупносетчатого строения и двухрядных лесных полос с широким междурядьем должны занять достойное место на полях аридных, субаридных и сухих субгумидных районов не только Республики Хакасия, но и других засушливых территориях Сибири. Это поможет существенно снизить агроэкологический кризис, деградацию почв, опустынивание земель, улучшить условия жизни населения и перейти к более мягкому ландшафтно-адаптированному землепользованию с биологизацией и экологизацией производства. Эта проблема актуальна и сегодня [14], так как опасность усиления деградационных процессов при расширении использования земель засушливых зон не ликвидирована, а еще больше возрастает из-за потепления климата и усилении аридизации аграрных территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выращивание лесных полос в степях Сибири / Е. Н. Савин, А. И. Лобанов, В. Н. Невзоров [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 102 с.

2. Докучаев, В. Наши степи прежде и теперь (издание в пользу пострадавших от неурожая) / В. В. Докучаев. – Санкт-Петербург: Типограф. Е. Евдокимова, Б. Итальянская, 1892. – 128 с.

3. Кулик, К. Н. О мерах по совершенствованию государственной политики в сферах лесного хозяйства и лесозащитного лесоразведения / К. Н. Кулик, А. А. Мартынюк // Аналитический вестник. – 2020. – № 12(755). – С. 24-30.

4. Кутькина, Н. В. Влияние лесных полос на степные почвы Хакасии Н. В. Кутькина // Защитное лесоразведение в аридной зоне. – Абакан: НИИАП Хакасии, 2003. – С. 66-100.

5. Лиховид, Н. И. Лесополосы в Хакасии / Н. И. Лиховид. – Красноярск: Кн. изд-во, 1969. – 47 с.

6. Лобанов, А. И. Средообразующие и мелиоративные свойства полезащитных лиственничных насаждений Северной Хакасии / А. И. Лобанов // Современные вопросы полезащитного лесоразведения. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1988. – Вып. 3(95). – С. 149-157.

7. Лобанов, А. И. Концепция создания нового поколения защитных лесных насаждений в аридной зоне Средней Сибири / А. И. Лобанов // Степи Северной Евразии: материалы V Международ. симпозиума / Под науч. ред. чл.-корр. РАН А. А. Чибилёва. – Оренбург: ИПК «Газпромпечать» ООО «Оренбурггазпромсервис», 2009. – С. 437-441.

8. Лобанов, А. И. Технология создания древесно-кустарниковых насаждений диагонально-крупносетчатой конструкции на подверженных дефляции землях / А. И. Лобанов // Защитное лесоразведение по природным зонам СССР. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1991. – Вып. 2(103). – С. 56-60.

9. Лобанов, А. И. Новый способ выращивания и формирования лесных полос на пахотных землях в степях Сибири / А. И. Лобанов, Е. Н. Савин // Лесохозяйственная информация. – 1998. – Вып. 7. – С. 1-8.

10. Лобанов, А. И. Развитие в Институте леса им. В. Н. Сукачева СО РАН исследований по вопросам защитного лесоразведения за период 1944-2009 гг. / А. И. Лобанов, Е. Н. Савин // Ботанические исследования в Сибири. – Красноярск: Изд-во Поликом, 2010. – Вып. 18. – С. 128-151.

11. Подстрелов, В. С. Состояние и перспективы защитного лесоразведения в степной зоне Хакасии / В. С. Подстрелов // Защитное лесоразведение при формировании агроландшафтов в степи: материалы симп. по защитному лесоразведению, посвящ. памяти П. Ф. Фомина, Абакан, 9-10 авг. 1994 г. – Новосибирск, 1995. – С. 12-16.

12. Савостьянов, В. К. Идеи В. В. Докучаева в Хакасии: попытки использования и перспективы применения / В. К. Савостьянов // Тез. докладов науч. конф., посвящ. 100-летию плана В. В. Докучаева по борьбе с засухой, Абакан, 4-6 авг. 1992 г. Кн. 1. – Новосибирск, 1992. – С. 46-57.

13. Савостьянов, В. К. Полезащитное степное лесоразведение в Хакасии / В. К. Савостьянов // Земледелие. – 1995. – № 1. – С. 13-14.

14. Савостьянов, В. К. Агролесомелиоративные мероприятия для сохранения плодородия почв юга Сибири и их рационального использования / В. К. Савостьянов // Достижения науки и техники АПК. – 2011.– № 4. – С. 7-9.

15. Савостьянов, В. К. Технология создания двухрядных полезащитных лесных полос с широким междурядьем и освоения лесомелиорируемой территории в степных районах Хакасии / В. К. Савостьянов, Н. И. Лиховид. – Абакан: НИИАП Хакасии, 1995. – 10с.

16. Фомин, П. Ф. Опыт полезащитного лесоразведения в Хакасии / П. Ф. Фомин. – Абакан: Хакасоблгосиздат, 1952. – 72 с.

17. Эрозия почв в районах Минусинской впадины и борьба с нею / Н. В. Орловский, П. И. Крупкин, М. Н. Польский [и др.]. – Красноярск, 1963. – 70 с.

УДК 630*266:631*452 (517)

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ В МОНГОЛИИ

А. И. Лобанов[1], к. б. н.; **Ж. Тушигмаа**[2], к. б. н.

[1]*ФГБНУ «Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии»,* г. Абакан, РФ

[2]*Ботанический сад-институт Академии наук Монголии,* г. Улан-Батор, Монголия

Кратко обобщен опыт защитного лесоразведения на землях сельскохозяйственного назначения. Намечены основные пути оптимизации землепользования методами лесомелиорации, позволяющие повысить экологическую и продовольственную безопасность Монголии.

The experience of protective afforestation on agricultural lands is briefly summarized. The main ways of optimizing land use by the methods of forest reclamation are outlined, which make it possible to increase the ecological and food security of Mongolia.

Процесс опустынивания на территории Монголии является одной из важнейших экологических проблем, последствия которой сказываются на состоя-

нии не только природной среды, но и социально-экономического развития страны. По данным A. Khaulenbek с соавторами [5], в Монголии опустыниванию подвержено свыше 1,2 млн км^2 (77,8 %) общей территории, из которых 35,3 % являются слабо опустыненными, 25,9 % – умеренно, 6,7 % – сильно и 9,9 % – очень сильно.

Цель работы – обобщение научно-производственного опыта защитного лесоразведения на землях сельскохозяйственного назначения и определение основных путей оптимизации землепользования методами лесомелиорации на территории Монголии.

Общая территория Монголии составляет 156,6 млн. га, из которых 134,0 млн га используется в сельском хозяйстве, примерно 0,8 % обрабатывается, 1,6 % используется для сенокоса, а 97,6 % – это пастбища. В целом, по всей стране ущерб земельному фонду причинен на площади 14076,6 тыс. га. Более 400 тыс. га пахотных угодий земельного фонда истощено и требуют почвенной мелиорации, а более 70 % пастбищ деградировало в той или иной степени [11].

На территории Монголии защитное лесоразведение, как самое дешевое и эффективное средство восстановления плодородия почв, начали использовать в 70-х годах прошлого века после начала освоения целинных и залежных земель, проведенных в 1959 г. (1-й этап), в 1976 г. (2-й этап) и в 2008 г. (3-й этап) [10].

Напомним, что защитное лесоразведение – это система мероприятий, направленных на создание, выращивание, использование массивных, куртинных, полосных и террасных лесных культур с целью защиты техногенного рельефа от ветровой и водной эрозии, а также для сохранения плодородия почвы и повышения продуктивности сельскохозяйственных и других угодий, защиты определенных объектов и т. д. [15].

Аварзэд Р. впервые занимался разработкой основных вопросов создания защитных лесных насаждений в бассейне рек Орхон-Селенги в Монголии [1]. Основной целью работ по созданию защитных лесных насаждений являлось улучшение почвенно-климатических условий в отдельных местностях для получения максимальных урожаев сельскохозяйственных культур.

В последующие годы, в связи с реформированием экономики, начатые в 1990 г., работы по созданию защитных лесных насаждений различного целевого назначения фактически были прекращены и вновь возобновлены в рамках Национальной программы «Зеленая стена» [6], принятой в 2005 г., Национальной программы для борьбы с опустыниванием [7], принятой в 2006 г. и других работ по защитному лесоразведению [2, 4, 8, 12, 14].

За 10 лет после принятия Национальной программы «Зеленая стена» в целях борьбы с опустыниванием были созданы полезащитные лесные полосы на площади 1600 га в Гобийской пустыне Южно-гобийского аймака Монголии. Только в 2017-2018 гг. борьба с опустыниванием осуществлена на площади 2826 га, в т. ч. на площади 1007 га были созданы полезащитные лесные полосы [9]. Ч. Дугаржавом с соавторами [8] разработан новый методологический прием лесоразведения в сухой степи Восточной Монголии, который они назвали «биокуртинным». Ими выявлено, что лиственница сибирская (*Larich sibirica* Ledeb.) является наиболее приемлемой породой для этого региона. В работе

Д. Цогнамсрай, Ч. Дугаржава [14] впервые подведены итоги экспериментальных работ по лесомелиорации деградированных пастбищ пустынно-степной зоны сомона Баяндэлгэр и сухостепной зоны Уулбаян сомона Сухэ-Баторского аймака Восточной Монголии.

В последнее время ученые аграрного сектора Монголии считают целесообразным вести земледелие на ландшафтной основе [13]. Переход на адаптивно-ландшафтную организацию территории вызван необходимостью повышения экономической эффективности и экологической безопасности землепользования с максимально возможным сохранением природных механизмов саморегулирования среды, и представляет собой рациональное, экологически сбалансированное использование каждого участка земель.

Особое место в разработке адаптивно-ландшафтных систем принадлежит защитному лесоразведению, что обусловлено многообразным и долговременным мелиоративным влиянием защитных лесных насаждений различного целевого назначения на сельскохозяйственную территорию. При разработке таких систем нужен комплексный подход, который должен включать: организационно-хозяйственные, агротехнические, агролесомелиоративные и гидротехнические мероприятия. При этом защитные лесные насаждения, по мнению академика К. Н. Кулика [3], играют важную роль в адаптивно-ландшафтном земледелии, исполняя роль экологического каркаса территории и агроэкологическую функцию, прямо или косвенно воздействуя на почвы и в целом на характер землепользования.

С учетом сложившейся экологической и социально-экономической обстановки к настоящему времени А. И. Лобановым с соавторами [4] научно обоснована лесоаграрная система освоения исконно безлесных земель Монголии. Она включает на пахотных землях создание полезащитных лесных полос, а на пастбищах – пастбищезащитных лесных полос, прифермских (прикошарных) лесных полос, зеленых (древесных) зонтов, микрозонтов на мелких щебнистых почвах и затишковых защитных насаждений.

В целях рационализации и оптимизации землепользования ученым России и Монголии, исполняющим работы по программе Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции Российской академии наук и Академии наук Монголии в области экологии и биологии, в ближайшей перспективе предстоит: провести полномасштабную инвентаризацию защитных лесных насаждений и лесоустройство с применением дистанционных методов таксации и получить объективную информацию об их породном составе, особенностях роста, современном состоянии, лесоводственно-мелиоративной эффективности и потребности в лесохозяйственных мероприятиях; осуществить агролесомелиоративное и дендрологическое (лесокультурное) районирования территории, являющиеся фундаментальной основой для долгосрочного планирования размещения лесных культур и зеленого строительства; усовершенствовать технологии выращивания защитных лесных насаждений различного целевого назначения; усовершенствовать систему мониторинга и контроля качества сельскохозяйственных земель с регулярным проведением геоботанических обследований земель; разработать научно-практические основы адаптивного использования агроэкологических ресурсов, включающие оптимизацию состава флоры и повышение продуктивности долголетия аридных пашен и пастбищ в условиях опустынивания.

Таким образом, значительные площади земельного фонда Монголии подвергнуто деградации и опустыниванию. Правительство Монголии ставит целью устойчивое зеленое развитие экономики на принципах укрепления взаимосвязи общества и природной среды. Независимо от форм собственности на землю почвенные ресурсы рассматриваются как общенародное достояние. Для устранения эколого-ресурсного диссонанса необходимо более широкое использование защитного лесоразведения, как основного средства и элемента разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Освоение этих систем – основной путь сохранения и повышения плодородия почв, увеличения продуктивности и устойчивости земледелия, повышения продовольственной и экологической безопасности страны и снижения уровня дискомфорта в местах работы и проживания людей. Эффективность проектируемых лесокультурных и лесомелиоративных работ во многом будет зависеть от технического переоснащения сельскохозяйственного и лесохозяйственного производств, и предопределяться уровнем государственной поддержки и государственно-частного партнерства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аварзэд, Р. Разработка основных вопросов создания защитных лесных насаждений в бассейне рек Орхон-Селенги в МНР / Р. Аварзэд: автореф. дис. … к. с.-х. н. – Л., 1972. – 15 с.

2. Агрооблесение / Т. Атарсайхан, А. Буянбаатар, М. Хишигджаргал [и др.]. – Улаанбаатар: Экспресс-печать, 2019. – 300 с.

3. Кулик, К. Н. Роль агролесомелиорации в реабилитации нарушенных агроландшафтов Российской Федерации / К. Н. Кулик // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международ. науч.-практ. конф., Волгоград, 10-12 февр. 2021 г. – Т. I. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2021. – С. 20-24.

4. Лесоаграрная система освоения земель Монголии / А. И. Лобанов, Ч. Дугаржав, С. Гэрэлбаатар [и др.] // Высшая школа: научные исследования: материалы Межвуз. Международ. конгресса, Москва, 10 дек. 2020 г. – Т. 1. – М.: Изд-во Инфинити, 2020. – С. 108-116. DOI:10.34660/INF.2020.16.27.018

5. Лесомелиоративные работы по борьбе с опустыниванием / A. Khaulenbek, J. Tsogtbaatar, Ns. Ganchudur [et all.] // Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития: материалы Международ. конф., Улан-Батор, 8-11 сент. 2015 г. Т. 2. – Улан-Батор, 2015. – С. 373-376.

6. Национальная программа «Зеленая стена», о некоторых мероприятиях ее осуществления // Сборник законов, постановлений, указаний, национальных программ и задач в природной и экологической сфере. – Улаанбаатар, 2005. – С. 345-356.

7. Национальная программа по борьбе с опустыниванием // Сборник законов, постановлений, указаний, национальных программ и задач в природной и экологической сфере. – Улаанбаатар, 2006. – С. 336-344.

8. Опыт облесения низкогорий в сухостепной зоне Монголии / Ч. Дугаржав, П. Д. Гунин, Д. Эрдэнэхулэг [и др.] // Аридные экосистемы. – 2008. – Т. 14, № 35-36. – С. 57-67.

9. Отчет о состоянии окружающей среды в Монголии за 2017-2018 гг. – Улаанбаатар, 2019. – 186 с.

10. Постановление Правительства Монголии об утверждении Национальной программы по осуществлению III похода по освоению залежных и целинных земель. – Улаанбаатар, 2008.

11. Рэгдэл, Д. Экологические требования к социально-экономическому развитию Монголии в условиях аридизации климата / Д. Рэгдэл, Ч. Дугаржав, П. Д. Гунин // Аридные экосистемы. – 2012. – Т. 18, № 1(50). – С. 5-17.

12. Современные проблемы агролесомелиорации и защитного лесоразведения в Монголии / А. И. Лобанов, Ч. Дугаржав, Ж. Тушигмаа [и др.] // Трансграничные территории Востока России: факторы, возможности и барьеры развития: материалы Международ. науч.-практ. конф., Улан-Удэ, 6-8 сент. 2021 г.: электронное издание. – Улан-Удэ: Изд-во Бурят гос. ун-та, 2021. – С. 275-280. DOI 10.18101/978-5-9793-1654-3-2021-1-395

13. Туул, Д. Почвенно-агрохимические основы адаптивно-ландшафтного земледелия в Монголии / Д. Туул, Б. Энхтуяа // Совершенствование ведения сельскохозяйственного производства на опустыненных землях аридной зоны: материалы Международ. Круглого стола, Улаангом, Кызыл, Абакан, 3-7 окт. 2009 г. – Абакан, 2010. – С. 68-70.

14. Цогнамсрай, Д. Эффективность некоторых методов восстановления деградированных пастбищ пустынно-степной зоны Монголии / Д. Цогнамсрай, Ч. Дугаржав // Аридные экосистемы. – 2016. – Т. 22, № 3(68). – С. 56-62.

15. Экологические термины в защитном лесоразведении / Под ред. И. П. Свинцова. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. – 264 с.

УДК 630*26

НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ЮГЕ СТРАНЫ

А. С. Манаенков, д. с.-х. н.

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Приводится оценка современного состояния защитных лесонасаждений и лесов на территории засушливого пояса страны, обсуждаются пути его улучшения.

An assessment of the current state of protective forest plantations and forests in the territory of the country's arid belt is given, ways to improve it are being discussed.

Можно констатировать, что спустя еще десятилетие, проблемы защитного лесоразведения и лесного хозяйства на территории малолесных южных областей страны [15] не только не решены, но и продолжают обостряться.

Так, по имеющимся данным, во всех засушливых регионах России базовые типы защитных лесных насаждений (ЗЛН) на сельскохозяйственных и других категориях земель (около 3 млн га), созданные, в основном, 30-70 лет назад, в результате старения и неадекватного содержания теряют жизнеспособность, пришли в запущенное санитарное состояние и распадаются. Для сохранения или снижения темпа деградации их защитно-мелиоративных функций еще 5-10 лет назад имелась острая необходимость в большой объеме неотложных работ по возобновлению, оздоровлению и повышению долговечности ЗЛН. В настоящее время поле-, пастбищезащитные, прибалочные, приовражные, придорожные лесные полосы, насаждения в гидрографической сети, на песках, крутосклонах и других проблемных землях, особенно в сухостепных и полупустынных районах, повсеместно нуждаются в объективной оценке возможности их сохранения и приведения в приемлемое санитарно-мелиоративное состояние, а также в определении объемов лесовосстановления и дополнительного лесоразведения, финансовых и материальных затрат.

Очевидно, что выполнить эту работу возможно только по свежим материалам единовременной (как минимум в пределах региона) инвентаризации ЗЛН, проведенной в максимально сжатые сроки наземными методами в разрезе почвенно-климатических зон. Ее главная задача в новых условиях – оценка состояния древостоев по комплексу признаков: жизнеспособности и возможности естественного возобновления древостоя лесообразующих пород, санитарному и функциональному состоянию насаждений, и на ее основе определение их потребности в первоочередных лесохозяйственных мероприятий. Немаловажны и предложения по оптимизации имущественной принадлежности ЗЛН на сельскохозяйственных землях, их рациональному использованию и содержанию [16]. Решение этой сложной задачи под силу только профессионалам, прошедшим специальную подготовку, что также является одной из актуальных и непростых задач современного лесного образования. В связи с этим необходима актуализация понятия термина «Инвентаризация защитных лесных насаждений» (ГОСТ Р 56695-2015).

Наряду с сохранением и повышением долговечности существующих ЗЛН, практически все аграрные регионы страны нуждаются в значительном расширении их площади и повышении защитной лесистости угодий [26].

Таким образом, для решения этой важной народнохозяйственной задачи, направленной на сохранение земельных ресурсов и оздоровление окружающей среды на территории малолесных земледельческих областей, необходима оперативная разработка региональных программ развития защитного лесоразведения. Важнейшей задачей ее научного обеспечения до сих пор остается обновление нормативно-методической основы проектирования, создания и лесохозяйственного обслуживания ЗЛН. В сложном, иногда критическом состоянии, находятся и защитные леса, расположенные на песчаных землях и плакорах степной и полупустынной зоны.

Так, на юге европейской территории страны, вследствие пожаров и размножения стволовых вредителей, чрезвычайно низкой результативности лесокультурных работ, уже не одно десятилетие сокращается площадь искусственных сосновых лесов на песчаных землях [9, 18]. Лесные мелиорации песков, основанные на использовании сосны обыкновенной и крымской, позволяют формировать устойчивые к деградации лесные, лесоохотничьи, лесопастбищные, рекреационные и другие виды угодий, создавать природные резерваты, повышать лесистость малолесных территорий [7]. При этом решаются экологические проблемы, развивается лесная инфраструктура, создается основа для безопасных доходных форм природопользования (переработка хвойно-витаминного сырья, рекреация, охотничий, познавательный туризм и т. п.) [8].

Очевидно, что нужна разработка и реализация целевой государственной программы «Восстановление лесов и повышение лесистости песчаных земель засушливой зоны страны». Мероприятия этой программы должны базироваться на использовании передовых достижений науки и практики в этой области. В частности, практический интерес представляют: Методика определения наибольшей отраслевой пригодности песчаных земель [13]; Стратегия и принципы ландшафтно-хозяйственного облесения арен [9]; Методика количественной оценки лесорастительных условий [12]; Дифференцированная технология

создания насаждений [2, 4, 23]; Зональные режимы рубок ухода в молодняках [3, 14] и противопожарного обустройства хвойных лесов [1, 19] и т. п.

В близкое к критическому состоянию пришли пойменные леса в долинах рек с зарегулированным стоком (Волго-Ахтубинская пойма, пойма Среднего и Нижнего Дона, Терека и др.), имеющие исключительно важное экологическое, рыбо- и лесохозяйственное, а также рекреационное значение. Негативное изменение водно-солевого режима лесных земель на фоне многолетнего истощительного лесопользования привели к снижению лесистости, продуктивности, устойчивости и возобновительной способности лесов. В большой степени пострадали пойменные дубравы [6, 27], в структуре которых стали преобладать разреженные порослевые древостои высокого биологического возраста, на основной площади утратившие природоохранно-хозяйственное значение.

Достигли высокого возраста (60-70 лет), интенсивно отмирают или с ускорением снижают мелиоративный потенциал, хозяйственную ценность древостои государственных защитных лесных полос (ГЗЛП) и «промышленных дубрав» на плакорах [17, 21, 22, 24]. Их природоохранно-рекреационное значение, особенно в безлесных районах сухой степи и полупустыни, трудно переоценить. Они замыкают системы полезащитных лесных полос, являются резерватами дикой флоры и фауны, консервируют и улучшают почву, микроклимат на занятой и прилегающей площади, депонируют углерод и обогащают атмосферу кислородом, служат охотничьими угодьями и местом отдыха населения, а также источником дефицитной древесины.

Сохранение и разведение этих лесов также нуждается в реализации специальных региональных программ, разработанных с учетом имеющегося научного задела [10, 20, 25] и дополнительных исследований. Особенно актуальной и наукоемкой является проблема оценки лесопригодности пойменных земель в новых, квазистационарных гидрологических условиях.

Следует отметить, что кулисные и куртинные насаждения лиственных пород (робиния, гледичия, вяз приземистый, тополь), созданные на песках сухой степи и полупустыни Терско-Кумского междуречья (Восточное Ставрополье, Дагестан, Чечня) в 1950-1960-е годы в порядке лесомелиоративной реабилитации разбитых пастбищ, также находятся в неудовлетворительном состоянии. Доля сильно ослабленных, усыхающих и усохших, а также расстроенных приисковой рубкой материнских древостоев превышает 80 %. С целью восстановления пастбищезащитных и ландшафт образующих функций насаждений требуется оперативная разработка и реализация проектов лесохозяйственных мероприятий по их омоложению и воспроизводству.

Осуществление перечисленных мероприятий в ЗЛН и пойменных лесах только европейской России позволит заготовить и утилизировать около 0,5 млн. $м^3$ ликвидной древесины, свыше 1 млн $м^3$ дровяного сырья, существенно усилить защиту сельскохозяйственных и других земель, обеспечить устойчивое и эффективное развитие лесохозяйственного сектора. Получат импульс развития научные исследования, как в части совершенствования нормативно-технических, так и правовых основ защитного лесоразведения и охраны окружающей среды, безопасности землепользования, а также нацеленных на разработку новой техники и технологии лесомелиоративного освоения нарушенных земель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арцыбашев, Е. С. Охрана от пожаров лесных культур засушливой зоны (практические рекомендации) / Е. С. Арцыбашев, В. Г. Гусев, А. С. Манаенков. – Санкт-Петербург, 2003. – 56 с.

2. Зюзь, Н. С. Культуры сосны на песках Юго-Востока / Н. С. Зюзь. – М.: ВО Агропромиздат, 1990. – 155 с.

3. Зюзь, Н. С. Повышение засухоустойчивости сосновых молодняков / Н. С. Зюзь // Лесное хозяйство. – 1978. – № 3. – С. 38-40.

4. Зюзь, Н. С. Разработка способов облесения заросших песков / Н. С. Зюзь // Агролесомелиорация и плодородие почв. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 224-232.

5. Максимов, А. Н. Проблемы восстановления пойменных дубрав в бассейне Дона / А. Н. Максимов, А. С. Манаенков // Защитное лесоразведение: история, достижения, перспективы: сб. науч. тр. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1998. – Вып. 1(108). – С. 193-201.

6. Манаенков, А. С. Влияние почвенно-грунтовых условий и паводка на состояние дубрав Волго-Ахтубинской поймы / А. С. Манаенков, З. А. Степанова // Лесная мелиорация и повышение плодородия почв: бюл. ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1981. – Вып. 1(35). – С. 78-82.

7. Манаенков, А. С. Итоги и опыт облесения сосной южно-европейских арен России / А. С. Манаенков // Защитное лесоразведение: история, достижения, перспективы: сб. науч. тр. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1998. – Вып. 1(108). – С. 48-56.

8. Манаенков, А. С. Ландшафтно-хозяйственная индикация песчаных земель засушливых областей / А. С. Манаенков, Н. С. Зюзь // Вестник РАСХН. – 1997. – № 2. – С. 53-55.

9. Манаенков, А. С. Лесомелиорация арен засушливой зоны / А. С. Манаенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. – 428 с.

10. Манаенков, А. С. Лесопригодность экотопов Волго-Ахтубинской поймы для культур сосны / А. С. Манаенков, А. С. Пономарев // Лесной журнал. – 2022. – Вып. 4. – С. 127-145. – DOI:10.37482/0536-1036-2022-4-127-145.

11. Манаенков, А. С. Лесохозяйственные проблемы засушливой зоны / А. С. Манаенков // Лесное хозяйство. – 1999. – № 3. – С. 32-33.

12. Манаенков, А. С. Методика и нормативы оценки лесопригодности земель под массивное облесение сосной в поясе неустойчивого увлажнения ЕТР / А. С. Манаенков. – М., 2001. – 35 с.

13. Манаенков, А. С. Методика ландшафтно-хозяйственной классификации песчаных земель засушливых областей юго-востока европейской части СНГ / А. С. Манаенков, Н. С. Зюзь, К. Н. Кулик. – М., 1997. – 47 с.

14. Манаенков, А. С. Методические рекомендации по проектированию рубок ухода в искусственных молодняках сосны степной зоны ЕТР / А. С. Манаенков. – М.: РАСХН, 2004. – 34 с.

15. Манаенков, А. С. Неотложные задачи лесного хозяйства на юге России / А. С. Манаенков // Лесное хозяйство. – 2012. – № 3. – С. 8-9.

16. Манаенков, А. С. Особенности инвентаризации и лесохозяйственного обслуживания защитных лесных насаждений в новых экономических условиях / А. С. Манаенков // Лесное хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 25-26.

17. Манаенков, А. С. Повышение долговечности ЗЛН на зональных почвах степей европейской России / А. С. Манаенков, М. В. Костин // Инновации и технологии в лесном хозяйстве: материалы Международ. науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 67-73.

18. Манаенков, А. С. Проблемы защиты сосняков юга ЕТР / А. С. Манаенков, Н. С. Зюзь // Лесохозяйственная информация. – 1996. – № 8. – С. 33.

19. Манаенков, А. С. Профилактика лесных пожаров в сосняках Волгоградской области / А. С. Манаенков, В. В. Юрченко // Практические рекомендации. – Волгоград, 2006. – 52 с.

20. Манаенков, А. С. Развитие основ степного и защитного лесоразведения: теоретические, прикладные аспекты и задачи в современных условиях / А. С. Манаенков // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2016. – № 2 (30). – С. 5-23.

21. Манаенков, А. С. Современное состояние и возможность выращивания дубрав промышленного значения на комплексных почвах сухой степи и полупустыни / А. С. Манаенков, М. В. Костин, В. А. Шкуринский // Вестник ПГТУ. Серия «Лесная Экология. Природопользование». – 2012. – Вып. 2(16). – С. 12-19.

22. Манаенков, А. С. Современное состояние и возобновительный потенциал лесообразующих пород на обыкновенном черноземе / А. С. Манаенков, М. В. Костин // Лесное хозяйство. – 2007. – № 5. – С. 26-28.

23. Манаенков, А. С. Современные проблемы облесения песков засушливой зоны сосной / А. С. Манаенков // Вековой опыт формирования лесных экосистем в агроландшафтах засушливого пояса России: материалы Международ. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2003. – С. 162-172.

24. Манаенков, А. С. Состояние и перспектива возобновления защитных лесонасаждений на южном черноземе / А. С. Манаенков, М. В. Костин // Лесное хозяйство. – 2009. – № 3. – С. 18-20.

25. Методическое руководство по повышению долговечности широкополосных защитных лесных насаждений на юге европейской территории России / А. С. Манаенков, М. В. Костин, В. А. Шкуринский [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. – 56 с.

26. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года / К. Н. Кулик [и др.]. – Волгоград, 2014. – 36 с.

27. Шульга, В. Д. Влияние человека на пойменные леса Терека / В. Д. Шульга, А. Н. Максимов, В. В. Азовцев // Экология и экономическая роль защитных лесных насаждений в лесоаграрном степном ландшафте. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1985. – С. 119-126.

УДК 634.93

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ РАБОТ ПО ЛЕСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ ОПУСТЫНЕННЫХ ПАСТБИЩ ПРИКАСПИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А. С. Манаенков[1], д. с.-х. н.; **К. И. Бембеев**[2]

[1]*ГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»,* г. Волгоград, РФ

[2]*Калмыцкая агролесомелиоративная опытная станция (Филиал ФНЦ агроэкологии РАН),* г. Элиста, РФ

Изложена информация об организации работ в период реализации мероприятий Генеральной схемы борьбы с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ. Сформулированы предложения к программе действий по устранению последствий деградации пастбищных экосистем, возникших в последние десятилетия.

Information on the organization of work during the implementation of the activities of the General Scheme for Combating Desertification of the Black Lands and Kizlyar Pastures is presented. Proposals have been formulated for a programme of action to address the effects of the degradation of grassland ecosystems that have arisen in recent decades.

Очередная грандиозная вспышка дефляционного опустынивания пастбищных земель российского Прикаспия, произошедшая в Правобережье Волги и юго-восточной части Кумо-Волжского междуречья и достигшая кульминации в середине 80-х годов прошлого столетия, была, практически, подавлена за 10

лет с активной фазой работ в течение 5 лет (1991-1995 гг.).

Причины возникновения этой вспышки имеют комплексный характер. Они включают широкий спектр нерациональных (от политических до локально-хозяйственных) действий, которые достаточно полно освящены в литературе и не нуждаются в дополнительных комментариях. Напомним, что разрушению подверглись, в основном, легкие зональные почвы, что привело к образованию крупных очагов и массивов мелкобарханных песков с чрезвычайно высокой интенсивностью его переноса и наступления на прилегающую степь. Совокупная площадь очагов дефляции только на Черных землях достигала 560-600 тыс. га, а ее прирост 40-50 тыс. га в год. Площадь сильно и очень сильно сбитых, по сути, «скальпированных» пастбищ на примыкающей к ним территории – 2 млн га. В 1984-86 гг. ветровой эрозией было повреждено 94,6 % кормовых угодий этого региона. В центре Черных земель возникла антропогенная пустыня. Не менее драматическая ситуация сложилась и на Кизлярских пастбищах. В результате резко сократилась площадь функционирующих угодий, критически снизились урожайность подножного корма и восстановительный потенциал пастбищных экосистем. Произошел падеж и резкое сокращение поголовья скота.

По решению Правительства РСФСР в 1986 г., Южгипроземом объединения Росземпроект Госагропрома РСФСР с соисполнителями (семью научно-исследовательскими и проектными институтами) была разработана Генеральная схема борьбы с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ, содержащая научно обоснованный комплекс мероприятий, способных обеспечить прекращение процессов опустынивания территории, улучшить хозяйственное состояние пастбищ, повысить их плодородие и охрану земель.

Одними из наиболее важных и дешевых (около 8,3 % совокупных капитальных вложений) разделов этих мероприятий стали лесомелиоративные мероприятия – закрепление песков. В течение 15 лет (1986-2000 гг.) планировалось закрепить их на площади 632,3 тыс. га (на Черных землях – 561,4 тыс. га), в т. ч. за период 1991-1995 гг. – 281,5 тыс. га. Для обеспечения этих работ посадочным материалом предусматривалось резкое увеличение объема заготовки семян, на 30-35% увеличение площади постоянных питомников, изменение породной структуры выращиваемого посадочного материала в соответствии с особенностями фитоэкологических условий в крупных очагах дефляции, их неоднородностью и т. п.

Обязанности по организации и финансированию этих работ были возложены на Главк Черных земель и Кизлярских пастбищ Госагропрома Российской Федерации (позднее Агролесомелиострой), а исполнителями определены лесомелиоративные станции (ЛМС) и мехлесхозы, расположенные на территории и по границе пострадавших районов. Особенно большая нагрузка пришлась на Комсомольскую и Яшкульскую ЛМС. Рабочее проектирование мероприятий, в основном, осуществляли специалисты Саратовского и Калмыцкого филиалов системы Росгипролесхоза и Росгипрозема. Большой объем этих работ был выполнен ими при научном сопровождении ученых ВНИАЛМИ.

Несмотря на неустойчивое бюджетное финансирование и затраченное

время на подготовительные работы, уже в первом пятилетии лесомелиоративные мероприятия на Черных землях были осуществлены на площади 26,7 тыс. га, а во втором – 160,9 тыс. га, т. е. в начале 90-х годов темпы пескоукрепительных работ удалось увеличить в 5-7 раз. Синхронно с лесомелиорацией с 7,8 до 84,2 тыс. га в год были увеличены и объемы работ по коренному и поверхностному улучшению пастбищ. К 1996 г. площадь подвижных песков сократилась с 600 тыс. га (в 1989 г.) до 240 тыс. га, улучшено 300 тыс. га кормовых угодий и запущен процесс самовосстановления опустыненных земель. Мелиорированные угодья в установленном порядке возвращались землепользователям [5, 6].

С ускорением процессов опустынивания в 70-80-е годы, а затем темпов лесной мелиорации заметное оживление получили и научно-исследовательские работы, направленные на повышение их результативности. Были усовершенствованы методические основы, разработана серия эффективных приемов и дифференцированная технология комплексного (кустарниково-травяного) освоения крупных очагов дефляции [2, 3, 7]. Эти разработки «с колес» были использованы производством и помогли обогнать, а затем резко снизить темпы деградации земель.

Последовавшее (с 1996 г.) резкое сокращение госбюджетного финансирования не позволило завершить запланированные работы. С ликвидацией лесомелиоративных станций и других государственных производственных подразделений, а также проектных организаций, переходом на долевое распределение затрат, систему конкурсного участия в проектировании и выполнении лесомелиоративных работ мелкими частно-коммерческими подразделениями их годовые объемы сократились, а результативность постепенно снизилась до стартового и даже более низкого уровня. Произошла деградация производственной инфраструктуры (питомников, технического парка, специалистов) лесомелиоративного комплекса.

Однако прекращение развития пройденных мелиорацией очагов дефляции в местах их концентрации в сочетании с относительно благоприятными погодными условиями и умеренным выпасом скота в конце XX столетия обеспечило ускорение прогрессивных сукцессий и последующее восстановление продуктивных растительных формаций на сильно сбитых, слабо перевеянных и покрытых небольшим слоем навеянного песка участках целины вокруг «потухших» очагов дефляции. Через 20-30 лет исчез эбелековый покров и на коренные местообитания вернулись ковыльные, белополынные и белополынно-разнотравные пастбища, прекратилось эоловое разрушение грунтовых дорог. Благодаря только лесной мелиорации были подавлены процессы лавинообразного опустынивания на площади 800 тыс. га и в хозяйственный оборот возвращено не менее 500 тыс. га многие годы не продуцировавших угодий [4].

Повышение урожайности подножного корма в последующие 10-15 лет спровоцировало бурный рост и 2-3-кратное увеличение поголовья скота в регионе. А по-прежнему несовершенная система организации их использования привела к возобновлению роста числа и общей площади очагов дефляции, сильно и очень сильно сбитых пастбищ. Под барханными песками она увеличилась и в 2-3 раза, а под сбитыми выпасами еще больше (Юстинский, Яшкуль-

ский, Черноземельский районы Калмыкии, северные районы Дагестана, восточные Ставропольского края и Чечни). Налицо явные признаки формирования очередной крупной вспышки опустынивания кормовых угодий.

Таким образом, современный тренд развития процессов опустынивания природных пастбищ в Прикаспии делает неотвратимым возрождение опыта организации крупномасштабных мелиоративных работ. Их удачные уроки в 80-90-е годы минувшего столетия, менее удачные в последние десятилетия, а также неблагоприятные стартовые общественно-экономические условия текущего периода диктуют следующую последовательность действий.

Для успешной ликвидации дефляционного опустынивания пастбищ Прикаспия, необходимо:

- разработать федеральную программу «Борьбы с опустыниванием пастбищ в российском Прикаспии и ликвидации ее последствий» сроком на 15-20 лет с полным финансированием работ из бюджета РФ;

– провести инвентаризацию пастбищ (определить географию, принадлежность, площадь и характер сильно деградированных кормовых угодий) и сформировать из них государственный реабилитационный фонд земель, подлежащих первоочередной лесо- и фитомелиорации;

- решить правовые проблемы, провести процедуру отчуждения на 5-7 лет и передачу компактно расположенных массивов опустыненных пастбищ в «Государственный реабилитационный фонд земель»;

- учредить Государственный головной орган, уполномоченный в части планирования, финансирования, организации проектирования и выполнения фитомелиоративных работ, контроля качества их выполнения, а также охраны и проведения процедуры передачи-возврата восстановленных угодий в эксплуатацию на территории российского Прикаспия. При этом органе создать подразделение, ответственное за качественное проектирование основных видов работ, связанных с лесо- и фитомелиорацией и восстановлением растительного покрова;

- разработать обоснование и изыскать возможность создания на территории Астраханской обл., Черных земель и Кизлярских пастбищ укомплектованных кадровыми, техническими и материальными ресурсами Государственных унитарных предприятий лесо-фитомелиоративного профиля. Принять меры по укреплению и развитию частных производственных подразделений того же профиля для выполнения менее масштабных и подсобных работ. Разработать условия и изыскать возможность возродить практику вовлечения производственных подразделений системы лесного хозяйства в выполнении работ по кустарниковой мелиорации сильно нарушенных пастбищных земель;

- разработать и утвердить «Положение» о передаче подрядчику на срок 5-7 лет участков опустыненных пастбищ из реабилитационного фонда земель для выполнения всего цикла работ по восстановлению растительного покрова на условиях долговременного государственного заказа и приемки угодий в эксплуатацию в состоянии «под ключ»;

- обновить нормативно-методическую основу проектирования и выполнения фитомелиоративных работ. Возродить практику научного сопровождения работ по проектированию и реализации рабочих проектов, авторский надзор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генеральная схема по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ. – Ростов-на-Дону, 1996. – Кн. № 1.– – 115 с.

2. Манаенков, А. С. Особенности фитомелиорации крупных очагов опустынивания песчаных земель в Северо-Западном Прикаспии / А. С. Манаенков // Проблемы комплексного освоения песков и мелиорации пастбищ. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1984. – Вып. 2(82). – С. 79-89.

3. Манаенков, А. С. Реставрация опустыненных пастбищ на Черных землях / А. С. Манаенков // Лесное хозяйство. – 1993. – № 6. – С. 33-36.

4. Опустынивание и комплексная мелиорация агроландшафтов засушливой зоны / К. Н. Кулик [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. – 86 с.

5. Резников, Н. И. Организация использования мелиорированных пастбищных угодий региона Черные земли / Н. И. Резников // Защитное лесоразведение и мелиорация земель в степных и лесостепных районах России: тез. докл. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1998. – С. 82-83.

6. Резников, Н. И. Практика организации работ по реализации Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ / Н. И. Резников. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1996.

7. Рекомендации по фитомелиорации аридных пастбищ (проект). – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1991. – 47с.

УДК 634.93:502.7

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ ПЕСКОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ

А. С. Манаенков, д. с.-х. н.; **Е. А. Корнеева,** к. с.-х. н.
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Представлены основные принципы экономической оценки эффективности лесохозяйственного освоения песчаных арен степной зоны, величина и структура затрат на работы по созданию и выращиванию культур сосны. Определена их зонально-эдафическая динамика.

Presents the basic principles of economic evaluation of the effectiveness of forestry development of sandy arenas of the steppe zone. The amount and structure of costs for the creation and cultivation of pine crops are presented. Their zonal-edaphic dynamics is determined.

В последние 50-60 лет основным объектом лесоразведения на юге страны являются песчаные массивы, расположенные на террасах речных долин Дона, Волги, Терека и их притоков. В 80-е годы XX столетия на них создавалось до 15 тыс. га лесных культур в год. После резкого спада, в последние годы вновь отмечается заметное оживление этих работ. Однако их результативность, хозяйственная и природоохранная эффективность остаются невысокими [5].

Основным критерием эффективности хозяйственного освоения песков являются безопасность и доходность природопользования. Их достигают расширением разнообразия и повышением адаптивности с помощью лесомелиоративного обустройства земель. При этом важным является определение оптимальной лесистости угодий, принципа размещения и технологии создания насаждений.

Создание искусственных лесных насаждений для производства древесины является одним из самых распространенным видов коммерческого природопользования в стране. Значительные площади песчаных земель ее засушливых областей являются крупным резервом для роста и устойчивого развития предприятий такого рода. Коммерческую эффективность их текущей деятельности определяют по соотношению дисконтированной выручки от реализации древесной продукции и дисконтированных расходов на текущую деятельность (себестоимости древесной продукции), т. е. рассчитывают индекс доходности лесозаготовок. Рентабельность лесохозяйственной деятельности определяют по отношению чистого дисконтированного дохода к этим расходам [6].

В основе экономического обоснования лесохозяйственного освоения песчаных массивов лежит отраслевой подход. Он заключается в наращении земельного объекта лесными ресурсами, повышающими его ценность. Для лесохозяйственного типа природопользования увеличение лесистости объекта адекватно увеличению его ценности, поэтому главным критерием отвода земель являются не истощительное природопользование и безопасность в отношении гидрологии арен [3].

Предварительное моделирование оптимальных параметров земельных объектов применительно к аренам степной зоны, имеющих наибольшую перспективу для организации лесохозяйственного природопользования, позволяет определить его экономику, т. е. провести экономическое обоснование мероприятий по трансформации арен в лесохозяйственные угодья по важнейшим эколого-хозяйственным показателям: площадь участка, тип песков, его доля в структуре земель песчаного массива.

Для эффективного лесохозяйственного освоения песчаных земель степной зоны рекомендуют посадку сосны. Зонально-эдафические разности песков существенно отличаются по лесопригодности, а, следовательно, особенностями создания культур, уходами за почвой и древостоем, его влагообеспеченностью и производительностью. Соответственно различаются и технологические схемы облесения песчаных арен. Их сметную стоимость (прямые затраты на создание и выращивание лесных культур) отражают по следующим видам операций: подготовка почвы, закладка и дополнение лесных насаждений, агротехнический уход за почвой, лесоводственный уход за молодняком, жердняком и средневозрастными насаждениями [2].

Особенностью агротехники основной обработки песков является уничтожение конкуренции степной растительности и накопление почвенной влаги. На основании рекомендаций по технологиям создания насаждений на песках [7] установлено, что интенсивность операций увеличивается с нарастанием засушливости климата, связности и плодородия поверхностных отложений.

Так, система подготовки почвы, при которой можно получать высокие результаты по приживаемости и сохранности сосновых культур, должны включать следующие технологические приемы.

1. На бугристых песках создание насаждений осуществляют без предварительной подготовки почвы – посадку производят в одновременно нарезаемые борозды различной ширины (от 35 см в настоящей степи до 100 см в сухой).

2. На связнопесчаных почвах (серопесках) настоящей степи целесообразна зяблевая обработка почвы.

3. На супесчаных почвах настоящей степи и серопесках засушливой степи рекомендуется ранний пар.

4. На супесях засушливой степи и серопесках сухой степи – однолетний черный пар.

5. На супесях сухой степи – двухлетний черный пар.

Затраты на создание культур сосны зависят от размещения посадочных мест и густоты посадки. С нарастанием гумидности климата от рыхлых к связным типам песков ширину междурядий увеличивают с 2,5 (сухая степь – бугристые пески) до 3,5 м (настоящая степь – супеси) вместе с шагом посадки с 0,6 до 0,8 м. Густоту посадки при этом снижают примерно в 2,5 раза.

Продолжительность и интенсивность агротехнических уходов, как в рядах, так и междурядьях увеличивают с нарастанием засушливости климата, связности и плодородия поверхностных отложений – от менее засушливых к более засушливым районам с 4 до 6 лет, а их количество с 8-13 на бугристых песках до 16-23 на супесчаных почвах.

В сосняках до 50 лет проводят соответствующие лесохозяйственные мероприятия – рубки прочистки и прореживания. Эти уходы имеют значение, прежде всего, как средство повышения их засухоустойчивости и качества стволов древостоя [1].

Прочистки, как правило, проводят накануне наступления засушливых лет, и направлены они на обеспечение необходимых условий для улучшения влагообеспеченности древостоя. Повторяемость и интенсивность рубок ухода по прочистке насаждений в период быстрого роста молодняка сосны повышаются с ростом засушливости климата и плодородия корнеобитаемого слоя.

Рубки прореживания в основном направлены на улучшение качества древостоя, но в засушливых районах могут служить и средством повышения его засухоустойчивости. Поэтому повторяемость этих рубок определяется как интенсивностью роста насаждений (пик роста приходится на 5-30 лет), так и вероятностью их гибели в сильную засуху [4].

Густота молодняка к периоду первого лесоводственного приема – прочистки зависит от ожидаемой приживаемости и сохранности лесных культур. В фазе «чаща – жердняк» (после 6-8 лет) густоту культур сосны (созданных посадкой 2-летними сеянцами) уменьшают от бугристых песков к супесчаным почвам в 1,3-2,1 раза.

В первый период рубок ухода с усилением засушливости климата количество их приемов увеличивают с 1 до 2-3, оставляя их количество самым высоким в сухой степи. Интенсивность уходов увеличивают от бугристых песков настоящей степи, где в них редко возникает необходимость, к супесчаным почвам сухой степи с ≈ 5 до 40 %.

После 20 лет – во второй период лесоводственных уходов, наоборот, интенсивность уходов в зональном направлении настоящая – сухая степь снижают с ≈ 20-35 % до ≈ 12-25 %.

В результате всех лесоводственных операций по выращиванию культур сосны на песках густоту средневозрастных насаждений доводят до 1,27-1,56 тыс. деревьев/га, что является достаточным для формирования полноценных сосновых древостоев лесохозяйственных угодий.

Затраты на лесокультурные работы по создание 1 га насаждений сосны (подготовка почвы, посадка, агротехнические уходы в рядах и междурядьях) увеличиваются как с ростом засушливости климата, так и связности почвогрунта, и составляют 24,4-42,4 тыс. руб. в ценах 2021 г. (таблица).

Таблица

Капиталоемкость создания и выращивания культур сосны до 50 лет на песках степной зоны, руб.

Технологические операции	Бугристые пески	Связнопесчаные почвы	Супесчаные почвы
1	2	3	4
Содержание органического вещества (гумуса), %	0,5	1,0	2,0
Настоящая степь (ГТК = 0,7-0,8)			
Затраты на создание	24375,0	25497,0	26306,0
Прочистки	2679,0	5741,0	5741,0

Продолжение таблицы

1	2	3	4
Прореживания	6399,0	7466,0	8959,0
Всего	33453,0	38704,0	41006,0
Засушливая степь (ГТК = 0,6-0,7)			
Затраты на создание	28128,0	30984,0	34012,0
Прочистки	5741,0	8231,0	8231,0
Прореживания	6399,0	6399,0	8533,0
Всего	40268,0	45614,0	50776,0
Сухая степь (ГТК = 0,5-0,6)			
Затраты на создание	36130,0	41929,0	42386,0
Прочистки	16832,0	16832,0	17597,0
Прореживания	3200,0	4266,0	4266,0
Всего	56162,0	63027,0	64249,0

Расходы на лесоводственные уходы зависят в основном от интенсивности рубок и количества изымаемых при этом деревьев. Выращивание гектара сосны до 50-летнего возраста с учетом приживаемости и сохранности лесных культур в среднем по степной зоне обходится в 9,0-21,9 тыс. руб.

По предварительным расчетам, общая капиталоемкость лесохозяйственного обустройства арен увеличивается в 1,57-1,68 раза с ростом засушливости климата и в 1,14-1,26 раза с увеличением содержания гумуса и утяжелением гранулометрического состава песков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зюзь, Н. С. Культуры сосны на песках Юго-Востока / Н. С. Зюзь. – М.: Агропромиздат, 1990. – 155 с. ISBN 5-10-001997-2

2. Корнеева, Е. А. Затраты на мероприятия по созданию культур сосны на бугристых песках Придонья / Е. А. Корнеева // Лесная мелиорация и эколого-гидрологические пробле-

мы Донского водосборного бассейна: материалы Нац. науч. конф., Волгоград, 29-30 окт. 2020 года. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2020. – С. 47-49.

3. Манаенков, А. С. Лесомелиорация арен засушливой зоны (2-е изд. перераб. и доп.) / А. С. Манаенков. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2018. – 428 с. ISBN: 978-5-9909842-3-3

4. Манаенков, А. С. Методические рекомендации по проектированию рубок ухода в искусственных молодняках сосны степной зоны ЕТР / А. С. Манаенков. – М.: РАСХН, 2004. – 34 с.

5. Манаенков, А. С. Состояние и проблемы землепользования в лесном хозяйстве Волгоградской обл. / А. С. Манаенков // Агролесоландшафты: проблемы, свойства, управление и оценка: сб. науч. тр. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1995. – Вып. 1(106). – С.30-35.

6. Манаенков, А. С. Биогеографические аспекты оценки эффективности защиты пахотных земель лесными полосами / А. С. Манаенков, Е. А. Корнеева // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2021. – № 3. – С. 48-54.

7. Рекомендации по технологии создания мелиоративных, рекреационных и других лесных насаждений на песках юго-востока европейской части СНГ. – Москва: Россельхозакадемия, 1993. – 44 с.

УДК 630*23:631*6:633*2/.3.033 (571.513)

ЗАЩИТНОЕ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ ХАКАСИЯ

М. А. Мартынова, к. б. н.
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии»,
г. Абакан, РФ

Учеными ФГБНУ «НИИАП Хакасии» в течение последних 20 лет проводились лесоводственно-таксационные исследования в защитных лесных насаждениях на территории Республики Хакасия. Разработаны технологии создания устойчивых и эффективных агролесомелиоративных экосистем.

Scientists of the FSBSI "RIAP of Khakassia" have been conducting silvicultural and taxation research in protective forest plantations on the territory of the Republic of Khakassia over the past 20 years. Technologies for creating sustainable and efficient agroforestry ecosystems have been developed.

Борьба с опустыниванием является главной проблемой для научного сообщества в ближайшие годы. В настоящее время усиливается внимание к весьма сложным вопросам научного обеспечения лесоразведения в аридной зоне [10]. Ведение сельскохозяйственного производства должно соответствовать условиям климата и влагообеспеченности территорий и обеспечивать адаптивное не истощительное природопользование [5].

Климат юга Средней Сибири резко-континентальный, умеренно-теплый и засушливый с неблагоприятными для возделывания сельскохозяйственных культур условиями: жарким летом, очень холодной, малоснежной зимой, часто повторяющейся засухой. По теплообеспеченности растений территория относится к недостаточно теплому району со среднемноголетней температурой воздуха, составляющей – 0,6 °С. По степени увлажнения территория находится в недостаточно влажном районе, где наблюдается дефицит атмосферных осадков, [7]. Климатические особенности оказывают неблагоприятное влияние на рост, сохранность, долговечность лесных насаждений. Вместе с тем лесные защит-

ные и мелиоративно-кормовые насаждения могут заметно уменьшить отрицательное влияние неблагоприятных климатических условий для возделывания сельскохозяйственных культур и пастбищного хозяйства в степной зоне.

Исследованиями Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН и ГНУ НИИ аграрных проблем Хакасии РАСХН установлено, что площадь опустыненных степей, ведущих к потере урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности пастбищ, будет увеличиваться при потеплении климата. Последствия опустынивания, ухудшения плодородия земель и падение продуктивности сельскохозяйственных угодий можно значительно уменьшить с помощью защитных лесных насаждений различного целевого назначения [4].

Чтобы наиболее полно предусмотреть весь спектр необходимых действий по улучшению продуктивности полей и пастбищ разрабатываются новые технологические документы. Так в западных регионах нашей страны Всероссийским научно-исследовательским агролесомелиоративным институтом (г. Волгоград) и Всероссийским научно-исследовательским институтом мелиорированных земель (Тверская обл.) и разработана «Концепция создания и рационального использования лесов на землях, выведенных из сельскохозяйственного оборота», которая предлагает формировать защитные лесные насаждения (ЗЛН) для создания экологического каркаса при адаптивно-ландшафтном обустройстве территории и защите сельскохозяйственных земель от негативных природных, антропогенных и техногенных воздействий. В аридных областях лесные насаждения нужны для повышения противодефляционной устойчивости, рекреационной емкости ландшафта [1].

На опустыненных территориях юга Средней Сибири также целесообразно формировать экологический каркас на выведенных из сельскохозяйственного оборота землях. Необходимо создавать такие защитные лесные полосы, которые бы вписывались в агроландшафт, которые обладали бы устойчивостью и способностью к саморегуляции [6].

В эпоху перестройки на территории Республики Хакасия были прекращены работы по созданию новых систем полезащитных лесных полос (ПЗЛП). С 2006 г. и в последующие годы проводились на модельных полигонах рекогносцировочные обследования и лесоводственно-таксационные характеристики сохранившихся ПЗЛП на юге Средней Сибири. В этих работах принимали активное участие ведущие специалисты Института леса им. В. Н. Сукачева и ГНУ НИИАП Хакасии. В результате этих исследований выделены агролесомелиоративные районы, оценено жизненное состояние ЗЛН, и причины его неудовлетворительного состояния в отдельных случаях. Оценены эффективность разных способов посадки, схем размещения растений, конструкций лесонасаждений, обследованы таксационные и геоботанические показатели растительных экосистем, изучен ход роста древесных растений в высоту, определена способность деревьев и кустарников к семенному воспроизводству. Изучен травянистый покров под пологом ПЗЛП. Разработаны элементы технологии создания устойчивых и эффективных агролесомелиоративных экосистем. Даны практические рекомендации по технологическим параметрам при создании ПЗЛП: расстояние между рядами, количества рядов в зависимости от породы, конструкции ПЗЛП. Предло-

жены пути создания устойчивых и эффективных агролесомелиоративных экосистем и усовершенствование способов выращивания насаждений в аридной зоне юга Средней Сибири, разработана «Концепция ведения сельскохозяйственного производства в засушливых условиях юга Средней Сибири» [2, 10].

Савостьяновым В. К. предложено создавать однопородные двухрядные поле- и пастбищезащитные лесные полосы с широким междурядьем 6-8 м и количеством деревьев до 1 тыс. шт./га. Устойчивость таких ПЗЛП подтверждалась в результатах многолетних наблюдений и учетов, проведенных в системе лесных полос различного породного состава, заложенной в 1976-1978 гг. на каштановых почвах легкого механического состава Койбальской степи [10], Ширинской степи [2].

В Ширинском р-не Республики Хакасия в окрестностях с. Соленоозерное в 80-х годах был создан опытный участок. Предварительно произведено глубокое внесение прослойки органического вещества (перегноя) 50 т/га. Посажено двенадцать 2-х рядных полос длиной 25 м, с шагом посадки 0,7 м, с расстоянием между рядами – 3 м; между полосами – 12 м. В качестве главных пород выбраны лиственница сибирская, береза повислая. Приживаемость составила 94-98 % [8, 9].

В настоящее время продолжаются наблюдения за сохранностью и жизненным состоянием ПЗЛП [5]. Исследования проводились с 2020 г. в Минусинской котловине на двух объектах залежных земель, обустроенных в период эксплуатации пашни системами ПЗЛП. Первый объект находился в равнинной части Абаканской степи (ее сухостепной подзоны). Система ПЗЛП была создана как экспериментальный участок Сибирского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (СибНИИГиМ) (г. Красноярск) в 1977 г. на площади 109 га. В момент создания система состояла из 11-ти чередующихся чистых по составу однорядных лесных полос следующих видов: *Ulmus pumila* L., *Larix sibirica* Ledeb., *Betula pendula* Roth, *Populus balsamifera* L. На момент обследования березовые ПЗЛП полностью погибли. Второй объект исследований находился в холмисто-увалистой Минусинской лесостепи, изучали две системы: тополевые ПЗЛП состояли из 5 рядов, двухрядные сосновые ПЗЛП располагались на вершине склонов.

В сухостепной подзоне жизненное состояние деревьев в лиственничных ПЗЛП оценивали как здоровое или как поврежденное; в вязовых – как сильно поврежденное; небольшое количество древесных растений, представленных как куртина тополей – как поврежденное. В степной зоне жизненное состояние деревьев тополевых ПЗЛП было намного лучше, чем жизненное состояние деревьев в сухостепной подзоне. Насаждение в степной зоне было здоровым. Сосновые насаждения также были здоровыми.

В сухостепной подзоне в лиственничных полосах первоначально было высажено 2,2 тыс. шт./га саженцев, сохранность очень низкая и составила от 14,1 до 20 %. ПЗЛП уже не могли в полном объеме выполнять функции защиты полей от неблагоприятных факторов. Сохранность в посадках тополя бальзамического – 5 %. Можно констатировать, что тополевые ПЗЛП погибли. Сохранность посадок вяза приземистого была наилучшей – 95 %. Вязовые ПЗЛП, несмотря на сильно поврежденное состояние на момент обследования, выполняли

свои мелиоративные функции. Усыхание ветвей в кроне способствовало формированию ажурной конструкции насаждений.

В степной зоне в тополевых ПЗЛП было высажено 2,2 тыс. шт./га саженцев, сохранность составила 20,5 % – это очень низкая сохранность. Несмотря на то, что в ПЗЛП местами имелись просветы, но благодаря хорошо развитой кроне, первоначальной посадке 5 рядов, насаждения следовало отнести к действующим. Конструкция насаждений – продуваемая. Наилучшими лесоводственными показателями по сравнению с другими видами характеризовалась сосна обыкновенная: самая максимальная высота, высокое очищение стволов от сучьев, что способствовало формированию хорошей продуваемой конструкции ПЗЛП, самая высокая густота стояния особей, что обеспечивалось 100 % сохранностью посадок и положительным образом влияло на средорегулирующую роль ПЗЛП [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция ведения сельскохозяйственного производства в засушливых условиях юга Средней Сибири / сост. В. К. Савостьянов; ред. А. Ш. УрманРАСХН, СО ГНУ НИИАП Хакасии. – Абакан: типография ООО «Фирма «Март», 2006. – 8 с.

2. Литвинова, В. С. Рост и формирование искусственных насаждений на супесчаных почвах в Ширинской степи / Литвинова Валентина Сергеевна: автореф. дис. … к. с.-х. н. (06.03.01); Сибирский государственный технологический университет. – Красноярск, 2009. – 18 с.

3. Лобанов, А. И. Концепция создания нового поколения защитных лесных насаждений в аридной зоне Средней Сибири / А. И. Лобанов // Степи Северной Евразии: материалы V Международ. симп. – Оренбург, 2009. – С. 437-441.

4. Мартынова, М. А. Диагностика жизненного состояния насаждений, представленных полезащитными лесными полосами на юге Средней Сибири / М. А. Мартынова // Вестник Красноярского государственного университета. – 2021. – № 3 (168). – С. 46-51. DOI:10.36718/1819-4036-2021-3-46-51

5. Маслов, Б. С. Ландшафты и мелиорация / Б. С. Маслов // Создание продуктивных и устойчивых агроландшафтов: материалы «Круглого стола» по проблемам ландшафтного земледелия, посвящ. 60-летию с.-х. науки Республики Хакасия / РАСХН. Сиб. отд. НИИАП Хакасии. – Новосибирск, 1994. – С. 11-23.

6. О концепции создания и рационального использования лесов на землях, выведенных из сельскохозяйственного оборота / Н. Г. Ковалев, К. Н. Кулик, В. Г. Полозова [и др.] // Защитное лесоразведение, мелиорация земель, проблемы агроэкологии и земледелия в Российской Федерации: материалы Международ. науч.-практ. конф., Волгоград, 19-23 сент. 2016 г. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2016. – С. 19-28.

7. Растительный покров Хакасии / Отв. ред. А. В. Куминова. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1976. – 424 с.

8. Савостьянов, В. К. Эффективность глубокого внесения перегноя на перевеянных супесчаных почвах / В. К. Савостьянов // Агрохимия. – 1976. – № 8. – С. 87-91.

9. Савостьянов, В. К. Коренное повышения плодородия перевеянных песчаных и супесчаных почв / В. К. Савостьянов // Мелиорация песчаных почв Средней Сибири. – Красноярск, 1978. – С. 30-46.

10. Савостьянов, В. К. Агролесомелиоративное районирование засушливой зоны юга Средней Сибири и особенности создания защитных лесных насаждений: рекомендации / В. К. Савостьянов; РАСХН, СРО ГНУ НИИАП Хакасии. – Абакан: изд-во ХГУ, 2009. – 24 с.

УДК 630*587.6

ЗАРАСТАНИЕ ЗЕМЕЛЬ, ВЫШЕДШИХ ИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

М. В. Мартынова, к. с.-х. н.
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, РФ

Статья посвящена вопросам зарастания земель, вышедших из сельхозпользования древесной растительностью. Определено, что зарастание происходит интенсивно на всех исследуемых сельхозугодьях, различия наблюдаются в породном составе: на пашнях доминирует сосна, на сенокосах – береза. Подрост распространяется на различной удаленности от стены леса, большое значение при этом имеет степень задернения. Густота молодняка уменьшается с 13 до 1,3 тыс. шт./га при удалении до 10 м от материнского полога и с 10 до 0,12 тыс. шт./га на расстоянии 100 м. Исследованиями установлено, что на исследуемых участках могут быть сформированы продуктивные насаждения.

The article is devoted to the issues of overgrowth of lands that have come out of agricultural use with woody vegetation. It is determined that overgrowth occurs intensively on all the studied agricultural lands, differences are observed in the breed composition: pine dominates on arable land, birch dominates on hayfields. The undergrowth spreads at various distances from the forest wall, the degree of blackening is of great importance. The density of young animals decreases from 13 to 1.3 thousand units / ha at a distance of up to 10 m from the mother canopy and from 10 to 0.12 thousand units / ha at a distance of 100 m. Studies have established that productive plantings can be formed in the studied areas.

В России, в частности на территории Республики Башкортостан ежегодно сокращаются площади земель, вовлеченных в сельскохозяйственную деятельность, значительная их доля переходит в категорию залежных [1, 2]. Это связано в частности с ограниченностью трудовых и материальных ресурсов, которые являются ключевыми в обработке пашни и поддержании ее качественного состояния. Постепенно происходит зарастание этих территорий древесно-кустарниковой растительностью. Данная проблема представляет колоссальный интерес для теории и практики лесоводственной науки [5].

Целью исследования является оценка зарастания земель, которые вышли из сельскохозяйственного оборота, древесной растительностью.

Исследования выполнены на территории Бакалинского района Республики Башкортостан.

Исследования проведены на пробных площадях (ПП) [3, 4]. При закладке ПП соблюдались следующие правила: правильный подбор места закладки и определение размера ПП; учет расстояния от прилегающей к участку стены леса, в т. ч. состав древостоя; почвенная характеристика.

Для территории исследования, пахотные земли являются основной категорией сельскохозяйственных земель. По состоянию на 1 января 2023 г. общая площадь пашни составила 3060 га, доля залежных земель составляет 350 га.

ПП заложены на сельскохозяйственных угодьях, которые в течение 15-20 лет по назначению не использовались. Установлено, что на исследуемых ПП встречаются практически все виды пород, которые произрастают в древостоях прилегающей стены леса. Они формируют подрост, а в последующем древо-

стой. Густота подроста высокая и превышает в ряде случаев 11 тыс. шт./га. Высокая густота характерна для участков вблизи стены леса – 10-20 м.

На исследуемых пробных площадях для учета возобновления было заложено 40 учетных площадок, параллельно расположенных к стене леса. В процессе изучения определен состав уже сформировавшихся молодняков и описана характеристика почвы на этих участках (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика почвы исследуемых ПП

Сельскохозяйственное назначение участка	Характеристика почвы			
	тип почвы	калий	фосфор	гумус
Сенокос	Темно-серая	97	124	4,7
Пашня	Серые-лесные	110	45	4,9
Пашня	Серые-лесные	135	96	2,2

В ходе исследований установлено, что на бывших пашнях с низким содержанием гумуса, но высоким содержанием калия формируется чистые сосновые молодняки. На землях с большим содержанием гумуса в составе две породы – сосна и береза.

Таблица 2

Таксационная характеристика исследуемых участков

Состав	А, лет	М, $м^3$/га	Р
6Б4С	20	16,6	0,6
7С3Б	16	30,0	1,1
10С	16	20,0	1,0

Таксационная характеристика сформировавшихся молодняков приведена в табл. 2.

Видовой состав сенокоса аналогичен породному разнообразию на пашнях. Встречаемость древесных видов на исследуемых землях следующая: 100 % сосна обыкновенная, береза повислая – 75 %. Возраст молодняка на объектах варьируется в зависимости от давности использования территории по назначению: на ПП № 1 от 3 до 18 лет; на ПП № 2 – от 2 до 17 лет; на ПП № 3 – от 5 до 16 лет.

Прослеживается зависимость густоты молодняка от типа почв и расстояния от стены леса. По этим признакам изменяются средние значения диаметра и высоты (табл. 3).

Таблица 3

Средние показатели диаметра и высоты на ПП

Средние показатели	ПП № 1		ПП № 2		ПП № 3
	С	Б	С	Б	С
Диаметр, см	9,8 ± 0,25	12,1 ± 0,33	9,5 ± 0,28	11,1 ± 0,34	11,1 ± 0,29
Высота, м	2,4 ± 0,14	4,2 ± 0,21	2,6 ± 0,25	4,6 ± 0,34	3,5 ± 0,37

Установлено, что зарастание происходит интенсивно на всех исследуемых сельскохозяйственных угодьях, различия наблюдаются в породном составе: на пашнях доминирует сосна, на сенокосах – береза. Подрост распространяется на различной удаленности от стены леса, большое значение при этом имеет степень задернения. Густота молодняка уменьшается с 1,3 до 13 тыс. шт./га

при удалении до 10 м от материнского полога и с 0,12 до 10 тыс. шт./га на расстоянии 100 м.

Исследованиями установлено, что на исследуемых участках могут быть сформированы продуктивные насаждения. Для этого необходимо запроектировать и провести мероприятия по уходу за лесом, а также осуществить перевод земель в лесной фонд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блынская, Т. А. Система мероприятий в лесах, возобновившихся на сельскохозяйственных угодьях, выведенных из активного оборота в условиях Архангельской области / Т. А. Блынская // Экология – 2011: материалы докл. IV Международ. науч. конф. – Архангельск, 2011. – С. 247-249.

2. Новосѐлова, Н. Н. Формирование древесной растительности на бывших сельскохозяйственных угодьях: монография / Н. Н. Новосѐлова, С. В. Залесов, А. Г. Магасумова. – Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2016. – 106 с.

3. Об утверждении Лесоустроительной инструкции: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29.03.2018 г. № 122. URL: http://docs.cntd.ru/document/542621790.

4. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки: ОСТ 56-69-83. Введ. с 01.01.1984 г. – 60 с.

5. Формирование лесных фитоценозов на заброшенных землях сельскохозяйственного назначения / М. А. Новикова, А. В. Грязькин, Н. В. Беляева [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 6. – С. 29-33

УДК 630*233

ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР В ЗЕЛЕНОМ ПОЯСЕ ЭЛИСТЫ

А. А. Мартынюк, д. с.-х. н., акад. РАН; **Т. Я. Турчин**, д. с.-х. н.;
В. В. Поповичев, к. с.-х. н.
ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС», Вёшенская, РФ

Рассматриваются, в целях реализации Плана увеличения площадей лесовосстановления и лесоразведения до 2030 г. Республики Калмыкия, вопросы формирования лесопаркового зеленого пояса г. Элисты путем создания искусственных лесных насаждений. Приведены результаты рекогносцировочного обследования участков, переведенных в земли лесного фонда, на предмет дальнейших лесовосстановительных работ. Рекомендованы технологические схемы производства лесных культур на открытых площадях (прогалинах) и участках, занятых погибшими насаждениями или единичными деревьями и кустарниками. Предложены, в соответствии с лесорастительными условиями, перспективные типы лесных культур и составы древесно-кустарниковых пород для их создания.

In order to implement the Plan for increasing the area of reforestation and afforestation until 2030 of the Republic of Kalmykia, the issues of forming a forest park green belt of the city of Elista through the creation of artificial forest plantations are being considered. The results of a reconnaissance survey of the plots transferred to the lands of the forest fund for further reforestation work are presented. Technological schemes for the production of forest crops in open areas (glades) and areas occupied by dead plantations or single trees and shrubs are recommended. In accordance with forest growing conditions, promising types of forest crops and compositions of tree and shrub species for their creation are proposed.

Обострение экологических проблем, глобальные климатические изменения повышают значимость лесных насаждений, в первую очередь, как жизненного элемента окружающей природной среды, от которого зависит богатство и разнообразие естественных ландшафтов, которые, помимо защитных функций, в пригородных условиях имеют важнейшие эстетические и рекреационные функции. Как известно, природно – экологические условия территории республики Калмыкия (резко континентальный климат, низкое количество осадков, высокая интенсивность испарения, преобладание светло-каштановых и бурых полупустынных почв) существенно ограничивают распространение лесов и определяют наименьший по всей стране уровень лесистости региона (в среднем 0,2 %). Исходя из этого, а также учитывая демографические особенности республики (более 47 % – городское население), вполне естественно сконцентрировать внимание и ресурсы на создании древесно-кустарниковых насаждений вблизи крупных поселений и прежде всего, столицы республики Калмыкия. Выполненные в 2021 г. ФГБОУ ВО «КалмГУ» им. Б. Б. Городовикова научно-исследовательские работы концептуально подтвердили возможность реализации данной идеи через создание лесных культур на территории лесопаркового зеленого пояса г. Элисты по наиболее перспективным, проверенным региональной лесохозяйственной практикой технологиям [2].

Искусственное лесовосстановление (создание лесных культур), с учетом лесорастительных условий территории, было признано единственным способом лесовосстановления лесоустройством, проведенным в 2022 г. филиалом ФГБУ «Рослесинфорг» «Заплеспроект» на территории Элистинского участкового лесничества на площади 660,9 га, отведенной для создания лесопаркового зеленого пояса вокруг города Элисты. При лесоустройстве выполнено проектирование лесных кварталов: кварталы 74-77 Элистинского участкового лесничества. На устраиваемой территории учтено 563,0 га (85,2 %) лесных земель и 97,8 га (14,8 %) нелесных (табл. 1). Площадь покрытых лесом земель составляет 168,7 га (25,5 % устраиваемой площади), из которых 147,7 га (22,4 %) занимают лесные культуры. Не покрытые лесной растительностью площади – 394,2 га (59,7 %) представлены, в основном, пустырями и прогалинами, занимающими 382,5 га (57,9 %) и в меньшей степени погибшими насаждениями – 11,7 га (1,8 %). Указанные площади составляют лесокультурный фонд, намеченный к лесовосстановлению. При этом также необходимо учитывать возрастную структуру насаждений, произрастающих на лесных землях. Лесоустройством учтено 79,9 га спелых и перестойных насаждений из вяза мелколистного, смородины золотистой и скумпии, которые можно рассматривать в качестве территорий, которые в недалекой перспективе потребуют проведения лесовосстановительных мероприятий.

Нелесные земли занимают 97,8 га (14,8 % устраиваемой площади), из которых 19,0 га (3,0 %) занимают пашни, 0,7 га (0,1 %) – воды, 7,1 га (1,1 %) – дороги и просеки.

Основными лесообразующими породами лесных насаждений являются: сосна обыкновенная и сосна крымская, занимающие соответственно 1,4 % и 11,5 % лесопокрытой площади; дуб черешчатый – 19,3 %; вяз мелколистный – 18,6 %; смородина золотистая – 25,4; и скумпия – 23,8% (табл. 2).

Таблица 1

Распределение площадей лесного фонда «Зеленого пояса» по категориям земель (по данным филиала ФГБУ «Рослесинфорг» «Заплеспроект», 2022 г.)

Показатель	Площадь, га	%
1. Общая площадь земель	660,7180	100,0
2. Лесные земли – всего	562,9037	85,2
2.1. Покрытые лесной растительностью – всего	168,6809	25,5
2.1.1. В том числе, лесные культуры	147,7448	22,4
2.2. Не покрытые лесной растительностью – всего	394,2228	59,7
в том числе: несомкнувшиеся лесные культуры	-	-
лесные питомники, плантации	-	-
редины естественные	-	-
фонд лесовосстановления – всего	394,2228	59,7
в том числе: гари	-	-
погибшие насаждения	11,7370	1,8
вырубки, лесосеки	-	-
прогалины, пустыри	382,4858	57,9
3. Нелесные земли – всего	97,8143	14,8
в том числе:		
пашни	19,8382	3,0
сенокосы	-	-
пастбища	-	-
воды	0,7470	0,1
сады, виноградники и др.	-	-
дороги, просеки	7,1244	1,1
усадьбы и пр.	-	-
болота	-	-
прочие земли	70,1047	10,6

В целях повышения лесистости территории региона Правительством республики Калмыкия был разработан План увеличения площадей лесовосстановления и лесоразведения до 2030 г., который предусматривает комплекс мер по лесоразведению с использованием пескоукрепительных кустарников в целях закрепления песков и восстановление растительного покрова на опустыненных участках, лесоразведения в интересах сельского хозяйства и защиты разнообразных природных объектов. Важнейшее место в составе Плана отводится формированию лесопаркового зеленого пояса г. Элисты путем создания искусственных лесных насаждений как одного из самых надежных и экономичных способов сохранения и восстановления экологического равновесия и биологического благоустройства территорий [4].

В рамках реализации указанного Плана, по поручению Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоза), специалистами ФБУ «Рослесозащита», филиала ФБУ «Рослесозащита» – «ЦЗЛ Волгоградской области», ФБУ ВНИИЛМ и Департамента лесного хозяйства по Южному федеральному округу в начале марта 2023 г. было проведено рекогносцировочное обследование на предмет даль-

Таблица 2

Средние таксационные показатели «Зеленого пояса» Республики Калмыкия (по данным филиала ФГБУ «Рослесинфорг» «Заплеспроект», 2022 г.)

Целевое назначение лесов	Лесничество, участковое лесничество	Преобладающая порода	Площадь, га/запас древесины, тыс. $м^3$	Состав	Возраст	Бонитет	Полнота
Защитные леса	Элистинское лесничество Элистинское участковое лесничество (часть)	Сосна обыкновенная	2,3885/0,11	9,0С1,0Вм	45	IV,0	0,40
		Сосна крымская	19,4726/1,64	7,6Ск2,4С	44	III,8	0,69
		Дуб семенной	16,8124/0,37	9,9Дс0,1Вм	55	IV,3	0,32
		Дуб порослевой	15,7809/0,19	6,5Дп2,5Ску0,5А 0,5Ск	27	Va,0	0,45
		Вяз мелколистный порослевой	5,1552/0,23	10,0Вмп	54	IV,6	0,37
		Вяз мелколистный семенной	26,2114/0,72	10,0Вм	49	II,2	0,43
		Смородина золотистая	43,3090/0,23	8,6Смз1,3Вм0,1Дс	14	Va,7	0,55
		Скумпия	35,5509/0,29	9,8Ску0,2Дс	33	IV,5	0,75
Итого по защитным лесам			168,6809/3,78	**2,6Ску2,2Смз1,9Вм1,1Дс0,9Ск0,6Дп0,4С0,3Вмп + А,В**	**35**	**III,2**	**0,55**
Всего			168,6809/3,78	**2,6Ску2,2Смз1,9Вм1,1Дс0,9Ск0,6Дп0,4С0,3Вмп + А**	**35**	**III,2**	**0,55**

нейших лесовосстановительных работ земельных участков вокруг г. Элиста, переведенных в земли лесного фонда. Из обследованных 37 участков фонда лесовосстановления на площади 394,3 га более половины (50,8 %) представлены чистыми прогалинами, лишенными древесно-кустарниковой растительности. Еще около половины участков (48,1 %) включают прогалины, имеющие единичные экземпляры ранее произраставшей древесно-кустарниковой растительности. В основном, это единичные экземпляры вяза мелколистного и скумпии, в меньшей степени – гледичии, сосны обыкновенной, дуба черешчатого, шиповника и смородины золотистой. Анализ имеющихся у нас результатов ранее проведенных исследований и практического производственного опыта [1, 3, 5, 6] с привязкой к особенностям современного состояния территории, предоставленной для создания лесопаркового зеленого пояса, можно рекомендовать две технологические схемы при производстве лесных культур:

- создание лесных культур на открытых площадях (прогалинах);

- создание лесных культур на участках погибших насаждений и участках с единичными деревьями или кустарниками.

Технологическая схема создания лесных культур на открытых площадях (прогалинах) менее трудоемкая и затратная, и слагается из следующих технологических процессов: подготовка почвы, посадка лесных культур, уход за лесными культурами.

Подготовка почвы имеет своей целью придание ей надлежащего агрофизического состояния, очистку от сорняков, в особенности корневищных и корнеотпрысковых, накопление и сбережение влаги. Наиболее оптимальна сплошная подготовка почвы по системе однолетнего черного пара, включающая следующие технологические операции:

- весенняя вспашка на глубину 20-22 см плугом ПЛН-3-35 в агрегате с колесными тракторами с одновременным боронованием зубовыми боронами (например, типа «Зиг-Заг»);

- дискование тяжелыми дисковыми боронами (типа БДТ-1,8 или БДМ-2,4) в агрегате с колесными тракторами и одновременным боронованием зубовыми боронами;

- 4-кратная плоскостная культивация культиваторами КРН-2,8 в агрегате с колесными тракторами в течение летнего периода;

- осенняя плантажная безотвальная перепашка на глубину 40-50 см плугами (например, ППН-40 или ППН-50) в агрегате с тракторами более высоких тяговых классов (например, Т-130 или Т-150);

- снегозадержание (при наличии снега) в зимний период.

Посадка лесных культур предусматривает последовательное выполнение следующих технологических операций:

- предпосадочную культивацию на глубину 10-12 см с одновременным боронованием культиваторами КРН-2,8 в агрегате с колесными тракторами;

- подготовку посадочного материала путем намачивания в предварительно подготовленный почвенный раствор (болтушку) с минеральными удобрениями;

- механизированную посадку 1-2-летних сеянцев древесных и кустарниковых пород лесопосадочными машинами СЛЧ-1 и МЛП-1 с их оправкой (протаптыванием) почвы вокруг высаженных растений.

Культуры рекомендуется создавать 4-6-рядными кулисами с шириной междурядий 4,5 м и межкулисными пространствами шириной 9,0 м, что будет способствовать накоплению влаги и увеличению площади питания растений.

Уход за лесными культурами ограничивается агротехническими мероприятиями, состоящими из:

- огораживания лесных культур по периметру отпугивающими системами типа «электропастух»;

- ухода за почвой в междурядьях лесных культур и в межкулисных пространствах путем плоскостной культивации культиваторами КРН-2,8 в агрегате с колесными тракторами (в течение первых 5-ти лет с интенсивностью по убывающей 5-4-4-3-2), и в последующий период – пожизненно;

- ухода за почвой в рядах лесных культур путем механического рыхления культиваторами КРЛ-1 в агрегате с колесными тракторами в течение 3-х лет с интенсивностью по убывающей 3-2-1;

- ручной прополки сорняков в рядах лесных культур в течение 2-х лет с интенсивностью по убывающей 2-1;

- трехкратного полива рядов лесных культур в первые 3 года.

Технологическая схема создания лесных культур на площадях, занятых погибшими насаждениями, единичными деревьями и кустарниками более трудоемкая и затратная. Основным отличием ее от предыдущей технологической схемы является необходимость проведения предварительного этапа – уборки погибших насаждений, а также, отчасти, единичных деревьев и кустарников, чтобы обеспечить приведение территории в состояние, пригодное для начала подготовки почвы под лесные культуры:

- вырубка погибших насаждений, единичных деревьев;

- обрубка и раскряжевка хлыстов с выделением ликвидной древесины;

- сбор и вывоз ликвидной древесины (при наличии) и порубочных остатков;

- корчевка пней корчевателем;

- вычесывание корней на местах рубок корневычесывателем;

- сбор и вывоз продуктов корчевки и вычесывания тракторными прицепами;

- планировка мест корчевки и вычесывания с целью выравнивания нарушенной при их проведении поверхности.

В отличие от предыдущей технологической схемы сплошную подготовку почвы целесообразно проводить по системе двухлетнего черного пара, которая в течение первого года полностью повторяет технологические операции, описанные выше. В течение летнего периода второго года парования осуществляют только 4-кратную плоскостную культивацию с последующим зимним задержанием снега (при наличии).

Схемы смешения культур, технологические операции при посадке растений и агротехнических уходах за ними применяются идентичными созданию лесных культур на открытых площадях (прогалинах).

Следует особо отметить, что для создания устойчивых лесных насаждений на территории зеленой зоны Элисты целесообразно использовать лесные культуры смешанного, древесно-теневого или древесно-кустарникового типа, проводя смешение пород чистыми рядами. К наиболее перспективным древесно-кустарниковым породам для создания лесных культур в удовлетворительных лесорастительных условиях (B_2) относятся сосны крымская и обыкновенная, дуб черешчатый, абрикос, ирга круглолистная и шиповник, а в условно удовлетворительных лесорастительных условиях (C_2) – оба вида сосны, вяз мелколистный, акация белая, гледичия бесколючковой формы, алыча, смородина золотистая, скумпия. Поскольку насаждения лесопарковых зеленых зон, наряду с защитными функциями, должны обладать хорошими эстетическими свойствами, то при подборе породного ассортимента пород в состав насаждений следует вводить плодовые деревья и ягодные кустарники, размещая их преимущественно в опушечных рядах культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богун, А. П. Пути развития лесного хозяйства Калмыкии в рамках степного законодательства / А. П. Богун // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимать-

ство; право и управление: журнал / Фонд поддержки образования и науки в Ростовской области. – 2013. – № 6(37). – С. 81-89. – ISSN: 2219-0279.

2. Казаков К. Г. Отчет «О выполнении работы по разработке проекта (концепции) создания лесных культур на территории лесопаркового зеленого пояса вокруг г. Элисты» / К. Г. Казаков, Г. Я. Казакова. – Элиста: КалмГУ им. Б. Б. Городикова, 2021. – 135 с.

3. Костин, М. В. Рекомендации по созданию защитных лесных насаждений в условиях полупустыни и пустыни Республики Калмыкия / М. В. Костин, А. С. Манаенков. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. – 24 с.

4. План увеличения площадей лесовосстановления и лесоразведения в Республике Калмыкия до 2030 года. – 2022. – 115 с.

5. Прохватилов, Б. Техно-рабочий проект реконструкции зеленой зоны г. Элисты Калмыцкой Автономной Советской Социалистической Республики / Б. Прохватилов, В. Кожомин. – Волгоград: Союзгипролесхоз, 1974. – Т. 2. – 52 с.

6. Рекомендации по повышению устойчивости насаждений государственных защитных лесных полос степной зоны европейской части России / И. Я. Чеплянский, Т. Я. Турчин, А. А. Мартынюк [и др.]. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2022. – 68 с. – 1 CD-ROM. – ISBN 978-5-94212-283-9. – http://vniilm.ru/media/edition2022/Improving_sustainability_GZLP.pdf (дата обращения 10.08.2023г.).

УДК 551.4:631:617

ПОКАЗАТЕЛИ СНЕГОЗАПАСОВ, СТОКА ТАЛЫХ ВОД И ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

А. И. Петелько, д. с.-х. н.; **А. В. Выпова**
Новосильская ЗАГЛОС – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, г. Мценск, РФ

В многофакторном опыте со стокорегулирующей лесной полосой комбинированной конструкции с низкорослым кустарником изучали снегоотложение, промерзание и влажность почвы, снеготаяние и водопоглощение на стоковых площадках, основные параметры метельных ветров. В течение двух лет поверхностный сток не сформировался и первый год сток был очень слабым и слабым по шкале Г. П. Сурмача [9]. Смыва и разлива почвы не наблюдалось.

Snow deposition, freezing and soil moisture, snow melting and water absorption at runoff sites, and the main parameters of blizzard winds were studied in a multifactorial experiment with a runoff-regulating forest belt of a combined design with low-growing shrubs. For two years, the surface runoff did not form and for the first year the runoff was very weak and weak according to the G. P. Surmach [10]. No soil washout or spillage was observed.

Стационарный опыт со стоковыми площадками заложен в д. Одинок Новосильского р-на Орловской обл. Склон юго-западной экспозиции, крутизна склона 3-4°. Почвы участка серые лесные, средне- и сильносмытые, смытость увеличивается сверху вниз по склону. На полевом опыте в нижней части склона расположена 4-рядная лесополоса 1960 г. посадки. Схема посадки Б-Т-Т-Б, размещение 2,5 × 1,0 м. Возле лесополосы проведена посадка низкорослого кустарника из спиреи.

Схема опыта: стоковая площадка № 1 (контроль) – зяблевая вспашка поперек склона без лесной полосы; стоковая площадка № 2 – зяблевая вспашка поперек склона + стокорегулирующая лесная полоса комбинированной конструкции с низкорослым кустарником по верхней опушке; стоковая площадка

№ 3 – зяблевая вспашка поперек склона + стокорегулирующая лесная полоса комбинированной конструкции с низкорослым кустарником по нижней опушке; стоковая площадка № 4 – зяблевая вспашка поперек склона + стокорегулирующая лесная полоса комбинированной конструкции с низкорослым кустарником по верхней и нижней опушкам (рис. 1).

Цель научной работы заключалась в том, чтобы выявить закономерности снегоотложения в комбинированной стокорегулирующей лесной полосе с низкорослым кустарником для управления эрозионно-гидрологическим процессом. Научные исследования проводили по программе и методике, разработанной г. н. с., д. с.-х. н., зав. лабораторией защиты почв от эрозии А. Т. Барабановым. Использовали и другие методики, методические указания, рекомендации и другие материалы [4, 5]. В качестве основного был принят балансовый метод стоковых площадок, обеспечивающий высокую точность результатов. Этот метод использовали в своих исследованиях И. А. Шаров [11], С. И. Небольсин, П. П. Надеев [5], Г. П. Сурмач [10], И. А. Субботин [9], А. Т. Барабанов [1], Е. А. Гаршинёв [2], А. И. Петелько [7], Н. Е. Петелько [8] и др.

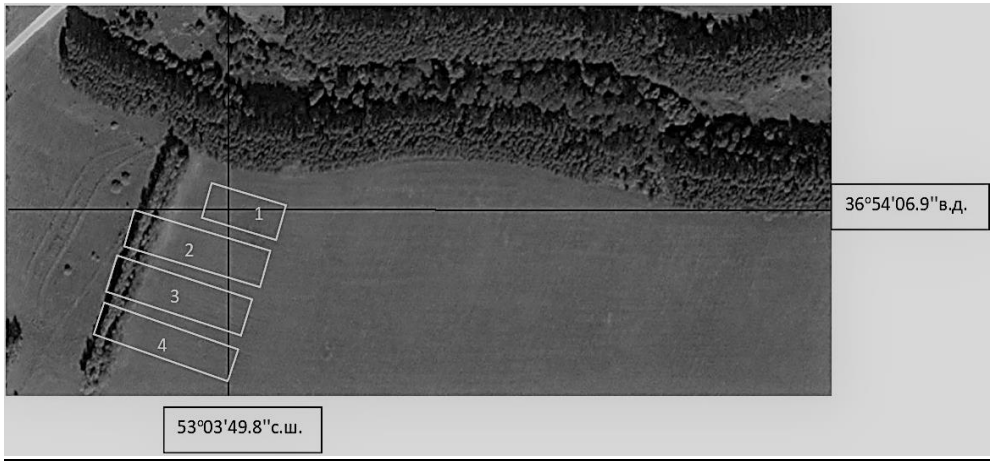


Рис. 1. Схема расположения стоковых площадок

Перед началом снеготаяния высоту снега на стоковых площадках измеряли по двум снегомерным ходам через 2-4 м в 3-5-кратной повторности. Плотность снега определяли весовым снегомером ВС-43 на каждой стоковой площадке в 6 точках в 2-кратной повторности. Запасы воды в снеге вычисляли по формуле: $Q = 10Hd$, где H – высота снежного покрова, см, d – плотность снега, г/см^3. Глубину промерзания почвы определяли по наличию кристаллов льда при бурении. Образцы почвы на влажность отбирали в 3-кратной повторности с глубин 0-3, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100 см. Применяли термостатно-весовой метод. В период снеготаяния наблюдения за оттаиванием почвы проводили при помощи металлической шпильки в 5-кратной повторности в верхней, средней и нижней частях стоковых площадок. В период прохождения поверхностного стока талых вод замеры воды на пороге водосливов проводили линейкой с миллиметровыми делениями через каждый час в дневное время, так как в ночные часы стока не было.

Охарактеризуем полевые исследования за 3 гидрологических года.

2017-2018 гидрологический год. Средняя температура осени составила 6,2 °С, что на 1,2 °С теплее многолетних значений. Осадков выпало 177 мм, или

140 % от нормы. Зима была снежной. Осадков выпало всего 178 мм (178 %). Температура воздуха в зимний период была теплее обычной на 4 °С. Снеготаяние проходило с 15 марта и длилось до 7 апреля. Оно прерывалось ночными заморозками. В дневные часы снег таял и оседал. Талая вода впитывалась в оттаявший слой почвы. Водопроницаемость почвы является свойством, определяющим скорость впитывания и просачивания в нее снеговой воды [1, 2]. Сток талых вод по интенсивности был очень слабым и просто слабым. Коэффициент стока колебался от 0,06 до 0,11. Водопоглощение на вариантах опыта составило 94,2-111,5 мм. Смыва и размыва почвы не наблюдалось. Установлено, что неглубокое промерзание почвы оказало свое влияние на величину водопоглощения. Большая часть снеговой воды впиталась в почву (таблица).

2018-2019 гидрологический год. В целом осень была на 2°С теплее, а осадков выпало недостаточно – 91 мм, т. е. 72,2 % от многолетней нормы. Зима была снежной, нехолодной. Осадков выпало 152 мм. Промерзание почвы было неглубоким – 5-16 см. Наблюдались частые оттепели. Снег оседал и уплотнялся, что способствовало оттаиванию почвы. Влажность почвы перед снеготаянием изменялась в значительной степени. В связи с тем, что промерзание почвы было слабым, сток талых вод не сформировался. Смыва почвы не было.

2019-2020 гидрологический год. Осень была теплее многолетних значений на 2,6 °С. Сумма осадков 100 мм, т. е. меньше средних многолетних значений на 20,7 %. Зима была неустойчивая, с частыми и продолжительными оттепелями. Зимних осадков выпало 129 мм, что больше нормы – 129 %. Температура воздуха зимы превышала средние многолетние данные на 8,4 °С. Снеготаяние началось 22 февраля и длилось до 01 марта. Весенний сток не сформировался из-за слабого промерзания почвы. Вся талая вода поглотилась почвой. Более подробно научные материалы за три года приведены в таблице. Нами были изучены основные параметры метельных ветров. Научные исследования проводились с целью определения их влияния на снегоотложение на склонах, изучения эффективности защитных лесных полос комбинированной конструкции с низкорослым кустарником в задержании и распределении снежной массы на склонах. Для анализа были собраны метеорологические данные за трехлетний период – с 2017 по 2020 г. по количеству, скорости и направлению метельных ветров за зимние периоды по трем метеостанциям Орловской области, расположенным в населенных пунктах Мценск, Орел и Верховье. На основе результатов определены преобладающие направления, максимальные и средние скорости ветровых потоков, изучен характер метелей, их повторяемость. Для получения более точного результата за основу бралась 16 румбовая роза ветров. Метели учитывались при скорости ветра 3 и более м/с, исходя из того, что это минимальная скорость ветра, при которой начинается снегоперенос [3]. Далее по полученным данным были определены вероятности появления метелей со скоростью ветра от 3 м/с и более (рис. 2).

Защитная лесная полоса расположена на склоне юго-западной экспозиции в направлении с севера на юг-юго-запад. Метельные ветры западного направления (по отношению к данной лесополосе) входят в нее под углом 90°, западно-

Таблица

Влияние различных агрофонов на элементы водного баланса

Вариант опыта	Высота снега, см	Плотность снега, г/см^3	Запасы воды в снеге, мм	Общие снегозапасы с осадками за период снеготаяния, мм	Сток талых вод, мм	Коэффициент стока	Водопоглощение, мм	Осадки за период снеготаяния, мм	Продолжительность снеготаяния, сут.
2018 г.									
Стоковая площадка: № 1 (контроль)	27	0,285	77	106	11,8	0,11	94,2	29	22
№ 2	31	0,270	84	113	6,2	0,05	106,8	29	22
№ 3	28	0,306	86	115	6,9	0,06	111,5	29	22
№ 4	30	0,300	90	119	7,5	0,06	111,5	29	22
2019 г.									
Стоковая площадка: № 1 (контроль)	27	0,342	92	110	0	0	110,0	18	20
№ 2	27	0,353	95	113	0	0	113,0	18	20
№ 3	28	0,359	101	119	0	0	119,0	18	20
№ 4	31	0,350	109	127	0	0	127,0	18	20
2020 г.									
Стоковая площадка: № 1 (контроль)	8	0,365	29	34	0	0	34,0	5	8
№ 2	12	0,351	42	47	0	0	47,0	5	8
№ 3	16	0,357	57	62	0	0	62,0	5	8
№ 4	18	0,342	62	67	0	0	67,0	5	8
Среднее за 3 года	24	0,332	77	94	2,7	0,02	91,6	17	16

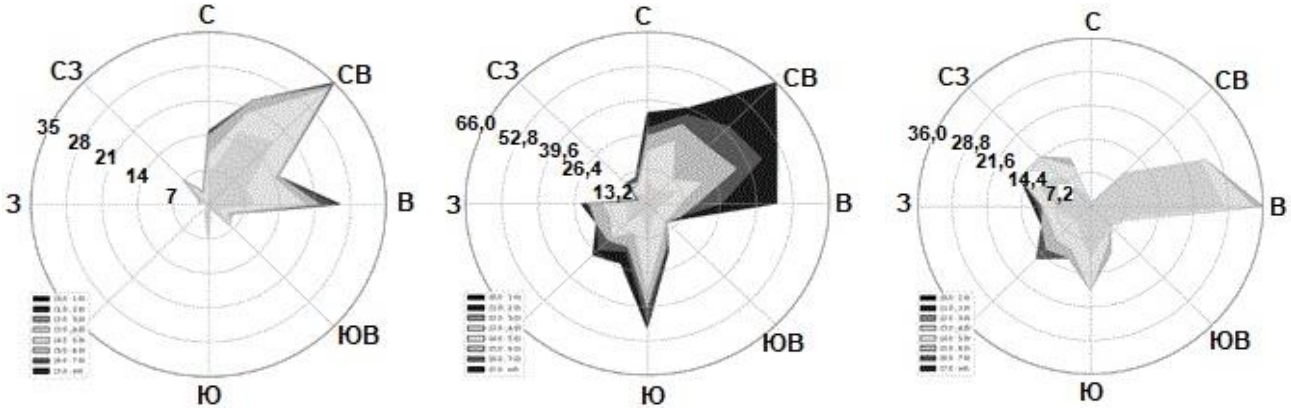


Рис. 2. Вероятность появления метелей различных направлений, % (по данным метеостанций Верховье, Мценск, Орел)

северо-западного и западно-юго-западного – 69°. Кроме того, от ветров южного и юго-юго-восточного направлений опытное поле также защищено лесными насаждениями, которые в полной мере выполняют защитную функцию.

Таким образом, изучение эрозионно-гидрологического процесса позволило выявить основные природные факторы (снегозапасы, промерзание и влажность почвы) и их влияние на формирование поверхностного стока талых вод. Воздействуя на эти факторы, можно надежно защитить почву от водной эрозии.

Научные исследования показали, что слабопромерзшая почва перед снеготаянием, независимо от увлажнения, обладает высокой впитывающей способностью. В течение двух лет весеннего стока не было. В 2018 г. на контроле сформировался сток талых вод слабой интенсивностью 11,8 мм, а на других вариантах с комбинированной стокорегулирующей полосой и низкорослым кустарником очень слабый – 6,2-7,5 мм. Стокорегулирующая лесная полоса комбинированной конструкции с низкорослым кустарником способствовала снегонакоплению и его перераспределению, что предохраняло почву от глубокого промерзания. Эффективность защитных лесополос, а также перераспределение снегозапасов тесно связаны с размещением лесонасаждений относительно господствующих направлений метельных ветров. Также необходимо учитывать и другие факторы (осадки, наличие оттепелей, агрофон, конструкцию, качественный состав лесонасаждений и т. п.). Сложившиеся погодные условия прошедших зим способствовали снегонакоплению и впитыванию влаги в почву. Этому также способствовало правильное расположение защитных лесных насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаршинёев, Е. А. Эрозионно-гидрологический процесс. Теория и модели / Е. С. Гаршинёв. – Волгоград, 1999. – 196 с.

2. Дюнин, А. К. В царстве снега / А. К. Дюнин. – М.: Наука, 1983. – 161 с.

3. Качинский, Н. А. Замерзание, размерзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и в полевых участках / Н. А. Качинский. – М.: Изд-во МГУ, 1927. – 168 с.

4. Небольсин, С. И. Элементарный поверхностный сток / С. И. Небольсин, П. П. Надеев. – Л. – М.: Гидрометеоиздат, 1937. – 63 с.

5. Пат. 2248116C1 Российская Федерация, МПК A01C23/00, A01B79/02. Способ регулирования снегоотложений для защиты почв от эрозии на склонах / Барабанов А.Т. (RU),

Гаршинёв Е. А. (RU), Кочкарь М. М. (RU); Заявитель ГУ ВНИАЛМИ. – № 2003122810/12, заяв. 21.01.2003; опубл. 20.03.2005, Бюл. №. – 3 с.

6. Петелько, Н. Е. Влияние противоэрозионной лесомелиорации на свойства смытых серых лесных почв Центральной лесостепи / А. И. Петелько // Лесомелиорация склонов: сб. науч. тр. – Волгоград, 1985. – Вып. 3(86). – С. 23-43.

7. Петелько, А. И. Агролесомелиорация в адаптивно-ландшафтном земледелии в лесостепи Центрального Нечерноземья / А. И. Петелько: автореф. дис. … д. с.-х. н. – Волгоград, 2012. – 39 с.

8. Поверхностный сток и инфильтрация в почву талых вод на пашне в лесостепной и степной зонах Восточно-европейской равнины / А. Т. Барабанов, С. В. Долгов, Г. И. Коронкевич [и др.] // Почвоведение. – 2018. – № 1. – С. 62-69.

9. Субботин, А. И. Сток талых и дождевых вод / А. И. Субботин. – М.: Гидрометеоиздат, 1966. – 376 с.

10. Сурмач, Г. П. Водная эрозия и борьба с ней / Г. П. Сурмач. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. –254 с.

11. Шаров, И. А. Увлажнение и сток / И. А. Шаров. – М., 1923. – Вып. 27. – 36 с.

УДК: 630.181

СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ЛЕСОПРИГОДНОСТИ ЗЕМЕЛЬ ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЫ

В. С. Попов

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Рассмотрены современные представления о лесопригодности песчаных земель засушливой зоны в настоящее время. Проведен анализ литературы, установлены основные принципы совершенствования классификации лесопригодности земель, сформулированы выводы о перспективе развития научных представлений.

Considers modern ideas about forest suitability of sandy lands of the arid zone at present. The article analyzes the literature, establishes the main principles of improving the classification of forest suitability of lands, and formulates conclusions about the prospects for the development of scientific ideas.

Объективная оценка лесопригодности засушливых земель является весьма актуальной и важной задачей для степного и защитного лесоразведения. Пески, особенно в засушливых районах, являются сложной средой для формирования растительного покрова, так как обладают низкой водоудерживающей способностью и низким содержанием питательных веществ. В настоящее время продолжают стоять задачи сохранения и рационального использования земельных и водных ресурсов, с учетом выполнения комплексных работ по их лесомелиорации. С ростом антропогенной нагрузки происходит опустынивание аридных территорий [1, 5, 11]. От негативных последствий агропастбищного и транспортного воздействия в основном страдают песчаные массивы. Последующая трансформация песчаных земель сопровождается резким ухудшением состояния природной среды, снижением плодородия, устойчивости, усложнением строения поверхностных отложений [6, 8, 9].

Основоположники отечественного лесоводства Г. Ф. Морозов и Г. Н. Высоцкий рассматривали окружающую среду как один из важнейших факторов

лесообразования, среди которых также находятся: внутренние жизненные лесоводственные или экологические свойства древесных пород, географическая среда, лесное сообщество или совокупность социальных явлений, животный мир, антропогенное воздействие человека и историко-геологические причины [2, 3]. Перечисленные выше факторы определяют лесопригодность территорий (земель). В своей работе «Об условиях лесопроизрастания и лесоразведения в степях европейской России» Г. Н. Высоцкий предлагал разделять лесопригодные и условно лесопригодные почвы. Так же нужно помнить, что в границах лесопригодной и условно лесопригодной почвы находится широкая палитра поверхностных отложений, отличный друг от друга по условиям лесообразования [1, 3, 4]. Г. Н. Высоцкий под лесопригодностью понимал такие почвы, на которых может быть создано устойчивое натурализирующееся сомкнутое древесное насаждение того или иного состава, наиболее соответствующее местным условиям произрастания. На лесонепригодных почвах создать натурализирующееся древесное насаждение практически невозможно, ситуация обстоит иначе с промежуточными почвами сомнительной лесопригодности, на них вполне возможно создание устойчивых древесных или древесно-кустарниковых насаждений, которые в свою очередь представляются переходными типами между настоящим лесом или кустарниковыми зарослями [2, 9].

Известно, что в пределах лесных, так и нелесных зон, лесопригодность земель имеет большую пространственную мозаичность. В границах одного климатопа она обусловлена в основном пестротой почвенно-грунтовых условий, которые во многом определяют состав, строение, продуктивность и долговечность лесных сообществ. [7, 9, 14].

Манаенков А. С. в работе «Лесомелиорация арен засушливой зоны» отмечает, что актуальной научной проблемой обеспечения экологичности и рентабельности землепользования является разработка средств и способов увеличения эффективности лесной мелиорации песков [6, 11]. По силе прямого и обратного взаимовлияния факторы лесообразования распределяются в следующей последовательности: климат – грунт – рельеф – почва – биология лесных пород – внутренняя среда леса – человек. Первые четыре фактора образуют внешний – географический потенциал лесообразования, следующие два – внутренний – биоценотический. Эти потенциалы взаимно детерминированы как эволюционно, так и на каждом этапе лесообразования [7-9]. Наиболее развиты лесотопологические классификации песчаных почвогрунтов. В их основе лежит тип почвы, степень ее дефлированности, глубина залегания и минерализация грунтовой воды, потенциальная мощность ризосферы, стабильность насыщения ее влагой осадков холодного периода. При оценке лесорастительных свойств зональных почв плакоров лесостепи чаще всего используют эдафическую сетку Алексеева – Воробьева – Погребняка и ее модификации, а для степи и полупустыни – тип почвы и положение лесокультурной площади в рельефе [2, 8]. Лесопригодность земель необходимо воспринимать не только как понятие географическое, но и как биоценотическое (с учетом конкретной лесообразующей породы) [4, 7]. Также при достаточной теплообеспеченности она определяется в основном запасом легкодоступной почвенной влаги, формирующимся в корне-

обитаемом слое древостоя за счет атмосферного и грунтового увлажнения, биологической эффективностью почвенного раствора и содержанием физической глины в песках, которая является надежным показателем их богатства, влагоемкости, корнепроницаемости [6-12, 14].

В связи с пространственным изменением климата и естественными колебаниями погоды часть продуктивных влагозапасов меняется довольно в обширных границах, вследствие активизируя отдельные изменения качества почвенной влаги и влагообеспеченности лесных экосистем. Так как нормы осадков и содержание физической глины в почвах достаточно сильно изменчивы по территории, лесопригодность также изменчива [4, 6, 8].

Таким образом, современное понятие о лесопригодности земель засушливой зоны опирается на использование новых технологий и методов, которые позволяют эффективно использовать песчаные земли для лесного хозяйства и лесной мелиорации в целом. Это позволяет улучшить экологическую обстановку на данных территориях, сберечь природные ресурсы и организовать благоприятные условия для формирования животного и растительного мира. Комплексная оценка климатических, почвенных и гидрологических факторов позволила определить своеобразную природу этих земель и разработать подходы к их оптимальному использованию и охране. Современное представление лесопригодности земель засушливой зоны имеет важное практическое значение. Результаты исследований могут быть использованы для разработки специальных методов лесоразведения и лесовосстановления, а также для планирования использования лесов на этих землях с целью предотвращения экологического разрушения и обеспечения устойчивого развития. В данной работе рассмотрен целый рад классификаций лесопригодности песчаных земель, из них можно выделить: качественную, гибридную и количественную. Современной важной задачей является совершенствование, калибровка и апробация количественной оценки территорий, для культур сосны степной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агролесомелиорация / Под ред. академиков А. Л. Иванова и К. Н. Кулика – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2005. – 763 с.

2. Высоцкий, Г. Н. Об условиях лесопроизрастания и лесоразведения в степях европейской России / Г. Н. Высоцкий // Избранные труды. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 68-78.

3. Высоцкий, Г. Н. Степное лесоразведение / Г. Н. Высоцкий. – М.: Сельхозгиз, 1960. – С. 31-67.

4. Зюзь, Н. С. Культуры сосны на песках Юго-Востока / Н. С. Зюзь // Науч. труды РАСХН. – М.: Агропромиздат, 1990. – 155 с.

5. Лесопригодность почв агролесомелиоративных районов // Лесомелиорация и ландшафт: сб. науч. тр. / Под ред. Е. С. Павловского. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1993. – Вып. 1(105).

6. Манаенков, А. С. Методика и нормативы оценки лесопригодности земель под массивное облесение в поясе неустойчивого увлажнения ЕТР / А. С. Манаенков. – М.: Россельхозакадемия, 2001. – 35 с.

7. Манаенков, А. С. О возможности лесоразведения на песках полупустыни / А. С. Манаенков // Лесное хоз-во. – 2012. – Гл. 8. – № 5. – С. 31-33.

8. Манаенков, А. С. Развитие основ степного и защитного лесоразведения: теоретические, прикладные аспекты и задачи в современных условиях / А. С. Манаенков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2016. – № 2(30). – С. 5-23. DOI: 10.15350/2306-2827.2016.2.5

9. Манаенков, А. С. Лесомелиорация арен засушливой зоны / А. С. Манаенков. – 2-е изд. перераб. и доп. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. – 428 с.

10. Манаенков, А. С. О лесопригодности земель засушливой зоны / А. С. Манаенков // Лесное хозяйство: актуальные проблемы и пути их решения: материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Владимира Петровича Бессчетнова, зав. кафедрой "Лесные культуры" Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, д. б. н., проф. и 30-летию высшего лесного образования в Нижегородской обл., Нижний Новгород, 25 нояб. 2022 г. / Под общ. ред. Н. Н. Бессчетновой. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВПО "Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия", 2022. – С. 166-171. – EDN RJSZPK.

11. Манаенков, А. С. Ландшафтно-хозяйственная индикация песчаных земель засушливых областей / А. С. Манаенков, Н. С. Зюзь // Вестник РАСХН. – 1997. – № 2. – С. 53-55.

12. Манаенков А. С., Егорова Е. В. Лесообразование и пожарная опасность в монокультурах сосны на территории засушливых областей / А. С. Манаенков, Е. В. Егорова // Ивестия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – Вып. № 3. – С. 56-61.

13. Огилевский, В. В. Обследование и исследование лесных культур / В. В. Огилевский, А. А. Хиров. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 47 с.

14. Создание долговечных полезащитных лесных полос на юге Западной Сибири (методические рекомендации) / А. И. Беляев, А. С. Манаенков, А. М. Пугачёва [и др.]. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2022. – 36 с.

УДК 631(470.620)

СОСТОЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ АГРОЛЕСОЛАНДШАФТОВ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Н. В. Примаков[1, 2], к. с.-х. н.
[1]*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»,* г. Краснодар, РФ
[2]*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»,* г. Краснодар, РФ

Установлено состояние лесных полос по основным агролесомелиоративным районам Краснодарского края. Определены параметры полей и полезащитных лесных насаждений. Представлены рекомендации владельцам лесных полос по улучшению состояния насаждений.

On the main agroforestry areas of the Krasnodar Territory, the state of forest strips has been established. The parameters of fields and protective forest stands have been determined. Recommendations for owners of forest strips to improve the condition of plantings are presented.

Проблема оптимизации структуры агроландшафтов впервые была поставлена в России известным В. В. Докучаевым. Он высказал идею, в которой подчеркивал необходимость соблюдать нормы определенного соотношения угодий. Подчеркивалась взаимосвязь соотношения угодий с лесными ценозами, водными объектами. Рассматриваемые взгляды по данному вопросу актуальны и по настоящее время и были развиты в исследованиях многих современных ученых и организаций [1, 3, 5, 6 и др.].

В наших исследованиях, проведенных на территории Краснодарского края за период 2018-2023 гг., было установлено состояние защитных лесных насаждений, параметры полей и полезащитных лесных полос по агролесомелиоративным районам края, что и явилось целью наших исследований.

Привязка административных районов к агролесомелиоративным осуществлялась по агролесомелиоративному районированию предложенному профессором Ф. С. Барышманом (I-III зоны). Для исследований были выбраны шесть административных районов: Абинский (III), Староминский (I), Тимашевский (II), Динской (III), Северский (III), Мостовской (II). В районах были выбраны по 100 полей и 100 полезащитных лесных полос для изучения основных параметров и вычисления средних значений. Кроме этого были проведены маршрутные исследования по изучению состояния полезащитных лесных полос. Характеристика параметров полей (средние значения) по вариантам исследований представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика параметров полей по вариантам исследований

Район исследования	Длина поля, м	Ширина поля, м	Площадь, га
Абинский	1265,9 ± 61,8	806,2 ± 9,1	9,6
Староминский	1175,9 ± 61,1	719,2 ± 5,3	8,6
Тимашевский	1268,4 ± 45,6	751,5 ± 3,6	9,6
Динской	1041,7 ± 51,8	320,2 ± 1,1	3,4
Северский	1821,8 ± 84,5	320,1 ± 1,5	5,8
Мостовской	1126,5 ± 74,8	240,2 ± 1,6	2,9
Среднее	1283,4 ± 63,3	472,9 ± 3,1	6,7

Из табл. 1 следует, что длины полей соответствуют рекомендованным, среднее значение длины полей всех изучаемых районов составило 1283,4 ± 63,3 м. Анализ ширины полей (средние значения) свидетельствует о большом разбросе данных. Так для Абинского (III), Староминского (I) и Тимашевского (II) р-нов характерно превышение рекомендуемой ширины поля, значение параметра которого для этих районов варьировало от 719,2 до 806,2 м. В то же время наблюдаются поля с небольшой шириной – от 240,2 до 320,2 м, которые отмечены в Динском (III), Северском (III) и Мостовском(II) р-нах.

Характеристика параметров полезащитных лесных полос (средние значения) по вариантам исследований представлено в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что средняя ширина лесных полезащитных полос в районах исследований превышает рекомендуемые параметры [4] и колеблется от 24,2 до 32,2 м. Превышение ширины лесных полос на всех вариантах исследований оказывает влияние на ее конструкцию. Особенно остро это наблюдается в тех полезащитных лесных полосах, в которых не выполняются уходные работы. В проведенных нами маршрутных исследованиях в полезащитных лесных полосах отмечается повсеместно плотная конструкция, что в свою очередь не соответствует рекомендуемой. Изменение конструкций приводит к снижению защиты межполосных пространств от неблагоприятных явлений. Состоя-

ния самих полезащитных лесных полос определяется как удовлетворительное, местами неудовлетворительное, что подтверждается исследованиями [2 и др.].

Таблица 2

Характеристика параметров полезащитных лесных полос по вариантам исследований

Район исследования	Длина лесной полосы, м	Ширина лесной полосы, м	Площадь лесной полосы, га
Абинский	1041,7 ± 49,3	32,2 ± 2,1	4,3
Староминский	1821,8 ± 84,5	32,1 ± 1,5	5,8
Тимашевский	1126,5 ± 74,8	24,2 ± 1,6	2,9
Динской	1041,7 ± 51,8	32,2 ± 1,1	3,4
Северский	1821,8 ± 83,1	32,1 ± 1,2	5,6
Мостовской	1126,5 ± 70,1	24,2 ± 1,5	2,9
Среднее	1330,0 ± 68,9	29,5 ± 1,5	4,2

Таким образом, в результате наших исследований установлено, что некоторые основные параметры агролесоландшафтов не соответствуют рекомендованным. Это относится к ширине полей и ширине полезащитных лесных полос. Не поддерживается конструкция полезащитных лесных полос, что приводит к потере зоны их мелиоративного влияния на агроландшафты. Состояние лесных полос удовлетворительное, местами не удовлетворительное. Предприятиям, которым принадлежат полезащитные лесные полосы, рекомендуется проведение системы мероприятий направленных на улучшения состояния лесных полос, в т. ч. и поддержания их конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев, А. И. Агролесомелиорация – основа экологически безопасного и экономически эффективного сельского хозяйства / А. И. Беляев, К. Н. Кулик // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 2(117). – С. 7-10.

2. Манаенков, А. С. Подходы к улучшению состояния полезащитных лесных полос на Северном Кавказе / А. С. Манаенков // Лесоведение. – 2023. – № 4. – С. 412-426. DOI: 10.31857/S002411482304006X

3. Научно-практические основы оценки экологической сбалансированности агроландшафта и степени соответствия используемой в нем системы земледелия / И. Г. Пыхтин, А. В. Гостев, Л. Б. Нитченко [и др.]. – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2017. – 66 с.

4. Правила проектирования, создания и содержания защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения / Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай, А. Н. Бабичев [и др.]. – Новочеркасск: Новочеркасский Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, 2016. – 102 с.

5. Примаков, Н. В. Почвопреобразующее воздействие лесных насаждений степной зоны. Монография / Н. В. Примаков. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2007. – 171 с.

6. Примаков, Н. В. Биоэнергетическая эффективность агроландшафтов Ростовской области / Н. В. Примаков // Лесное хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 33-35.

УДК 630:622.882

ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ ПУТЕМ РЕКУЛЬТИВАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Н. Е. Проказин, к. с.-х. н.; **С. А. Родин**, д. с.-х. н., акад. РАН;
Л. Л. Коженков, к. с.-х. н.; **Е. Н. Лобанова,** к. с.-х. н.
Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, г. Пушкино Московской области, РФ

Правовые акты, нормативные и технические документы формально указывают на необходимость и особенности проведения в соответствующих условиях лесохозяйственного этапа рекультивации территорий, но этапы технологии для лесоразведения путем рекультивации различных техногенных объектов в качестве наилучших доступных технологий (НДТ) не конкретизируются. Использование укрупненного посадочного материала позволит в ускоренном режиме создавать защитные насаждения и улучшить ландшафтное благоустройство территорий. Созданы научно обоснованные предпосылки для включения лесоразведения при рекультивации различных техногенных объектов в состав НДТ.

Legal acts, normative and technical documents formally indicate the need and features of carrying out the forestry stage of reclamation of territories under appropriate conditions, but the technology stages for afforestation by reclamation of various man-made objects are not specified as the best available technologies (BAT). The use of enlarged planting material will allow in an accelerated mode to create protective plantings and improve landscape improvement of territories. Scientifically substantiated prerequisites have been created for the inclusion of afforestation during the reclamation of various man-made objects in the BAT.

В соответствии с федеральным законодательством леса подлежат охране от загрязнения и иного негативного воздействия [8, 15]. По Правилам лесоразведения [12] должна осуществляться рекультивация земель, на которых расположены леса и которые подверглись загрязнению и иному негативному воздействию. Лесоразведение на землях, подлежащих рекультивации, осуществляется с целью биологической рекультивации этих земель путем создания лесных насаждений после проведения технического этапа рекультивации (планировка, нанесение плодородного слоя грунта, террасирование откосов отвалов и другие) в соответствии с законодательством Российской Федерации. Правила лесоразведения включают требования к Проекту лесоразведения, содержащие указание на рекультивацию.

Рекультивация земель определяется как мероприятия по предотвращению деградации земель и (или) восстановлению их плодородия посредством приведения земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в т. ч. путем устранения последствий загрязнения почвы, восстановления плодородного слоя почвы и создания защитных лесных насаждений [13]. Данные Правила включают требования к составу Проекта рекультивации земель и консервации земель, однако указание на лесохозяйственное направление не содержится.

Лесоразведение на землях, подлежащих рекультивации, осуществляют последовательно в два этапа – технический и биологический [1] в соответствии с проектом. Рекультивация является способом ликвидация накопленного вреда окружающей среде, которая включена в перечень областей применения наилуч-

ших доступных технологий [10], использование которых направлено на комплексное предотвращение, минимизацию негативного воздействия на окружающую среду.

Установлен порядок определения технологии в качестве наилучшей доступной [11]. Справочники по наилучшим доступным технологиям относятся к сфере национальной системы стандартизации. В информационно-техническом справочнике по наилучшим доступным технологиям (далее – справочник НДТ) [6] систематизированы сведения о технологических процессах, методах, способах, оборудовании и средствах, применяемых при ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде в Российской Федерации. Указывается, что справочник не содержит требований к технологиям, применяемым при реализации биологического этапа рекультивации территории и не распространяется на биологический этап рекультивации нарушенных земель. В тоже время отмечается, что покрытие хвостохранилищ отходами от разработок фельзитовых и вулканических туфовых карьеров с последующей посадкой на них быстрорастущих «канадских» саженцев тополя позволяет через короткий промежуток времени получить древесину производственного значения, а также, с целью уменьшения поверхностного стока, увеличения просачивания воды в почву осуществляется водозадержание путем производства работ почвозащитных фитопосадок.

Описываются технологии, способы, основанные на методе фиторемедиации – высаживании растений для экстракции, разложения или стабилизации вредных веществ в почве и воде. К преимуществам данной технологии относятся: низкие затраты по сравнению с традиционными методами санации; повышение физического, химического и экологического качества почвы. Технологии фиторемедиации загрязненного грунта включены в перечень перспективных технологий, направленных на повышение ресурсной и энергетической эффективности

В качестве основных критериев при разработке проектов рекультивации нарушенных земель принимают во внимание природные условия, показатели химического и гранулометрического состава, агрохимических и агрофизических свойств, инженерно-геологической характеристики вскрышных и вмещающих пород и их смесей в отвалах в соответствии с требованиями ГОСТ 17.5.1.03 Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель [2].

В разработанном в соответствии с требованиями Постановления Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 [11] и Методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной [9], а также положениями ГОСТ Р 54097 [3] и ГОСТ Р 57446-2017 [4] указывается, что эти технологии, прошедшие успешную апробацию в течение 6 лет, могут позиционироваться как НДТ рекультивации нарушенных земель и земельных участков. Данные технологии используют при восстановлении нарушенных земель, в том числе для лесохозяйственных целей.

Даются определения биологического этапа и лесохозяйственного направления рекультивации нарушенных земель и земельных участков: приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для ведения лесного хозяйства с

лесонасаждениями различных направлений (противоэрозионных, водоохранных, лесопарковых, насаждений производственного назначения). Главным условием лесохозяйственного направления рекультивации является создание оптимальных лесорастительных условий для формирования древесных насаждений с одной или несколькими лесообразующими породами.

Отмечается, что длительность формирования устойчивого растительного покрова после завершения биологического этапа рекультивации составляет на землях с нанесенным плодородным слоем почвы или потенциально плодородных пород мощностью более 40 см под лесные культуры 6-8 лет.

Проведенный анализ свидетельствует, что правовые акты, нормативные и технические документы формально указывают на необходимость и особенности проведения в соответствующих условиях лесохозяйственного этапа рекультивации территорий, но этапы технологии для лесоразведения путем рекультивации различных техногенных объектов в качестве НДТ не конкретизируются.

На несовершенство нормативных документов по лесохозяйственной рекультивации, как части биологической, ученые обращали внимание и ранее [7], хотя в научном и практическом плане данный вопрос постоянно прорабатывается, а итоги многолетних исследований уже давно вошли в учебные пособия [14].

В результате исследований ФБУ ВНИИЛМ разработаны технологии лесоразведения путем рекультивации различных техногенных объектов.

В основу предлагаемого учеными ВНИИЛМ технологического процесса рекультивации деградированных и нефтезагрязненных участков земель заложен принцип иммобилизации всех природных ресурсов биоценоза, направленный на самовосстановление загрязненной территории посредством применения гуминовых препаратов и в сочетании с комплексом мероприятий, завершающимся фитомелиорацией участков путем лесоразведения - создания на них зелёных насаждений.

Разработана технология ускоренной лесобиологической рекультивации полигонов складирования техногенного фосфодигидрата сульфата кальция. Данная технология рекультивации нарушенных земель, включающая лесоразведение, позволяет снизить негативное влияние полигонов складирования и карьерных выемок на окружающую природную среду [5].

В настоящее время ведутся научные исследования по отработке технологий лесоразведения при рекультивации с использованием укрупненного посадочного материала, что позволит в ускоренном режиме создавать защитные насаждения и улучшить ландшафтное благоустройство территорий.

Таким образом, созданы научно обоснованные предпосылки для включения лесоразведения при рекультивации различных техногенных объектов в состав НДТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 17.5.1.01-83. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения. Nature protection. Land reclamation. Terms and definitions: государственный стандарт: издание официальное: взамен ГОСТ 17.5.1.01-78: дата введения 01.07.1984. – М.: Изд-во «Стандартинформ», 1983. – 10 с.; 22 см. – Текст: непосредственный

2. ГОСТ 17.5.1.03-86. Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель. Nature protection. Lands. Classification of overburden and enclosing rocks for biological recultivation of lands: государственный стандарт: издание официальное: взамен ГОСТ 17.5.1.03-78: дата введения 01.01.1988. – М.: Изд-во «Стандартинформ», 1986. – 11 с.; 22 см.

3. ГОСТ Р 54097-2010. Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Методология идентификации. Resources saving. Best available techniques. Identification methodology: национальный стандарт: издание официальное: введен впервые: дата введения 01.01.2012. – М.: Изд-во «Стандартинформ», 2008. – 12 с.; 22 см.

4. ГОСТ Р 57446-2017 Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия. Best available techniques. Disturbed lands reclamation. Restoration of biological diversity: национальный стандарт: издание официальное: введен впервые: дата введения 12.01.2017. – М.: Изд-во «Стандартинформ», 2019. – 28 с.; 22 см. – Текст: непосредственный

5. Жидков, А. Н. Рекультивация нарушенных земель [Электронный ресурс] / А. Н. Жидков, Л. Л. Коженков // Лесохоз. информ. электрон. сетевой журн. – 2019. – № 3. – С. 134-145.

6. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 53-2022 «Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде».

7. Космаков, В. И. Этапы лесохозяйственной рекультивации земель, нарушенных при открытой добыче полезных ископаемых / В. И. Космаков, С. Э. Бадмаева, А. А. Бакач, // International agricultural journal. – 2021. – № 6. – С. 765-784.

8. Лесной Кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ.

9. Методические рекомендации по определению технологии в качестве наилучшей доступной, утвержденных Приказом Минпромторга России от 31 марта 2015 г. – № 665.

10. Перечень областей применения наилучших доступных технологий (Распоряжение правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 г. № 2674-р).

11. Постановление правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям».

12. Правила лесоразведения (Приказ МПР России от 20.12. 2021. – № 978 «Об утверждении, формы, состава, порядка согласования проекта лесоразведения, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесоразведения»).

13. Правила проведения рекультивации и консервации земель. (Постановление Правительства РФ от 10 июля 2018 г. № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель»).

14. Чибрик, Т. С. Основы биологической рекультивации: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2002. – 172 с. ISBN 5-7996-0134-3.

15. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01. 2002 № 7-ФЗ.

УДК 631.617

НОВЫЙ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ПЛОЩАДЕЙ ПАШНИ НА ДЕФЛЯЦИОННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ*

А. М. Пугачёва, к. с.-х. н.

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

*Работа выполнена в рамках исполнения вопроса Государственного задания (ГЗ) № FNFE-2022-0014 «Теоретические основы и математико-картографические модели функционирования агролесомелиоративных систем в защите почв от дефляции».

Представлен новый методологический подход к расчету площадей пашни на дефляционную устойчивость на примере Волгоградской обл. На основании данного подхода территория пашни делится на защищенную агролесомелиоративными системами (АЛС) территорию, что составило по региону 35 % и незащищенную. Проведен общий годовой расчет выноса почвы с открытой территории незащищенной пашни, как дефляционно опасной, что составило по региону 30842 тыс. т. Данный подход может быть применен для всех субъектов РФ.

Presents a new methodological approach to the calculation of arable land for deflationary stability on the example of the Volgograd region. Based on this approach, the territory of arable land is divided into the territory protected by agroforestry systems (ALS), which amounted to 35% in the region and unprotected. The general annual calculation of soil removal from the open territory of unprotected arable land as deflationally dangerous was carried out, which amounted to 30,842 thousand tons in the region. This approach can be applied to all subjects of the Russian Federation.

Проблема ветровой эрозии и связанное с этим процессом возникновение пыльных бурь активно изучается с середины XX в. Дефляция является глобальной современной проблемой, приводящей к катастрофам как регионального уровня (уничтожение пахотного горизонта и формирование эоловых аккумулятивных наносов на локальных участках), так и глобальных – опустынивание огромных территорий. Данная проблема в разных странах решалась и решается реализацией масштабных проектов. В России в 1948-1953 гг. в целях решения осуществлен крупнейший природоохранный проект «План преобразования природы» [13].

По данным Г. П. Глазунова, в мире ветровой эрозии подвержены почвы на площади 549 млн га, в Российской Федерации 15,9 млн га, тогда как реальная опасность представляется для почв на площади в 45 млн га [5]. По его мнению, до 90 % площади сельскохозяйственных угодий в основных зернопроизводящих регионах России (Поволжье и Северный Кавказ) подвержены эрозионным процессам. Теоретическим и практическим вопросам изучения дефляции посвящены работы поколений ученых: от создания теории ветровой эрозии почвы в рамках законов механики многофазных сред [5], в т. ч. через уравнение интенсивности потерь почвы для разных видов эрозии [11], получение и обоснование единого для водной и ветровой эрозии уравнения критической скорости потока [4], определение индекса дефляционной устойчивости почв [8] до разработки противоэрозионных мероприятий [6]. Отдельным блоком стоят исследования обработок почв и влияние на дефляционную устойчивость. По результатам исследований И. Н. Ильинской, глубокая основная обработка почвы повышает дефляционную устойчивость, а поверхностные обработки, к которым относятся боронование и культивация, ее снижают [7].

Множество научных работ посвящено дефляционной устойчивости почв, влиянию на ветровой режим растительности, а также применяемым методам изучения процесса ветровой эрозии. Функционал растительного покрова в борьбе с дефляцией изучается с позиций снижения скорости ветра в приземном слое воздуха и в армировании почвы корнями. Исследования роли и значимости травянистой растительности в решении дефляционной проблемы проводятся, но являются ограниченными. Много научных исследований посвящено изучению основного средства защиты земель от ветровой эрозии – защитным лесным насаждениям.

Лесомелиоративные системы являются многофункциональными комплексами по защите и восстановлению земель сельскохозяйственного назначения от антропогенного воздействия и климатических рисков [2, 9, 10, 16]. Преимущественно в исследованиях изучается влияние отдельных параметров насаждений на ветровой режим. Активно исследуются конструкции насаждений, их ажурность, породный состав, высота насаждений, их аэродинамические свойства с подветренной и заветренной сторон [1, 15]. Исследования комплексного влияния полезащитных насаждений на ветровой режим прилегающих территорий агроценозов выявили снижение скорости ветрового потока. Отдельные результаты свидетельствуют, что лесные полосы формируют расширение штилевых зон и образуют у поверхности почвы на высоте 0-2 м пространство с нулевыми скоростями ветра [3]. Основным верифицирующим методом изучения дефляции являются полевые исследования, которые дают достоверную оценку аккумулятивных образований, что позволяет, имея объективные и доступные метеорологические сведения о текущих характеристиках ветра и состояния почвенного покрова той или иной территории, рассчитать пул выноса плодородного слоя почвы с заданной территории с определением нанесенного ущерба. Но в настоящее время практически отсутствуют методологические подходы к расчету площадей пашни по блокам ее использования на предмет дефляционной устойчивости.

Цель данных исследований представить методологический подход, который включал бы все блоки использования земель пашни и охватывал весь комплекс факторов, влияющих на податливость почв, включая функциональные характеристики подстилающей поверхности, а также воздействующие факторы (сила ветра, его продолжительность и др.). Ключевым звеном в данных расчетах выступают защитные лесные насаждения) как экологический каркас земель сельскохозяйственного назначения. За основу принят показатель характеризующий защищенность земель сельскохозяйственного назначения – лесистость территории выше 1,5 %. В данной работе на примере Волгоградского региона защитные лесные насаждения представлены и рассчитаны в виде АЛС зонального типа. В основу классификации заложена типология АЛС М. Е. Васильева [1]. Данные по имеющимся площадям защитных лесных насаждений, инвентаризация 2015 г., предоставлены Комитетом природных ресурсов и экологии Волгоградской обл.

Методологический подхода к расчету устойчивости земель пашни является авторским, носит комплексный характер и основан на позиции, что распространение и интенсивность дефляции определяется двумя ведущими факторами – ветровым режимом и наличием земной поверхности без растительности или с изреженным растительным покровом. Учитываются следующие показатели: данные по существующим объемам АЛС, дефляционные характеристики подстилающей поверхности, показатели ветра (критические скорости и среднее число дней в году с критическими скоростями ветра). Рассчитываемые показатели: открытые и закрытые площади пашни, общий вынос плодородного слоя в зависимости от критических скоростей ветра. Схематически методологический подход представлен на рис. 1. Площадь пашни представлена в виде защищенной и незащищенной территории. Защищенной территорией пашни считаются площади, имеющие лесистость выше, либо равные 1,5 %, а также на незащи-

щенных территориях – закрытые площади. Закрытыми считаются территории, занятые посевами озимых культур, и залежные земли. В данной работе применены показатели, рассчитанные автором в более ранней работе по площадям черного пара (занимающим по региону 30 % от площади пашни), площадям озимых зерновых культур (50 % площадей от посевной площади) и залежным землям (21 %) [12]. Открытая незащищенная территория включает площади паров и площади под яровыми (включая пропашные) культурами, так как в ранний весенний период (март) данные площади являются свободными от растительности. Площади открытой и закрытой поверхности на незащищенных территориях рассчитывались прямо пропорционально площадям пашни по существующему зональному делению Волгоградской обл.: настоящая степь, сухая степь, полупустыня.

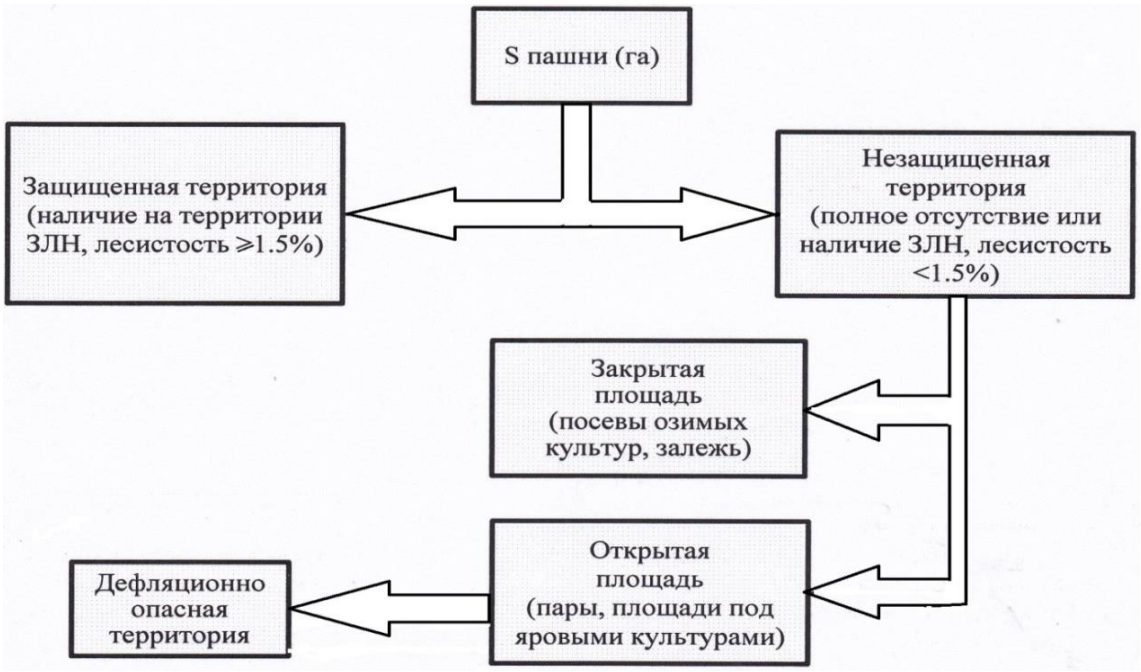


Рис. 1. Схема методологического подхода к расчету площадей пашни на предмет ее дефляционной устойчивости (весна, март)

По проведенным исследованиям защищенность земель пашни АЛС составила в среднем по региону 35 %, при следующем распределении по зонам: настоящая степь – 832,2 тыс. га (47 % от площади настоящей степи); сухая степь – 591,7 (22 % от площади сухой степи); полупустыня – 222,8 тыс. га (82 % от площади полупустыни). Средний процент лесистости пашни региона составил 1,3 %, при следующем распределении по зонам: настоящая степь – 1,4 %; сухая степь – 1,3 %; полупустыня – 1,4 %. Так как дефляционно опасными территориями считаются открытые площади незащищенной пашни, в таблице представлен расчет данных территорий.

Открытая поверхность незащищенной территории пашни является в данном подходе основным полигоном выноса почвы при дефляционных процессах. По проведенным расчетам с открытой территории незащищенной поверхности

пашни Волгоградской обл. общий вынос почвы составляет в год: в настоящей степи 1631 тыс. т, в сухой степи 28 327 тыс. т, в полупустыне 867 тыс. т, что в целом по региону составляет 30826 тыс. т почвы. Данные показатели наглядно свидетельствует о необходимости принятия экстренных мер по защите территории пашни в виде экологического каркаса земель созданием необходимых объемов защитных лесных насаждений.

1. В результате проведенных исследований на примере Волгоградского региона средний процент лесистости на землях пашни составил 1,3 %, при следующем распределении по зонам: настоящая степь – 1,4 %; сухая степь – 1,3 %; полупустыня – 1,4 %. Защищенность земель пашни агролесомелиоративными системами в среднем по региону составила 35 %.

Таблица

Расчет незащищенной площади пашни по зонам на предмет ее дефляционной устойчивости с учетом открытой (черные пары, площади под посев яровых культур) и закрытой (сельскохозяйственные культуры, залежные земли) поверхности в марте месяце

Название зоны		S пашни, тыс. га			Эродируемость почвы*, т/га ч	Продолжительность ветроэрозионных процессов*,ч	Выдувание почвы за год, т/га	Общий вынос с расчетной площади, тыс. т
		незащищенная	закрытая	открытая				
Настоящая степь		936,5	309,0	627,5	0,30	8,80	2,6	1631,5
Сухая степь	темно-каштановые	756,3	249,6	506,7	0,69	24,8	17,1	664,5
	каштановые	1308,8	431,0	877,8	0,42	53,4	22,4	19662,7
Полупустыня		47,6	15,7	31,9	0,47	57,8	27,2	867,7

**Данные представлены по А. Н. Сажину с соавторами [14].*

2. Аналитическим и расчетным методом проведена оценка открытой незащищенной территории пашни на предмет ее дефляционной податливости. Параметры показателей соответствовали весеннему периоду (март) с учетом типов почв и агрофона: открытой поверхности (черные пары и площади, предназначенные под посев яровых, включая пропашные культуры), и защищенной поверхности (посевы озимых культур и залежные земли). По проведенным расчетам с открытой территории незащищенной пашни общий вынос почвы составляет в год: в настоящей степи 1631 тыс. т, в сухой степи 28327 тыс. т, в полупустыне 867 тыс. т, что в целом по региону составляет 30826 тыс. т почвы.

3. Данный методологический подход расчета площадей пашни на предмет дефляционной устойчивости может быть применен для всех субъектов Российской Федерации с целью определения, в т. ч. необходимых объемов создания защитных насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев, М. Е. Защитное лесоразведение в сухой степи Алтайского края и Северного Казахстана / М. Е. Васильев: автореферат. дис. ... д. с.-х. н. – Л., 1978. – 37 с.

2. Васильев, Ю. И. Эффективность систем лесных полос в борьбе с дефляцией почв / Ю. И. Васильев. – Волгоград, 2003. – 176 с.

3. Волошенкова, Т. В. Взаимодействие ветрового потока с подстилающей поверхностью / Т. В. Волошенкова // Экология и мелиорация агроландшафтов: материалы Международ. науч.-практ. конф. молодых ученых, Волгоград, 02-05 окт. 2017 г. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – С. 56-59. – EDN ZUJMGR.

4. Гендугов, В. М. О единстве механизмов водной и ветровой эрозии почвы / В. М. Гендугов, Г. П. Глазунов // Почвоведение. – 2009. – № 5. – С. 598-605. – EDN KAVMSD.

5. Глазунов, Г. П. Теория ветровой эрозии почв: специальность 03.00.27: автореф. дис. … д. б. н. / Глазунов Геннадий Павлович. – М., 2005. – 48 с. – EDN ZMKDSL.

6. Ивонин, В. М. Теоретическая концепция совершенствования мелиоративных систем / В. М. Ивонин // Региональные геосистемы. – 2022. – Т. 46, № 3. – С. 322-338. – DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-3-322-338. – EDN GNPYHM.

7. Ильинская, И. Н. Дефляционная устойчивость каштановых почв при различных способах основной обработки / И. Н. Ильинская, Ж. Р. Маркарова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 5(49). – С. 20-22. – EDN TBRPZR.

8. Климентьев, А. И. Дефляция почв и опустынивание степей Урало-Каспийского субрегиона / А. И. Климентьев, Е. В. Павлейчик // Аридные экосистемы. – 2013. – Т. 19, № 2(55). – С. 47-57. – EDN RABHNB.

9. Кулик, К. Н. Лесомелиорация - основа создания устойчивых агроландшафтов в условиях недостаточного увлажнения / К. Н. Кулик, А. М. Пугачёва // Лесотехнический журнал. – 2016. – Т. 6. – № 3(23). – С. 29-40. – EDN WMUWWL

10. Ларионов, Г. А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки / Г. А. Ларионов. – М.: Изд-во МГУ. 1993. – 200 с.

11. Применение теории тепло-массообмена для описания водной и ветровой эрозии почвы / В. М. Гендугов, Г. П. Глазунов, Г. А. Ларионов [и др.] // Почвоведение. – 2012. – № 2. – С. 211. – EDN OOWLQR.

12. Пугачёва, А. М. Агролесомелиоративные системы – основа развития земледелия / А. М. Пугачёва // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1(49). – С. 227-237. – DOI 10.32786/2071-9485-2018-01-227-237. – EDN YZKGZV.

13. Рулев, А. С. Формирование новой агролесомелиоративной парадигмы / А. С. Рулев, А. М. Пугачёва // Вестник Российской академии наук. – 2019. – Т. 89. – № 10. – С. 1044-1051. – DOI 10.31857/S0869-587389101044-1051. – EDN GPUZVY.

14. Сажин, А. Н. Погода и климат Волгоградской области / А. Н. Сажин, К. Н. Кулик, Ю. И. васильев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – 334 с.

15. Aerodynamic properties of windbreaks of various designs formed by thinning in central Ukraine / V. Yukhnovskyi, O. Polishchuk, G. Lobchenko [et al.] // Agroforest Syst. 95, 855-865 (2021). https://doi.org/10.1007/s10457-020-00503-8

16. Crop productivity and tree growth in intercropped agroforestry systems in semi-arid and sub-humid regions of Ethiopia / S. Tadesse, W. Gebretsadik, C. Muthuri [et al.] // Agroforest Syst. 95, 487-498 (2021). https://doi.org/10.1007/s10457-021-00596-9

УДК: 633.2.033.2

УЛУЧШЕНИЕ ДЕГРАДИРОВАННЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ В ПРИКАСПИИ

Л. П. Рыбашлыкова, к. с.-х. н.; **С. Ю. Турко,** к. с.-х. н.; **М. И. Маслова**

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» г. Волгоград, РФ

Рассмотрены основные характеристики кормовых фитомелиорантов, являющихся перспективными для улучшения и восстановления аридных пастбищ Прикаспия. Установлено, что введение ценных представителей аборигенной и интродуцируемой растительности с различными биологическими и хозяйственными особенностями (*Kraschenninnikovia, Bassia, Agropyron* и др.) обеспечивает повышение продуктивности пастбищ.

The main characteristics of fodder phytomeliorants, which are promising for the improvement and restoration of arid pastures of the Caspian region, are considered. It has been established that the introduction of valuable representatives of native and introduced vegetation with various biological and economic features (*Kraschenninnikovia, Bassia, Agropyron*, et.al.) provides an increase in pasture productivity.

Пастбища в Прикаспии занимают 8358,9 тыс. га. Рациональное их освоение является важным резервом увеличения производства животноводческой продукции. Эти земли используются как природные кормовые угодья, и только незначительная их часть распахивается для возделывания кормовых культур. Растительность естественных пастбищ низкого качества. Урожайность невысокая (от 0,1-0,5 т/га сухой массы) и сильно колеблется по годам и сезонам. Поголовье скота из года в год увеличивается, и соответственно возрастает нагрузка на пастбища. В результате перегрузки скотом пастбищ и неурегулированного выпаса травостой деградирует [5]. В южных районах Астраханской обл. почти полностью выпали такие ценные виды, как житняк и прутняк, а эфемеры и эфемероиды, особенно костер кровельный (*Bromus tectorum* L.), бурачок пустынный (*Alyssum desertorum* Stapf.), мортук восточный (*Eremopyrum orientale* L.) и другие, рано заканчивающие вегетацию, получили широкое распространение. В южных районах Ставропольского края рогач песчаный, эбелек (*Ceratocarpus arenarius* L.). При этом происходит процесс разбивания и превращения этих угодий в неудобные земли.

Низкая продуктивность пастбищ сдерживает дальнейшее развитие животноводства и вызывает необходимость разработки и внедрения эффективных приемов повышения урожайности естественных кормовых угодий [6]. Научно-исследовательским центром агроэкологии РАН и другими научными учреждениями разработан ряд приемов повышения продуктивности пастбищ.

На полупустынных пастбищах важное значение имеют пастбищезащитные полосы [1, 3]. В зоне их мелиоративного влияния складываются более благоприятные условия, как для выпаса скота, так и для роста естественных трав и культивирования ценных кормовых растений [2, 3]. Улучшать эти пастбища необходимо и путем введения в них наиболее ценных представителей аборигенной и интродуцируемой растительности с различными биологическими и хозяйственными особенностями, из которых создаются искусственные фитоценозы.

Из испытанных видов растений наиболее ценными являются терескен, прутняк, житняк сибирский, пырей сизый и др. Терескен (*Eurotia ceratoides* L.) – многолетний ветвистый кустарничек высотой 80-100 см и более из семейства маревых (*Chenopodiaceae*).

Продолжительность жизни 50-70 лет и более. На основании морфологических особенностей и экологических условий произрастания выделено в основном 2 вида: терескен серый (*Eurotia ceratoides* L.), произрастающий на суглинистых почвах, и терескен Эверсмана (*Krascheninnikovia ewersmanniana* Stschegl. ex Losinsk.), предпочитающий супесчаные и песчаные почвы. Первый с раскидистыми побегами от корневой шейки, а второй – с прямостоячими побегами, ветвится преимущественно в верхней части побегов. Терескен отличается исключительной приспособленностью к суровым природным условиям Прикаспия, засухоустойчив, имеет мощную, хорошо развитую, глубокопроникающую в почвогрунт корневую систему. Являясь ценным кормовым растением, он имеет важное мелиоративное значение и как закрепитель легких, податливых к ветровой эрозии песчаных почв. Вегетировать начинает очень рано, вскоре после схода снега. Рост вегетативных и генеративных побегов продолжается до глубокой осени и прекращается лишь с установлением устойчивых заморозков.

Терескен используется при коренном и поверхностном (без предварительной обработки почвы) улучшении полупустынных и сухостепных пастбищ. В зависимости от состояния пастбищ и механического состава почв его можно выращивать посевом семян и посадкой сеянцев. Исследования ФНЦ агроэкологии РАН показали, что на опустыненных пастбищах с открытыми и слабозаросшими песками предпочтительнее посадка, а на пастбищах с бурыми и каштановыми суглинистыми и супесчаными почвами и на заросших песках могут применяться посев и посадка [7]. Семена терескена можно выращивать на семенных плантациях и на созданных в богарных условиях искусственных фитоценозах, а сеянцы – в питомниках с регулярным орошением.

Урожайность терескена в Астраханской обл. в среднем составляет 1,0-2,4 т/га и более сухой массы. Хорошие результаты достигнуты в Республике Калмыкия и в других регионах Прикаспия.

Прутняк, изень (*Bassia prostrata* L.) из семейства маревых (*Chenopodiaceae*) - многолетний полукустарничек высотой 30-75 см. Различают три основных экотипа прутняка: песчаный, каменистый и глинистый. Произрастает на разных почвах и имеет широкий ареал в зоне сухих степей, полупустынь и пустынь [8]. Корень стержневой, глубоко проникающий в почвогрунт. Прутняк засухоустойчив, экономно расходует влагу на транспирацию. Требователен к теплу и свету. Продолжительность жизни колеблется от 5 до 10 лет. Дает хорошие урожаи кормовой массы, охотно поедается овцами, верблюдами и является нажировочным кормом. Начинает вегетировать рано весной.

Посевы прутняка рекомендуется размещать по парам, вспаханным на глубину 20-22 см с соответствующей допосевной и послепосевной обработкой почвы. На пастбищах, не защищенных лесными насаждениями, с почвами легкого механического состава, податливыми к дефляции, распахивают полосы шириной 20-40 м, чередуя их с полосами естественного пастбища такой же ши-

рины, ориентированные поперек направления господствующих ветров. На следующий год осенью, до посева прутняка, следует применять безотвальное рыхление. Поверхность почвы перед посевом должна быть выровненной. Лучшим сроком посева прутняка следует считать подзимний. Норма высева семян 6-8 кг/га, способ посева рядовой, допускается посев и вразброс. Семена заделывают на глубину 0,5-1,0 см. Сразу после посева или одновременно с ним почву прикатывают кольчатыми катками. Семена прутняка можно выращивать на семенных участках. Урожайность прутняка в Республике Калмыкия и Астраханской обл. довольно высокая – 0,8-2,5 т/га и более сухой массы.

Житняк (*Agropyron*) из семейства злаковых (*Poaceae*) – многолетний рыхлокустовой полуверховой злак высотой 25-60 см. Различают три основных вида: житняк сибирский (узкоколосый) (*Agropyron fragile* Roth) – типичное растение песчаных равнинных участков, окрайков песков и почв легкого механического состава степей и полупустынь, житняк пустынный (*Agropyron desertorum* Fisch. ex Link), произрастающий на суглинистых и глинистых светло-каштановых и бурых почвах и солонцах пустынь, житняк гребневидный (ширококолосый) (*Agropyron pectinatum* M. Bieb.), типичный для глинистых и суглинистых темно-каштановых, черноземных почв, а также луговых почв лиманов полупустынь. Житняк – один из самых засухо- и морозоустойчивых, долговечных злаковых растений озимого вида, широко распространенных в аридной зоне. Корень мочковатый. В первый год жизни обычно не плодоносит, наилучшее развитие имеет на 2-3 год жизни.

Житняк используется при коренном и поверхностном улучшении естественных кормовых угодий. Урожайность его в Прикаспии высокая – 1,0-2,5 т/га сухой массы.

Пырей средний (сизый) (*Elytrigia intermedia* Host) из рода житняка. Многолетний короткокорневищный злак. Начинает отрастать рано весной, засухоустойчив.

В богарных условиях на легких светло-каштановых почвах урожай пырея сизого составляет 1,0-1,5 т/га. Растение высокого кормового достоинства. Хорошо поедается в зеленом виде и в сене всеми видами скота.

Под житняки и другие злаковые травы основную обработку почвы проводят ранней осенью путем полосной отвальной вспашки на глубину 20-22 см. Ширина полос 10-15 см. Возможно применение плоскорезной обработки, особенно на почвах, подверженных дефляции. Сорняки перед посевом уничтожают культиватором, затем почву боронуют. Лучшим сроком сева является осень. Норма высева семян: житняка 12-18, пырея 15-20 кг/га. На легких почвах полевая всхожесть мелкосеменных трав снижается из-за дефляционных процессов, поэтому посевную норму увеличивают. Глубина заделки семян 4-6 см. Лучший способ посева рядовой беспокровный. После посева проводят прикатывание. В благоприятные годы (особенно в более северных районах), когда осень сухая, возможны и ранневесенние посевы.

Донник каспийский, или песчаный (*Melilotus polonicus* L.), двухлетнее растение из семейства бобовых (*Fabaceae*). Зимостойкий, из всех видов имеет самую мощную корневую систему. Куст высотой до 150-350 см. Семена круп-

ные (2,5-3,2 мм), широкоовальные. Хорошо растет на песчаных почвах Прикаспийской низменности. Отличается засухо- и жароустойчивостью. Каспийский донник может использоваться на силос и в качестве сидерата.

Посевы донника рекомендуется размещать по зяблевой вспашке. Перед посевом желательно провести прикатывание. Это способствует лучшему соприкосновению семян с почвой, что значительно ускоряет появление всходов. Срок рядового посева – ранняя весна. Норма высева семян 25-30 кг/га. Заделываются на глубину 2-3 см, на легких почвах – чуть глубже. Семена желательно скарифицировать.

Урожайность донника в Ставропольском крае довольно высокая – 1,2-4,8 т/га и выше. Кроме того, на пастбищах (выпасах) в Терско-Кумском междуречье можно использовать и донник желтый, или лекарственный (M. *officinalis*), который хорошо отрастает после стравливания.

В целях лучшего использования экологических резервов (влаги, элементов питания и др.) необходимо создавать фитоценозы из смесей разных видов растений, которые будут давать и более сбалансированный по питательности корм.

По результатам исследований Богдинской НИАГЛОС филиала ФНЦ агроэкологии РАН, высокую продуктивность в Астраханской полупустыне имеют смеси терескена с житняком сибирским, терескена с прутняком и житняка сибирского с прутняком.

Таким образом, естественный травостой на пастбищах деградирует и имеет низкую урожайность. Ценные травы почти полностью выпали, а малосъедобные, сорные и ядовитые, типа эфемеров и эфемероидов, получили широкое распространение в связи с интенсивным неурегулированным выпасом скота. Введение ценных представителей аборигенной и интродуцируемой растительности с различными биологическими и хозяйственными особенностями (терескен, прутняк, житняк и др.) обеспечивает повышение продуктивности пастбищ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамова, Р. М. Эколого-биологические аспекты формирования защитных лесных насаждений в аридных регионах / Р. М. Адамова, М. Р. Казиев // Аридные экосистемы. 2021. – Т. 27. – № 2 (87). – С. 26-32. DOI: 10.24411/1993-3916-2021-10147.

2. Байраков, И. А., Идрисова, Р. А., Элипханов М. У. Аридные ландшафты Чеченской республики и их антропогенные преобразования // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки / И. А. Байраков, Р. А. Идрисова, М. У. Элипханов. – 2011. – Т. 16., № 6-1. – С. 1552-1555.

3. Булахтина, Г.К. Изучение адаптивного потенциала кормовых кустарниковых растений для использования в восстановлении деградированных полупустынных пастбищных экосистем / Г. К. Булахтина // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 1(216). – С. 2-11. – DOI 10.32417/1997-4868-2022-216-01-2-11

4. Кадралиев, Д. С. Урожайность и Энергетическая ценность травосмесей в зависимости от способа сева / Д. С. Кадралиев, А. В. Филиппова, А. В. Гулин [и др.] // Проблемы развития АПК региона. – 2020. – № 2(42). – С. 70-80. – DOI 10.15217/issn2079-0996.2020.2.70.

5. Манаенков, А. С. Повышение эффективности восстановления растительного покрова в современных очагах дефляции на пастбищах Северо-Западного Прикаспия / А. С. Манаенков, Л. П. Рыбашлыкова // Аридные экосистемы. – 2020. – Т. 26, № 4(85). – С. 116-126.

6. Методические рекомендации по фитомелиоративной реконструкции деградированных и опустыненных пастбищ Российской Федерации инновационными экологически без-

опасными ресурсосберегающими технологиями / А. И. Беляев, К. Н. Кулик, А. С. Манаенков [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2021. – 68 с.

7. Пинашкин, Ю. Н. Биолого-агротехнические основы введения в культуру изеня (прутняк) (*kochia prostrata*) в условиях Поволжья для восстановления продуктивности деградированных пастбищ / Ю. Н. Пинашкин, С. С. Полтаранин, В. А. Парамонов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 3 (35). – С.88-91.

8. Пинашкин, Ю. Н. Исследования по интродукции дикорастущего кормового полукустарника терескен (серый, эверсмана) для реставрации и коренного улучшения пастбищ в Поволжье / Ю. Н. Пинашкин, С. С. Полтаранин, В. А. Парамонов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2 (34). – С. 66-69.

УДК 630*165.6

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЗАЩИТНОМ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ*

Д. В. Сапронова, к. с.-х. н.

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Описывается три вида древесных и кустарниковых интродуцентов: смородина золотистая, можжевельник виргинский и гордовина обыкновенная. Отображаются их биологические особенности. Рекомендуется применение данных пород в защитные и озеленительные насаждения Нижнего Поволжья.

Three types of woody and shrubby introducents are described: golden currant, Virgin juniper and common gordovina. Their biological features are displayed. It is recommended to use these rocks in protective and landscaping plantings of the Lower Volga region.

На Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиале ФНЦ агроэкологии РАН в дендросаду и питомнике имеются интродуцированные виды и формы различных деревьев и кустарников. Всего около 600 видов, из них свыше 300 во взрослом состоянии в многолетних насаждениях и более 250 в возрасте от 1 до 5 лет. Задачей интродукционной работы с древесными растениями было и остается обогащение местной дендрофлоры новыми полезными растениями [1].

Из продолжительного испытания в дендрарии станции более устойчивыми и перспективными породами являются деревья и кустарники, которые не имеют значительных повреждений, хорошо растут, регулярно цветут, плодоносят доброкачественными семенами и имеют самосев [2].

Смородина золотистая (Ribes aureum). Смородина золотистая была выращена из семян местного происхождения. Большое количество было высажено в 1937 г. в рядах яблонь Шитовского сада и в дендрарии станции кв. № 5. В 50-

*Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № FNFE-2021-0001 (регистрационный номер 121041200197-8) «Научные основы и технологии обогащения дендрофлоры лесомелиоративных комплексов хозяйственно ценными древесными и кустарниковыми растениями в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий».

60 годах XX в. смородину золотую высаживали на территории Нижневолжской станции, как почвозащитный кустарник и в маточно-семенных насаждениях: орехов, абрикоса обыкновенного, ясеня зеленого и других пород на общей площади свыше 6 га. Смородина высаживалась по склонам балок, в защитные лесные полосы и в другие виды посадок. Как показали опыты ее культуры на территории станции смородина золотая не очень требовательная к условиям своего произрастания, засухо- и морозоустойчива. Не подвергается повреждениями вредителей и грибковыми заболеваниями (рис. 1).

Рис. 1. Цветение смородины золотистой

В возрасте 3-4 лет начинает плодоносить, плодоносит ежегодно, но особо урожайные годы бывают через 2-3 года. Урожай ягод ежегодно собирает станция для дальнейшего посева для нужд питомника и озеленения. Смородина золотистая широко внедряется в озеленение г. Камышин и других населенных пунктов. В возрасте 30 лет она достигает высоты 2,18-2,5 м, диаметр куста у поверхности почвы достигает 1,25-2,0 м, с годичным приростом в высоту 11,3-20,0 см, диаметр кроны с СЮ 2,6-3 м, с ВЗ 3,16-4,0 м. Часть устаревших стеблей суховершинит, требует обрезки (омоложения). Легко переносит обрезку и стрижку, после чего переносит густоветвленные плотные кусты. В насаждениях Нижневолжской станции встречаются одиночные кусты разновозрастного самосева.

По многолетним наблюдениям было отмечено, что внутри вида смородины золотистой нет однородности. При этом выяснено, что размножение семенами ни одна из форм не сохраняет свойств материнского растения, как по форме куста, так и по окраске, форме и урожайности ягод. Сохранить все свойства лучших форм смородины золотистой можно только способом ее вегетативного размножения.

Размножается смородина золотистая посевом семян осенью, посадкой зимних черенков в открытый грунт и летом зелеными черенками в парниках (череночницах). При соответствующем уходе все способы размножения дают хорошие результаты. Смородина золотистая заслуживает внимания не только для защитного лесоразведения и озеленения, но и как ягодный кустарник. Ее ягоды используют в пищу, как в свежем виде, так и для приготовления варения, сиропов, заморозки и др.

Можжевельник виргинский (Junīperus virginiāna). На станции был выращен из семян неизвестного происхождения, полученных из ВНИАЛМИ в 1937 г. Его сеянцы были высажены в 1939 г. на погребенных каштановых почвах в дендросаду кв.10 и на питомнике на расстоянии в рядах и междурядьях на 1 м.

До 8-10 летнего возраста-до полного смыкания крон за насаждениями проводился уход одноразовой сплошной перекопкой почвы на глубину штыка лопаты. В течение последующих 20 лет за посадками можжевельника виргинского ухода не проводится.

В 30-летнем возрасте по обмерам осенью деревья на питомнике достигли средней высоты 5,41 м, максимальной 5,8 м, средний диаметр ствола составил 9,75 см, максимальный 11,5 см. Прирост в высоту средний 22,8 см, максимальный 30 см. Ветви на стволах расположены до поверхности почвы на высоте 0,15 см. Диаметр кроны с СЮ среднее 2,93 м, максимальное 3,4 м, с ВЗ среднее 2,9 м, максимальное 3,1 м.

Показатели обмеров посадок можжевельника виргинского того же возраста в дендросаду кв.10 следующие: высота деревьев 5,71/7,1 м, диаметр стволов 9,6/14 см, однолетний прирост высоту 19,3 см/25 см. Диаметр крон с севера на юг 3,04 м/4,0 м, с востока на запад 3,23 м/4,0 м. За все время произрастания посадок можжевельника виргинского в дендросаду и на питомнике № 1 каких-либо повреждений не наблюдалось. Первое плодоношение отдельных деревьев наблюдалось в возрасте 9-10 лет, а массовое плодоношение началось в 12-15 лет. Изредка встречаются одиночные экземпляры его разновозрастного самосева. Плодоносит ежегодно, но урожайные годы бывают через 2-3 года. Всхожесть семян при проверке образцов взрезыванием выявлено, что в чрезмерно сухие годы снижается процент их всхожести и урожайности.

Размножается можжевельник виргинский посевом семян осенью в гряды открытого грунта. Семена, посеянные под зиму, весной следующего года дают дружные всходы. Кроме посева семян, можжевельник виргинский можно размножать черенками и отводками.

В посадках станции деревья можжевельника виргинского имеют две различные формы. Одна из них с сизой хвоей и более сжатой кроной, а вторая форма имеет золотисто-зеленую хвою и более раскидистую крону. Можжевельник виргинский в зоне каштановых почв заслуживает большего внимания для внедрения в массовые культуры на гумусированных увлажненных песках, на погребенных каштановых почвах и на свежих суглинистых и песчаных каштановых почвах.

Он засухо- и морозоустойчив, довольно теневынослив, может использоваться в защитных посадках, и в особенности, в озеленении населенных пунктов. В зеленых посадках он может быть использован в создании плотных живых изгородей, опушек, малопродуваемых ветроломных полос, групповых посадок и аллей. Легко переносит формировку стрижкой. Он очень декоративен, особенно при обильном плодоношении голубовато-белыми шишкоягодами.

Повреждение грибными болезнями и вредителями не наблюдалось (рис. 2).

Гордовина обыкновенная (Vibúrnum lantána). Гордовина обыкновенная в Нижневолжской станции по селекции древесных пород филиале ФНЦ агроэкологии РАН была выращена из семян, полученных в 1935 г. из ВНИАЛМИ г. Волгоград. Ее сеянцы были высажены в дендросаду в кв. № 1. Высажена в 1 ряд на расстоянии в рядах 1 м, в междурядьях в другими видами 1-2 м. Рельеф кв. № 1 равнина, почва каштановая, суглинистая погребенная на 35-40 см. До 1950 г. за насаждениями проводился ежегодный одноразовый уход сплошным

рыхлением почвы на глубину штыка лопаты, посадки гордовины обыкновенной в рядах сомкнулись, имеют форму плотных густооблиственных кустов.

Рис. 2. Архитектурные формы можжевельника виргинского

В условиях станции гордовина обыкновенная исключительно засухо- и морозоустойчива, совершенно не повреждается вредителями и болезнями, ежегодно обильно цветет и плодоносит доброкачественными семенами. Гордовина обыкновенная начала плодоносить в возрасте 5 лет.

В возрасте 30 лет ее кусты достигли 2,15/2,6 высоты, с диаметром кустов у надземной части 1,3/2,5 м, с годичным приростом в высоту 16,7/30 см, диаметр крон с севера на юг 2,92/4 м, с востока на запад 3/4 м. Все кусты имеют корневые отпрыски и отводки от боковых веток прилегающих к поверхности почвы. Гордовина обыкновенная мирится с небольшим затенением.

Из опыта станции гордовина обыкновенная вполне заслуживает внимания для массового размножения и внедрения в опытно-производственные защитные и озеленительные насаждения в зоне каштановых почв на легких суглинистых, супесчаных и погребенных каштановых почвах. В озеленении гордовина может быть использована в создании живых опушек в групповых и одиночных посадках. Она очень декоративна, как в период цветения, так и в период плодоношения, листовой покров ее на кустах сохраняется до поздней осени.

Размножается посевом семян осенью в открытый грунт, корневыми отпрысками, отводками и зелеными летними черенками в парниках (рис. 3).

Рис. 3. Гордовина обыкновенная в дендрарии станции

ЛИТЕРАТУРА

1. Научные основы и этапы формирования полифункциональных кластерных дендрологических экспозиций коллекций ФНЦ агроэкологии РАН / А. В. Семенютина, А. Ш. Хужахметова, В. А. Семенютина [и др.]. – Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2022. – 192 с. – ISBN 978-5-6048368-1-1. – EDN OPLXKG.

2. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022622375 Российская Федерация. Возрастная структура интродукционных ресурсов Камышинского дендрария для разработки реестра растений, требующих сохранения и восстановления: № 2022622205: заявл. 13.09.2022: опубл. 29.09.2022 / А. И. Беляев, А. В. Семенютина, А. Ш. Хужахметова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного защитного лесоразведения Российской академии наук». – EDN IEKMYE.

УДК 630:631:6

ВЕКОВОЙ ОПЫТ ЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ АРЕН ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Г. А. Сурхаев, к. с.-х. н.
Северо-Кавказский филиал ФНЦ агроэкологии РАН, Ачикулак, РФ

Более века опыт создания экспериментальных объектов защитного лесоразведения Ачикулакской опытной станции (ныне СКФ ФНЦ агроэкологии РАН) наглядно свидетельствует о высокой эффективности лесомелиорации в закреплении, облесении и аграрном освоении песков и песчаных земель аридного Предкавказья.

For more than a century, the experience of creating experimental facilities at the Achikulak Experimental Station (now the SCF of the Federal Service for Agroecology of the Russian Academy of Sciences) clearly demonstrates the high efficiency of forest reclamation in the consolidation, afforestation and agricultural development of sands and sandy lands of the arid Pre-Caucasus.

Равнинную, аридную часть восточного Предкавказья занимают Терско-Кумские пески, сформировавшиеся в ходе депрессии древне-каспийских и более поздних каспийских отложений в которых преобладают легкие аллювиальные наносы древних речных террас [5]. Песчаные почвы сформированы на полимиктовой (полевые шпаты, апатиты, амфиболы, слюды и др.) цеолитной основе[8], в связи с чем они относительно плодородны (гумус до 2,3 %) и отличаются доступными для древесных многолетников грунтовыми водами, по глубине залегания (2,0-12,0 м) и степени минерализации (1-12 г/л). Эти факторы во многом благоприятствуют лесоразведению на песках региона, несмотря на высокую засушливость климата, выраженную малым количеством годовых осадков (250-350 мм), напряженным термическим режимом периода активной вегетации растений (до +44 °С) и низкой влажностью воздуха (20-40 %) на территории [4].

Лесомелиорация региона в многолетней истории проведения проходила «эволюционные» этапы развития.

Этап становления лесомелиорации, связан с началом осуществления пескозакрепительных работ в регионе (1894-1919 гг.) и разработкой с «чистого листа»

приемов и технологий борьбы с «летучими» песками. В это время, методом проб и ошибок лесоводы и практики утвердились в высокой эффективности и экономичности метода биомелиорации песков с использованием быстрорастущих ивовых и тополевых пород в их закреплении и облесении на Бажиганском и Терском массивах междуречья. Это был период спонтанного проведения мелиоративных работ в отсутствие научно-обоснованных методов и способов их осуществления, вызванное необходимостью скорейшего подавления очагов экологического бедствия в животноводческой Ногайской степи, возникших в конце XIX в. в результате интенсивного сбоя растительного покрова пастбищных угодий из-за резкой перегрузки скота на площади около 60 % малосвязных почв, приведшее к катастрофическому движению оголившихся песков.

На этом этапе испытывался широкий ассортимент древесно-кустарниковых мелиорантов лиственных пород (разные виды ивовых, тополевых, плодовых и ягодных культур, дуб черешчатый, робиния лжеакация, берест и др.) в закреплении и облесении песков [22]. К этому периоду относится и первый удачный опыт создания в 1915 г. хвойных культур на Терских песках (Арнаутская сосновая роща) близ станицы Червленная [14].

Однако в ту пору, многие заложенные насаждения отличались недолговечностью и начинали расстраиваться в низкополнотные (0,3-0,4) уже в молодом возрасте, не доживая 15-20 лет, из-за несоответствия лесорастительным условиям создания и несовершенства технологии их выращивания на песчаных почвах [12].

Советский, начальный этап (1920-1947 гг.) лесной мелиорации на песках междуречья отмечен значительным объемом (более 17 тыс. га) закладки мелиоративных насаждений посадкой и посевом древесных, кустарничковых и травных пескозакрепителей. На Бажиганском и Терском массивах песков усилиями Ачикулакской НИЛОС площадь защитных древостоев экспериментального полигона лесомелиорации песков с участием разных культур (тополь черный, гибридный, пирамидальный, вяз мелколистный, робиния лжеакация, дуб летний и др.) достигла почти 2700 га [3].

Кульминационный этап лесомелиоративных работ (1948-1991 гг.) берет начало со знаменательного постановления Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР» известного в народе как «Сталинский план преобразования природы». Масштабные мелиоративные работы, начатые в регионе в 50-е годы активно продолжались до 60-80-х годов прошлого столетия, вплоть до развала союзного государства в начале 90-х годов.

Данный период лесомелиорации отмечен разработкой и внедрением Ачикулакской НИЛОС научно обоснованных эффективных технологий закрепления песков глубокой посадкой крупномерных саженцев, с применением специально сконструированной ВНИАЛМИ лесопосадочной машины и технологий создания разнотипных по породному составу и конструкции защитных насаждений на заросших песках с участием многих лиственных и хвойных пород-интродуцентов. Благодаря вкладу ученых и практиков площадь закрепления и

облесения песчаных земель на территории аридного Предкавказья достигла рекордного уровня – свыше 30 тыс. га лесозащитных насаждений [13].

Еще одним научным достижением опытной станции стало внедрение технологии создания лесопастбищ на открытых песках с использованием джузгуна безлистного для пескозакрепления и последующего залужения многолетними травами широких (5-6 м) междурядий культур [16].

Этап спада лесомелиорации связан с началом развала нашего союзного государства в 1991 г. К сожалению он продолжается и в наше время, так как за прошедшие десятилетия объем выполнения лесомелиоративных работ на Терско-Кумских песках не превышает и 500 га в год, где значительную часть (около 70 %) занимают объекты фитомелиорации травами деградированных пастбищ. Причина такой ситуации – мизерное государственное финансирование экологически и экономически важных мероприятий улучшения степного животноводства и богарного земледелия региона.

Но тем не менее в 90-е годы прошлого столетия благодаря успеху натурализации хозяйственно-ценных субтропических плодовых интродуцентов (унаби обыкновенный, хурма виргинская, гранат обыкновенный) опытной станцией разработаны (1996-2012 гг.) адаптивные технологии размножения новых культур и создания их мелиоративных многоцелевых насаждений на песках междуречья [17, 18]

Ачикулакской станцией в ходе многолетней (более 80 лет) научно-экспериментальной деятельности на Терско-Кумских песках сформирован уникальный полигон (10202 га) защитного лесоразведения и комплексных мелиораций, где отрабатываются и внедряются эффективные технологии и модели борьбы с деградацией и опустыниванием аридных территорий Восточного Предкавказья.

Из широкого ассортимента деревьев и кустарников (около 100 видов) интродуцированных опытной станцией в целях пескозакрепления, массивного и полезащитного лесоразведения в Терско-Кумском междуречье основными породами-лесомелиорантами стали дуб летний (*Quercus robur*), робиния лжеакация (Robinia pseudoacacia), различные виды тополей (*Populus nigra, populus alba, populus piramidalis*), вяз приземистый (*Ulmus pumila*), сосна крымская (*Pinus pallasiana*), абрикос обыкновенный (*Armenaca vulgaris*), лох узколистный (*Elacagnus angustifolia*), джузгун безлистный (*Calligonum aphyllurop*) и др.

В основном с их участием шло закрепление подвижных песков и создание разных типов защитных насаждений (массивные, кулисные, куртинные, узкополосные) для облесения, мелиорации пастбищных и других сельскохозяйственных угодий Терско-Кумского междуречья.

Ниже приводится краткая оценка мелиоративного и экологического потенциала основных культур-мелиорантов Терско-Кумских песков.

Культуры дуба, в пределах полигона занимают сравнительно небольшую площадь, около 70 га. Они сформированы на пологих и мелкобугристых песках Бажиганского (1-я и 3 лесная дачи) и Терского (Иргаклинская лесодача) массивов в разные периоды их лесомелиоративного освоения.

Первые культуры заложены в 1924-1926 гг. на предварительно закрепленных шелюговыми полосами пылевато-мелкозернистых песках [6].

Позднее (1952-1954 гг.) посадки дуба проведены на гумусированных песках Махмудской и Иргаклинской лесных дач. Эти уникальные насаждения и

сейчас по лесоводственно-таксационным параметрам оцениваются удовлетворительным состоянием (табл. 1).

Таблица 1

Лесоводственная оценка искусственных дубрав на Терском и Бажиганском массивах песков

Местоположение насаждений	Площадь, га	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Полнота	Бонитет	Запас, $м^3$/га	УГВ, м	МГВ, г/л
Бажиганский массив: 1 лес-дача	37,5	92-94	8-10	26-38	0,4-0,7	III-IV	112	5-7	8-12
3 лес-дача	31,3	78	10-12	32-42	0,6-0,7	III-IV	126	6-7	5-7
Терский массив (Иргаклинская лес-дача	1,5	66	4,0	36	0,8-1,0	II-III	148	3,2	0,4

В сравнении с Бажиганскими песками лучшие таксационные показатели роста и развития дуба на Терских песках связаны с более доступными (УГВ – 3,2 м и МГВ – 1,7 г/л) грунтовыми водами во влагопитании искусственных дубрав в аридных условиях выращивания.

Дуб летний (черешчатый) в защитном лесоразведении Терско-Кумских песков является одним из лучших по экоустойчивости и долговечности пород лесомелиорантов. Однако медленный рост и сложная агротехника выращивания пока остаются непреодолимым барьером на пути к широкому внедрению культуры в облесении песчаных земель региона.

Робиния псевдоакация, напротив, благодаря быстрому росту и неприхотливости выращивания стала доминирующей культурой в лесомелиорации Терско-Кумских песков. И более века опыт использования ее в облесении песчаных земель междуречья показывает универсальность мелиоративного потенциала культуры в создании разнотипных насаждений (массивные, кулисные, куртинные, узкополосные, плантационные – таркальные, нектароносные и др.).

По солеустойчивости робиния уступает дубу летнему и поэтому высокополнотные и высокобонитетные насаждения образует лишь на незасоленных или слабозасоленных слоистых гумусированных экотопах Терского и Бажиганского массивов песков, где их долговечность достигает 55-60 лет. Но как показывает многолетний опыт Ачикулакской НИЛОС их долголетие можно продлить эффективным способом вегетативной трансформации усыхающих деревьев способом возобновительной рубки [21]. Применение данного приема лесовосстановления позволяет сохранить на одном месте продуцирующие робиниевых древостои почти до 100 летнего возрастного рубежа (табл. 2).

На Терско-Кумских песках основным источником влаги робиниевых культур служат грунтовые воды, так как накопленная в зоне аэрации влага атмосферных осадков полностью утилизируется вегетирующими деревьями уже до середины лета [15].

Культуры тополей **(**черный, белый, пирамидальный, гибридный**)** имеют широкое применение **в** лесомелиорации Терско-Кумских песков [7]. Они отличаются быстрым ростом и неприхотливостью к почвенному плодородию, но

весьма влаголюбивы и поэтому наиболее эффективны в создании защитных насаждений на открытых песках, где достаточные запасы доступных грунтовых вод по глубине залегания и их минерализации для формирования высокополнотных древостоев, которые здесь доживают до 35-40 лет [2]. По уровню долголетия они уступают другим основным породам – мелиорантам: дубу, робинии, вязу и сосне, но превосходят лох, джузгун, тамарикс и некоторые другие деревья и кустарники, в защитном лесоразведении региона [10].

Таблица 2

Сравнительная оценка роста и долголетия семенных и вегетативных древостоев на Бажиганских и Терских песках

Массив песков	Месторасположение насаждений	Площадь, га	Таксационные показатели и долголетие насаждений								
			семенное (материнское)			вегетативное (порослевое)					
						1 поколение			2 поколение		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Бажиганский	1-я лес-дача (кв. 20, выд. 2)	8,9	26,0	11,3	15,8	21,0	8,6	14,1	17,0	6,7	11,2
	3 лес-дача (кв. 78, выд. 7)	2,6	46,0	12,8	18,7	19,0	8,8	13,8	-	-	-
Терский	Ирга клинская, лесдача (кв. 98, выд. 15)	2,5	24,0	13,2	19,3	21,0	9,1	14,7	17,0	7,3	13,1

1 – возраст (лет), 2 – высота (м), 3 – диаметр (см).

Культуры тополей преимущественно используются в облесении подвижных песков, в связи с высокой приживаемостью саженцев и устойчивостью их к выдуванию и засеканию песком и возможностью малозатратной трансформации насаждений в другие продуктивные угодья (лесопастбищные, кормовые, бахчевые и другие угодья [11]. С наступлением суховершинности деревьев, как показывает опыт Ачикулакской НИЛОС, долговечность тополевников можно продлить на 30-40 % трансформацией в вегетативные древостои, рубкой возобновления.

Хвойные культуры тоже имеют многолетний опыт участия в лесомелиорации песков междуречья в числе которых сосна крымская, обыкновенная, можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*) и виргинский (*Juniperus virginiana*).

Первый удачный опыт создания культур сосны состоялся в 1915 г. на Терских песках близ станицы Червленной (Республика Чечня). До настоящего времени сохранилась лишь небольшая часть рощи (0,5 га), получившее местное название «Арнаутское». По многолетней мониторинговой оценке в 103-летней роще осталось всего 95 с хорошей очищенностью крупноствольных с плоской, зонтикообразной кроной деревьев сосны крымской и австрийской высотой до 15 м и диаметром до 30 (табл. 3) [20].

Феномен успешного роста и долголетия уникальной сосновой рощи обусловлен прежде всего наличием мощной доступной линзы пресных грунтовых вод песков под искусственным насаждением [8].

После Арнаутской рощи в истории лесомелиорации Терско-Кумских песков были еще несколько удачных опытов создания хвойных культур в междуречье. До наших дней сохранилась небольшая рощица (0,3 га) культур можже-

вельника обыкновенного и виргинского, заложенных посевом семян в 1949 г. на бугристых песках Терского массива Тембулатской лесной дачи опытной станции. В настоящее время древостой в удовлетворительном состоянии с сохранностью почти 70 % деревьев, высотой 8-9 м и диаметром 16-22 см, в высокополнотных (1,0) загущенных (около 4000 шт./га) культурах.

Таблица 3

Мониторинг состояния Арнаутской сосновой рощи по возрастным периодам наблюдений

Лесоводственная характеристика древостоя	Год возрастных наблюдений насаждения			
	1926	1952	1977	2018
	молодое	приспевающее	спелое	перестойное
Количество растущих деревьев, шт.	400,0	200,0	150,0	95,0
Высота, м	5,0	9,0	11,0	15,0
Диаметр, см	6,0	16,0	23,0	30,0
Полнота	0,7-0,8	0,5-0,6	0,4-0,5	0,3-0,4
Высота кроны, м	4,0-4,5	5,5-6,5	4,5-5,5	3,0-3,5

К наиболее старовозрастным лесомелиоративным объектам сосны крымской и обыкновенной на Бажиганских песках относятся роща Язана, 1954 г. на близководных (2,5-3,5 м) песках 1-й лесной дачи и роща Петрова 1966 г. в межбугровом понижении песков, на 2 лесной даче опытной станции.

В настоящее время у древостоя Язана наблюдается лишь незначительный прирост(5-7см) и усиливающийся отпад деревьев со средней высотой 15,0 м, и диаметром – 23 см и запасом стволовой древесины – 166 $м^3$/га.

На первых этапах лесомелиорации Терско-Кумских песков широкое разведение сосны на песках междуречья сдерживалось в отсутствие адаптивных технологий размножения и создания ее культур в дефляционно-опасных, засушливых условиях региона. Но с разработкой Ачикулакской НИЛОС в 70-е годы прошлого века агротехники создания ее культур в регионе [1], площадь лесоразведения сосны крымской и обыкновенной на Бажиганском и Терском массивах песков значительно расширилась (до 80 га), которые сейчас пребывают в хорошем и удовлетворительном лесоводственном состоянии.

Более века опыт лесомелиорации дефляционно-опасных земель Терско-Кумского междуречья свидетельствует о высокой эффективности ее в борьбе с деградацией и опустыниванием экологически хрупких ландшафтов региона, который сопровождается совершенствованием приемов и технологий закрепления, облесения и комплексного освоения песков и песчаных земель с использованием широкого ассортимента засухоустойчивых и хозяйственно-ценных видов лиственных и хвойных деревьев и кустарников – интродуцентов умеренной и субтропической зон произрастания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кабалалиев, В. И. Культуры сосны на Терско-Кумских песках / В. И. Каббалиев // Сб. науч. тр. ВАСХНИЛ. – М: Колос, 1977. – С. 83-88.

2. Кулик, Н. Ф. Режим грунтовых вод в Терско-Кумских песках в связи с их облесением / Н. Ф. Кулик // Облесение и освоение песчаных земель Юго-Востока. – М: Агропромиздат, 1959. – С. 76-102.

3. Кулик, Н. Ф. Краткое руководство по закреплению и облесению Терско-Кумских песков / Н. Ф. Кулик. – Ачикулак, 1960. – С. 35.

4. Кулик, Н. Ф. Основные закономерности водного режима Терско-Кумских песков в связи с их облесением и хозяйственным освоением / Н. Ф. Кулик // Сборник научных трудов по освоению Терско-Кумских песков. – Ставрополь, 1963. – Вып. 1. – С. 19-47.

5. Кулик, Н. Ф. Рекомендации по комплексному освоению Терско-Кумских песков / Н. Ф. Кулик. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1978. – 41 с.

6. Кулик, Н. Ф. Водный режим аридной зоны / Н. Ф. Кулик. – Л: Гидрометеоиздат, 1979. – 279 с.

7. Кулик, Н. Ф. Лесомелиорация песчаных земель и их хозяйственное освоение. Учеб. пособ. / Н. Ф. Кулик. – Новочеркасск: НИМИ, 1987. – 52 с.

8. Опыт лесомелиорации экосистем песчаных массивов Терско-Кумского междуречья / Г. А. Сурхаев, К. Н. Кулик [и др.] // Экосистемы: экология и динамика. – 2019. –Т. 3, № 4. – С. 1-19.

9. Павловский, Е. С. Энциклопедия агролесомелиорации / Е. С. Павловский. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. – С. 44-45.

10. Петров, В. И. Особенности солевого режима под лесными насаждениями в Терско-Кумских песках / В. И. Петров // Бюлл. ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1970. – Вып. 7(59). – С. 14-19.

11. Петров, В. И. Солевой режим Терско-Кумских песков под защитными лесными насаждениями / В. И. Петров: автореф. дис. …к. с.-х. н. – Новочеркасск, 1971. – 20 с.

12. Петров, В. И. Биоэкологические основы размещения древесно-кустарниковой растительности на песках Юго-Востока / В. И. Петров // В кн: Мелиорация и хозяйственное освоение песков засушливых областей. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1981. – С. 43-54.

13. Рекомендации по освоению Терско-Кумских песков / В. И. Петров, Н. С. Зюзь, А. С. Манаенков [и др.]. – М.: ВАСХНИЛ, 1987. – 33 с.

14. Свиткин, Е. С. Сосна крымская на Терских песках / Е. С. Свиткин, П. Г. Язан // Лес и степь. – 1953. – № 2. – С. 136-138.

15. Смирнов, Н. А. Агротехника создания лесных насаждений на Терско-Кумских песках / Н. А. Смирнов // Сб. тр. по освоению Терско-Кумских песков. – Ставрополь: Книж. изд-во, 1963. – С. 69-90.

16. Создание лесопастбищ на подвижных песках Юго-Востока европейской части СССР / В. И. Петров, Н. С. Зюзь [и др.] // Рекомендации. – М: Госагропромиздат СССР, 1986. – 25 с.

17. Сурхаев, Г. А. Интродукция унаби и создание его многоцелевых насаждений в Западном Прикаспии (практ. рук-во) / Г. А. Сурхаев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1996. – 12 с.

18. Сурхаев, Г. А. Оптимизация выращивания и использование интродуцентов унаби, хурмы и граната в фитомелиорации земель Терско-Кумского междуречья / Г. А. Сурхаев // Сб. науч. ст. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2015. – С. 194-198.

19. Сурхаев, И. Г. Лесомелиорация песков Терско-Кумского междуречья культурами сосны: автореф. дис. … к. с.-х. н. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2015. – 22 с.

20. Сурхаев, И. Г. Вековой опыт хвойных культур в Западном Прикаспии на примере Арнаутской сосновой рощи / И. Г. Сурхаев // Сб. тр. Международ. науч.-практ. конф. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2018. – С. 331-333.

21. Сурхаев, И. Г. Особенности формирования вегетативных древостоев *Robinia pseudoacacia* на Терско-Кумских песках / И. Г. Сурхаев // Лесной вестник. – 2018. – № 6. – С. 144-151.

22. Тускаев, И. И. Краткий очерк сыпучих песков Терской области и история борьбы с ними / И. И. Тускаев // Материалы по изучению Ставропольского края: тр. Сев. Кав. издат. – Новочеркасск, 1914. – 39 с.

УДК 634.0.1

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА МИКРОКЛИМАТИЧЕКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ЗОНЕ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛ.

Г. О. Сытин[1]; И. Ю. Подковыров[2], д. с.-х. н.
[1]*ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»,* г. Волгоград, РФ
[2]*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»,* Московская обл., Большие Вязьмы, РФ

В условиях опытного полигона «Качалино» в 2021 г. исследовано влияние защитных лесных насаждений на микроклиматические показатели сопряженных сельскохозяйственных угодий. Установлено, что зона влияния защитных лесных насаждений равна по протяженности 20-ти высотам деревьев первого яруса.

The effect of protective forest plantations on the microclimatic indicators of adjacent agricultural lands was studied in the conditions of the experimental polygon "Kachalino" in 2021. It was found that the zone of influence of protective forest plantations is equal in length to 20 heights of trees of the first tier.

В сложных сухостепных почвенно-климатических условиях производства сельскохозяйственной продукции обеспечение высокой результативности возможно только на участках содержащих защитные лесные [5, 9, 12, 13]. По повышению продуктивности сельскохозяйственных угодий постоянно разрабатываются и совершенствуются в агротехнические, гидротехнические лесомелиоративные мероприятия [10, 11]. Многолетний опыт показывает, что агролесомелиоративные мероприятия играют важную роль в технологии возделывания сельскохозяйственных культур [1, 2]. По научным исследованиям, лесные полосы влияют на микроклиматические показатели, такие как сохранение запаса и почвенной влаги, улучшение снегораспределение на поле, снижая испаряемость, снижая скорость ветра, улучшают рост сельскохозяйственных культур, создают комфортные условия и зону отдыха во время работы на поле [6, 7, 8]. Все это положительно влияет на плодородие и качество почвы [3, 4]. Климатические особенности в сухостепной зоне каштановых почв: недостаточное увлажнение почв и интенсивное испарение влаги, ветровой режим.

Лесные полосы на опытном полигоне ОПХ «Качалино» создавались с 1986 по 1992 гг. Преимущественно лесные насаждения состоят из 4 рядов, ширина междурядий составляет 3 м при общей ширине полосы 12 м, ажурной конструкции. Исследуемая лесная полоса состоит из вяза приземистого (2 внутренних ряда) и кустарника – смородины золотистой (2 внешних ряда). По данным 2020 г. высота деревьев составляет 10 м.

В сухостепной зоне влажность почвы и температура почвы, скорость ветра и температура воздуха, являлись основными изучаемыми показателями, которые влияют на урожайность сельскохозяйственных культур. Измерение скорости ветра и температуры воздуха и почвы производили на разном удалении от лесной полосы от опушки до 20-кратной высоты (Н). Для измерения температуры использовали термометры электронные напочевенные термометры. Температуру почвы

измеряли на поверхности почвы, через каждые 10 см до глубины 1 м. Замер температуры производили в лесной полосе и отдаляясь от нее на расстояниях 5Н, 10Н, 15Н, 20Н. Влажность почвы отбиралась по методике Б. А. Доспехова.

В 2021 г. опыт проводился на чистом пару, где лесополоса показала положительный результат на сохранение влаги в почве (рис. 1).

Установлено, что влажность почвы под пологом защитного лесного насаждения в метровом слое составляет 17 %, а в слое 0-30 см 21 %. На расстоянии от опушки в 5 высот, влажность в метровом слое составляет 19 %, а в слое 0-30 см 20 %. На расстоянии 10-ти высот древостоя влажность в метровом слое составляет около 17 %, а в слое 0-30 см 15 %. На расстоянии 15-ти и 20-ти высот получены близкие значения – 17,5 и 19 % соответственно.

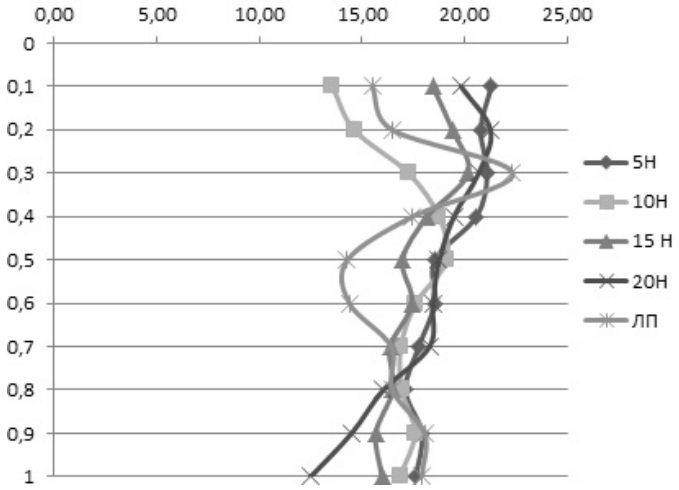


Рис. 1. Распределение влажности в метровом слое почвы под влиянием лесной полосы

Поверхность почвы играет важную роль в процессе теплообмена, в формировании условий среды, оказывающих влияние на произрастание растений. Днем почва передает часть тепла воздуху. В табл. 1 показаны измерения температуры почвы в метровом слое.

По данным табл. 1 установлена динамика уменьшения температуры в метровом слое на 0,5 °С через каждые 10 см. Самые низкие температуры отмечены на глубине 80-100 см. Также выявлено, что температура в почвенной скважине

Таблица 1

Результаты термометрии в почвенных скважинах на разном расстоянии от защитного лесного насаждения

Глубина, см	Температура почвы (ºС) на разном расстоянии от защитного лесного насаждения (где, Н – высота лесной полосы)				
	ЛП	5Н	10Н	15Н	20Н
Поверхность	20,0	23,0	24,3	28,2	29,0
0-10	18,6	22,3	23,1	26,8	25,3
10-20	16,6	21,0	20,4	21,4	23,9
20-30	16,1	19,0	20,5	20,7	23,2
30-40	15,6	18,7	19,9	20,2	21,4
40-50	14,8	18,4	19,4	20,1	19,9
50-60	14,3	18,0	18,8	18,8	19,7
60-70	13,9	17,0	18,6	18,5	18,7
70-80	13,4	16,2	18,3	17,3	18,5
80-90	12,7	16,0	15,5	16,9	17,2
90-100	12,5	17,0	15,1	16,7	16,4

под пологом в лесной полосе меньше на 3-9 ºС по сравнению со смежными территориями на чистом пару в зависимости от расстояния.

В табл. 2 представлены данные по температуре воздуха и скорости ветра.

Таблица 2

Данные по температуре воздуха и скорости ветра

Расстояние от лесной полосы	Показатель на высоте измерения, м				Время измерения
	0,5		1,0		
	скорость ветра, м/с	температура, °С	скорость ветра, м/с	температура, °С	
ЛП	0,4	28,9	1,3	27,7	11^{02}
5Н	4,8	30,1	6,0	27,9	11^{26}
10Н	2,4	30,7	3,4	28,3	11^{54}
15Н	3,3	31,4	4,8	28,6	12^{15}
20Н	6,1	31,3	7,1	28,0	12^{44}

Ветровой режим это непосредственное влияние полезащитных лесных полос, который оказывает на скорость и структуру ветрового потока, где лесная полоса является препятствием на пути набегающих потоков воздуха и вызывает сокращение в зависимости от конструкции деревьев. В данном случае измерение скорости и ветрового потока в летний период с листьями определяют степень и влияние на температуру, а зимний период без лиственном состоянии снегоотложение. Ажурные лесные полосы уменьшают скорость ветра до 20-40 %.

Лесные полосы оказывают благоприятное влияние на микроклимат прилегающей территории. Основные влияние происходит за счет снижения скорости ветра, защиты от пыльных бурь и снежных метелей. Установлено, что более равномерное распределение снега от защитной лесной полосы на расстоянии до 20Н. Благодаря этому происходит равномерное накопление влаги в почве. Защитные лесные насаждения создают тень, которая защищает растения от ожогов в летний период при высоких температурах, снижая испаряемость и, тем самым, сокращают расход почвенной влаги на непроизводительное испарение, и в то же время лучше обеспечивает рост сельскохозяйственных культуры, способствуют большему потреблению влаги на транспирацию и формирование урожая. Улучшает микроклиматические показатели и создает зону отдыха во время работы на поле, для сотрудников сельского хозяйства и агротехники [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Баздырев, Г. И. Влагообеспеченность и формирование урожая озимой пшеницы в острозасушливых условиях Среднего Поволжья / Г. И. Баздырев, Д. В. Ворников, А. А. Павликов // Известия ТСХА. – 2011. – № 3. – С. 26-37.

2. Здоровая почва – условие устойчивости и развития арго- и социосфер (проблемно-аналитический обзор) / М. С. Соколов, А. М. Семенов, Ю. Я. Спиридонов [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2020. – № 1. – С. 12-21.

3. Кретинин, В. М. Регулирование питание растений в лесозащищенном агроландшафте / В. М. Кретинин. – Волгоград изд. ВНИАЛМИ, 1995. – 126 с.

4. Кретинин, В. М. Гидрология агролесоландшафта / В. М. Кретинин. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2020. –124 с.

5. Кулик, К. Н. Мифы и реалии агролесомелиоративной угрозы степям России / К. Н. Кулик, А. С. Рулев, Ю. И. Васильев // Перспективы и проблемы развития сельскохозяйственной науки и производства в рамках требований ВТО: материалы Международ. конф. – М., 2013. – С. 18-21.

6. Овечко, Н. Н. Особенности биопродуктивности подсолнечника в зоне влияния лесных полос / Н. Н. Овечко, О. В. Рулева // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 5. – С. 25-29.

7. Плескачев, Ю. Н. Влагообеспеченность и продуктивность озимой пшеницы при различных технологиях возделывания озимой пшеницы при различных технологиях возделывания в зоне влияние лесной полосы / Ю. Н. Плескачев, А. Н. Сарычев // Известия Нижневожского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 2(46). – С. 1-7.

8. Пугачёва, А. М. Полезащитные лесные полосы как один из факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур в засушливых условиях юга России / А. М. Пугачёва, А. В. Вдовенко // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы Международ. науч.-практ. конф. – Соленое Займище, 2019. – С. 476-480.

9. Рулева, О. В. Влияние предшественников на формирование элементов продуктивности озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья / О. В. Рулева, Е. В. Семинченко // Аграрная наука. – 2019. – № 4. – С. 68-72.

10. Семенов, А. М. Здоровье почвенной экосистемы: от фундаментальной постановки к практическим решениям / А. М. Семенов, А. П. Глинушкин, М. С. Соколов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 5-18.

11. Танюкевич, В. В. Надземная фитомасса лесных полос, их влияние на ветровой режим и влагонакопление агроландшафтов / В. В. Танюкевич // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 91. – С. 986-1003.

12. Технологические особенности почвозащитного ресурсосберегающего земледелия (в развитие концепции ФАО) / М. С. Соколов, А. П. Глинушкин, Ю. Я. Спиридонов [и др.] // Агрохимия. – 2019. – № 5. – С. 3-20.

13. Sviridova, L. L. Climatic Factors Of The Formation Of The Ravine-Beam System Of The Lower Volga Region / L. L. Sviridova // IOP Conf. Ser.: Ecology Of The Earth. The science. – 2021. 901 012062.

УДК 63.630.91

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА РАЗМЕРОВ КРОНЫ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В НАСАЖДЕНИЯХ ГОСЛЕСОПОЛОСЫ «ГОРА ВИШНЕВАЯ – КАСПИЙСКОЕ МОРЕ» НА ТЕРРИТОРИИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Ж. В. Танкова[1]; **Д. А. Танков**[2], к. с.-х. н.; **А. А. Танков**[2], к. с.-х. н.;
А. Р. Ахтареева[1]
[1]ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», г. Оренбург, РФ
[2]Филиал Федерального бюджетного учреждения «Рослесозащита» «Центр защиты леса Оренбургской области», г. Оренбург, РФ

Приведены материалы исследований по изучению возрастной динамики площади горизонтальной проекции крон дуба черешчатого в насаждениях государственной защитной лесной полосы «гора Вишневая – Каспийское море» (в пределах Оренбургской обл.). Представлен предварительный прогноз зависимости площади горизонтальной проекции кроны дуба черешчатого от возраста.

The materials of research on the study of age dynamics of the area of horizontal projection of the crowns of the pedunculate oak in the plantations of the state protective forest strip «Mountain Vishnevaya – the Caspian Sea» (within the Orenburg region) are presented. A preliminary forecast of the dependence of the area of the horizontal projection of the crown of the pedunculate oak on age is presented.

Соперничество между деревьями в процессе роста насаждений воздействует преимущественно на размеры крон, а уже потом, вследствие физиологических процессов, проходящих в древесном пологе, они влияют и на размеры деревьев.

Размеры кроны можно оценить с приемлемой долей достоверности, при помощи различных методов, при этом, данных о параметрах кроны может быть достаточным для решения значительного числа практических задач [1].

В настоящее время отсутствуют работы, посвященные вопросам исследования строения древесного полога в дубовых насаждениях государственной защитной лесной полосы «гора Вишневая – Каспийское море» (далее – гослесополоса).

Исследование возрастных изменений таксационных характеристик крон дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в насаждениях гослесополосы имеет большое значение для проектирования защитных лесных насаждений, поскольку предоставляет современные данные о динамике размеров деревьев и насаждений.

Целью данного исследования является изучение изменения площади горизонтальной проекции кроны дуба черешчатого в насаждениях гослесополосы в зависимости от возраста.

В работе были использованы данные по 29 пробным площадям, заложенным сотрудниками Узбекской аэрофотолесоустроительной конторы в/о «Леспроект» (1961 г.) в лесных культурах гослесополосы возрастом от 1 года до 10 лет [2], а также данные по четырем пробным площадям, заложенным авторами в период с 2022 по 2023 гг. в среднеполнотных дубово-ясеневых насаждениях гослесополосы семенного происхождения, возрастом 45-65 лет в Оренбургском и Краснохолмском лесничествах.

На пробных площадях для каждого дерева проводились измерения следующих таксационных показателей: диаметр ствола, высота дерева, диаметры горизонтальной проекции кроны вдоль и поперек ряда. Измерения проводились в соответствии с общепринятыми в таксационной практике методами.

В программе статистического анализа данных Statgraphics Centurion XVI при помощи модуля линейного регрессионного анализа была смоделирована зависимость площади горизонтальной проекции кроны дуба черешчатого от возраста насаждения и получено уравнение:

$$S_{kr} = (–0{,}348692 + 0{,}422642\sqrt{A})^2, \quad \text{при } R^2 = 91{,}8\ \%,$$

где S_{kr} – площадь горизонтальной проекции кроны дуба черешчатого, м^2; A – возраст дуба черешчатого, лет; R^2 (%) – коэффициент детерминации, численно выражающий долю вариации (91,8%).

Значение P-критерий = 0,00 < 0,05, указывает на то, что оба коэффициента регрессии достоверно отличаются от нуля.

Оценка общей адекватности регрессионной модели исходным данным показала, что значение P-критерий = 0,00 < 0,05, что свидетельствует о достоверности отличий между факториальной и случайной дисперсиями, а значит, об

адекватности модели исходным данным – с возрастом происходит закономерное увеличение площади горизонтальной проекции кроны.

На рис. 1 приведен график зависимости диаметра горизонтальной проекции кроны дуба черешчатого от возраста.

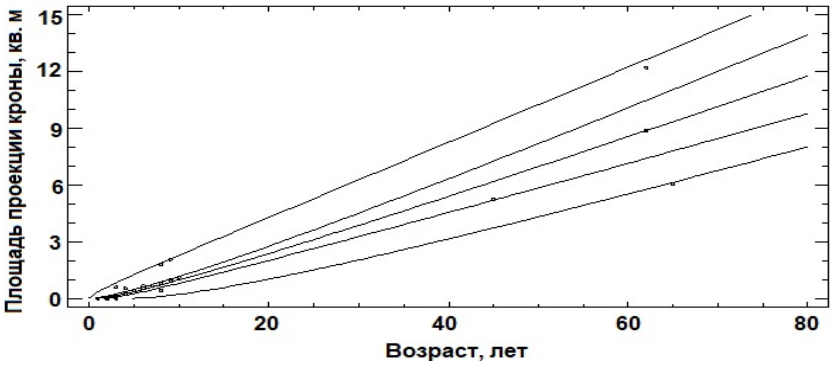


Рис. 1. Зависимость площади горизонтальной проекции кроны дуба черешчатого от возраста в насаждениях гослесополосы в Оренбургской обл.

На рис. 1, кроме отметок вариант (представлены точками) и линии регрессии, изображены доверительный интервал, характеризующий область ожидания генеральной линии регрессии (две сплошные линии), и интервал прогноза – область, где существует вероятность встретить новые значения показателя S_{kr}, если продолжать опыт (две пунктирные линии).

В таблице сведены табулированные данные о предсказанной площади горизонтальной проекции кроны в зависимости от возраста по десятилетиям в промежутке от 10 до 80 лет, а также доверительные интервалы для средних значений площади кроны и интервал возможных прогнозируемых значений показателя S_{kr}.

Таблица

Возрастная динамика площади горизонтальной проекции кроны дуба черешчатого в гослесополосе

Возраст, лет	Предсказанная площадь проекции кроны, м^2	Интервал прогнозируемых значений для 95 % уровня вероятности		Доверительный интервал для средних значений при 95 % уровне вероятности	
		нижний	верхний	нижний	верхний
10	0,9758	0,2152	2,2852	0,8013	1,1674
20	2,3760	1,0230	4,2908	2,0131	2,7689
30	3,8660	2,0362	6,2774	3,2700	4,5119
40	5,4025	3,1482	8,2618	4,5493	6,3291
50	6,9688	4,3192	10,2491	5,8436	8,1929
60	8,5561	5,5294	12,2409	7,1489	10,0897
70	10,1594	6,7675	14,2380	8,4627	12,0112
80	11,7754	8,0265	16,2406	9,7833	13,9521

Впервые получены предварительные данные о возрастной динамике площади горизонтальной проекции кроны дуба черешчатого в насаждениях гослесополосы в Оренбургской обл.

Полученная предварительная математическая модель возрастных изменений таксационных показателей кроны дуба черешчатого будет рассматриваться

для дальнейшего использования при разработке нормативов ухода за защитными лесными насаждениями на трассе гослесополосы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов, А. П. Выявление взаимосвязи диаметра крон деревьев с различными таксационными показателями в северо-таежном лесном районе / А. П. Богданов, Р. А. Алешко, А. С. Ильинцев // Вопросы лесной науки. – 2019. – № 4. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vyyavlenie-vzaimosvyazi-diametra-kron-dereviev-s-razlichnymi-taksatsionnymi-pokazatelyami-v-severo-taezhnom-lesnom-rayone (дата обращения: 08.08.2023).

2. Лесные культуры государственной лесной полосы гора Вишневая – Каспийское море мехлесхозов Оренбургской области. Лесоустройство 1960. – Ташкент: Узбекская аэрофотолесоустроительная контора В/О «Леспроект», 1961. – 277 с. (Рукопись).

УДК 63.630.91

О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ДИНАМИКИ СОСТОЯНИЯ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В НАСАЖДЕНИЯХ ГОСЛЕСОПОЛОСЫ «ГОРА ВИШНЕВАЯ – КАСПИЙСКОЕ МОРЕ» НА ТЕРРИТОРИИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Ж. В. Танкова[1]; **Д. А. Танков**[2], к. с.-х. н.; **А. А. Танков**[2], к. с.-х. н.; **А. Р. Ахтареева**[1]

[1]ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», г. Оренбург, РФ

[2]Филиал Федерального бюджетного учреждения «Рослесозащита» «Центр защиты леса Оренбургской области», г. Оренбург, РФ

Описан подход к решению задач мониторинга и исследования многолетней динамики категорий санитарного состояния дубовых насаждений гослесополосы в Оренбургской обл. на основе данных пунктов постоянных наблюдений. Для решения задачи прогнозирования состояния дубовых насаждений гослесополосы разработали модель изреживания древостоя на основе цепей Маркова. Приводится прогноз распределения запаса дуба по категориям санитарного состояния на период до 2047 г.

An approach to solving the problems of monitoring and studying the long-term dynamics of the categories of the sanitary state of oak plantations in the state forest belt in the Orenburg region based on data from permanent observation points is described. To solve the problem of predicting the state of oak plantations, state forest belts have developed a model of tree stand thinning based on Markov chains. A forecast of the distribution of the oak stock by categories of sanitary condition for the period up to 2047 is given.

В пятидесятых-шестидесятых годах прошлого века на юго-востоке европейской части России, в т. ч. на территории Оренбургской обл., были проведены масштабные работы по созданию государственных лесных полос. Западнее Оренбурга, в их состав вводился дуб черешчатый (*Quercus robur*).

В настоящее время, искусственные насаждения дуба на трассе государственной защитной лесной полосы «гора Вишневая – Каспийское море» (далее – гослесополоса) в юго-западной ее части, находятся в состоянии депрессии. Их

неудовлетворительное санитарное состояние – результат комплекса неблагоприятных факторов, чье воздействие не до конца еще не выявлено.

Одной из приоритетных задач является оценка состояния дубовых насаждений гослесополосы, выполняющих комплекс эколого-хозяйственных задач. В целях сохранения этих рукотворных объектов следует увеличить их долговечность. Решение данной проблемы лежит в т. ч. и через улучшение состояния деревьев в насаждениях госполосы

Насаждения гослесополосы в комплексе с примыкающими полезащитными лесными полосами повышают лесистость территории и улучшают экологическое состояние. Многолетнее отсутствие ухода за насаждениями привело их к дигрессивному состоянию, а также к ухудшению лесопатологического состояния.

В нашей стране случаи усыхания насаждений дуба в минувшем столетии фиксировались приблизительно семь раз с регулярностью от 25 до 30 лет [1].

Для условий Оренбургской обл. проблема сокращения площадей дубовых насаждений актуальна. Имеющиеся прогнозные оценки предполагают, что массивные высокоствольные насаждения дуба в Оренбуржье достигнут своего минимального значения к 2030 г., а промежуток, в котором может состояться почти полное исчезновение дубовых насаждений в Оренбуржье, будет приходиться от 2061 г. по пессимистичному сценарию, до 2100 г. по оптимистичному [5].

Насаждения гослесополосы в Оренбургской обл. фактически произрастают на границе естественного ареала дуба.

Первоначальные нарушения проектов создания, при негативном влиянии жестких почвенно-климатических условий, определили существенное ухудшение состояния насаждений, вплоть до выпада дуба из состава.

В настоящее время практически отсутствуют исследования, посвященные изучению состояния дубрав в насаждениях гослесополосы в Оренбургской обл.

Существует объективная потребность прогнозирования изменений состояния дубовых насаждений гослесополосы. В целях оценки и моделирования динамики состояния дубовых насаждений использована теория марковских процессов.

Целью исследований являлось установление многолетних изменений показателей санитарного состояния дубовых насаждений гослесополосы за 8-летний период с разработкой прогноза динамики состояния.

Мониторинг и проведение мероприятий по уходу за дубовыми насаждениями гослесополосы позволяет избежать неблагоприятных изменений, сохранить их устойчивость. В целях перспективного планирования этих работ существует необходимость иметь объективные данные о динамике состояния анализируемых насаждений.

Достаточно достоверную информацию о динамике состояния дубовых насаждений можно получить на опытных объектах с длительным сроком наблюдения. Основой исследования послужили данные двух постоянных пунктов наблюдений (ППН), заложенных сотрудниками филиала ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса Оренбургской области» в 2015 г., в насаждениях госполосы семенного происхождения в Оренбургском и Краснохолмском лесничествах. Состав насаждений 8Д2Яз, полнота 0,7. Насаждения были повторно инвентаризованы авторами в 2023 г. Почвы – черноземы южные. Возраст в 2015 г. – 60 лет.

В анализ включены данные по 96 деревьям. В ходе инвентаризации для каждого дерева мерной вилкой был определен диаметр на высоте 1,3 м, с помощью высотомера ВУЛ-1 была определена высота каждого дерева, категория санитарного состояния, наличие болезней и вредителей, характеристики кроны. Возраст деревьев установлен по архивным материалам. Запас древостоев на ППН определяли суммированием объема ствола отдельных деревьев.

Были приняты категории санитарного состояния в соответствие со шкалой категорий санитарного состояния деревьев [5]:

I – здоровые (без признаков ослабления);

II – ослабленные;

III – сильно ослабленные;

IV – усыхающие;

V – погибшие.

Для прогнозирования состояния дуба в насаждениях гослесополосы, была применена модель на основе теории цепей Маркова, ранее уже применявшихся для составления моделей, описывающих состояние, рост и развитие древостоев [3, 4]:

1. Построение множества состояний деревьев дуба на ППН.

2. Оценка вероятностей переходов деревьев дуба между категориями санитарного состояния.

3. Определение начального распределения запаса деревьев дуба по категориям жизненного состояния на ППН.

4. Построение оценок вероятностей перехода деревьев дуба в каждую категорию санитарного состояния через определенный промежуток времени после начального.

Данные таксационных показателей древостоев ППН за 2015 и 2023 гг. позволили установить многолетнюю динамику категорий санитарного состояния дубовых насаждений.

Опираясь на данные за два года, разнесенные между собой на 8 лет, что следует считать существенным периодом для изменения состояния деревьев в насаждениях госполосы, были построены вероятности перехода между категориями санитарного состояния (табл. 1).

Таблица 1

Матрица вероятностей изменения категории санитарного состояния деревьев дуба черешчатого за 8 лет в насаждениях гослесополосы на черноземах южных (по запасу)

Категория	I	II	III	IV	V
I	0,0100	0,2794	0,5724	0,0000	0,1382
II	0,0000	0,0240	0,7628	0,0320	0,1813
III	0,0000	0,0000	0,4643	0,2056	0,3301
IV	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
V	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000

Ветровой режим это непосредственное влияние полезащитных лесных полос, который оказывает на скорость и структуру ветрового потока, где лесная по-

лоса является препятствием на пути набегающих потоков воздуха и вызывает сокращение в зависимости от конструкции деревьев. В данном случае измерение скорости и ветрового потока в летний период с листьями определяют степень и влияние на температуру, а зимний период – безлиственном состоянии снегоотложения. Ажурные лесные полосы уменьшают скорость ветра до 20-40 %.

Начальные вероятности категорий санитарного состояния были оценены как отношение запаса древесины на ППН по категориям состояния в 2015 г. к общему запасу древесины на ППН. При помощи сервиса [6], получили оценку распределения деревьев дуба по категориям санитарного состояния (по запасу).

На основе начального состояния леса (распределения запаса древесины дуба по категориям жизненного состояния) в 2015 г. и матрицы переходов (см. табл. 1) был осуществлен прогноз распределения запаса по категориям жизненного состояния с горизонтом до 2047 г. (табл. 2).

Таблица 2

Прогноз распределения категорий санитарного состояния дуба черешчатого в насаждениях гослесополосы на период до 2047 г.

Год	Категория жизненного состояния				
	1	2	3	4	5
2015	0,7359	0,1014	0,0932	0,025	0,0445
2023	0,0074	0,2080	0,5418	0,0224	0,2204
2031	0,0001	0,0070	0,4145	0,1181	0,4604
2039	0,0000	0,0002	0,1979	0,0854	0,7165
2047	0,0000	0,0000	0,0920	0,0407	0,8673

На основе изучения многолетней динамики удалось установить, что показатели санитарного состояния изучаемых дубовых насаждений изменились в худшую сторону, и, хотя они еще не достигли критического уровня в текущем году, но в перспективе, в период до 2031 г. произойдет значительное ухудшение санитарного состояния дуба в изучаемых насаждениях гослесополосы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцов, А. И. Роль лесопатологических факторов в усыхании дубрав на Русской равнине /А. И. Воронцов // О мерах по улучшению состояния дубрав в европейской части РСФСР: тез. докл. к науч.-практ. совещ., авг. 1972 г. – Пушкино: ВНИИЛМ, 1972. – С. 9-13.

2. Гурский, А. Ак., Гурский, А. Ан. Совершенствование методов оценки насаждений и ведения хозяйства в лесах Оренбургской области и Северного Казахстана / А. Ак. Гурский, А. Ан. Гурский // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный аграрный университет». – Оренбург: ОГАУ, 2011. – 402 с. – ISBN 978-5-88838-686-6.

3. Добровольский, А. А. Особенности структуры и состояния насаждений с участием широколиственных пород в Санкт-Петербурге и его окрестностях: автореф. дис. … к. с.-х. н. 06.03.03 / Добровольский Александр Александрович. – Санкт-Петербург, 2009. – 21 с.

4. Мониторинг и прогнозирование состояния леса с использованием цепи Маркова / В. Н. Васильев, О. Б. Марков, Л. В. Щеголева [и др.] // Resources and Technology. – 2015. – № 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-i-prognozirovanie-sostoyaniya-lesa-s-ispolzovaniem-tsepi-markova (дата обращения: 05.08.2023).

5. Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 года № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах» // Собрание законодательства Российской Федерации от 14 декабря 2020 г. № 50 (часть V) ст. 8244.

6. Markov Chain Calculator. Available at: https://www.statskingdom.com/markov-chain-calculator.html [Accessed 05/08/23].

УДК 630.116.64(571.14)

ОЦЕНКА НАСАЖДЕНИЙ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСОПОЛОС НА ТЕРРИТОРИИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Р. А. Третьякова; О. В. Паркина, к. с.-х. н.; **О. Е. Якубенко**, к. с.-х. н.
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»,
г. Новосибирск, РФ

Рассмотрены результаты состояния Государственных защитных лесных полос в Новосибирской обл. Изучены размещение и структура лесозащитных полос, предложены перспективные направления улучшения защитной роли лесополос.

Considers the results of the state of State protective forest belts in the Novosibirsk region. The location and structure of shelter belts have been studied, and promising directions for improving the protective role of shelter belts have been proposed.

Важнейшим звеном в системе формирования защитных лесных насаждений являются Государственные защитные лесные полосы (ГЗЛП).

Государственные защитные лесные полосы – леса линейного типа, искусственно созданные в лесостепных, степных зонах, зонах полупустынь и пустынь [3].

История создания полос началась с принятия «Сталинского плана преобразования природы» от 20 октября 1948 г. По этому проекту за 15 лет (1949-1965) планировалось создать 117,9 тыс. га ГЗЛП [1].

В 60-х годах начали закладывать ГЗЛП в Новосибирской обл. К 1972 г. работы по созданию защитных полос были завершены [2].

В настоящее время общая площадь ГЗЛП в степной зоне РФ составляет 85,7 тыс. га [2].

Лесные полосы созданы для преодоления вредного влияния суховеев на урожай, улучшения водного режима почвы, предотвращения эрозии почв и роста оврагов, а также для защиты железных и автомобильных дорог от снежных и песчаных заносов [4].

Огромный диапазон экологических условий, недостаток опыта создания в экстремальных условиях степной зоны привели в настоящее время к преждевременному снижению устойчивости ГЗЛП, а в наиболее тяжелых лесорастительных условиях – усыханию насаждений.

Объект исследования – Государственные защитные лесные полосы «Новоселье – Бурла» и «Краснозерское – Чистоозерное» на территории Карасукского лесничества министерства природных ресурсов и экологии Новосибирской обл. (рис. 1).

Рис. 1. Государственные защитные лесные полосы на территории Карасукского лесничества Новосибирской обл.

Лесополосы «Новоселье – Бурла» и «Краснозерское – Чистоозерное» созданы в соответствии с Постановлением Совета Министров РСФСР от 20.05.1961 г. № 589. Трассы лесополос и проект отвода земель были согласованы с землепользователями и одобрены решениями райисполкома.

В состав ГЗЛП включены прилегающие колочные леса, которые вместе с ними образуют защитную систему. ГЗЛП состоят из одной, двух и трех параллельных лент шириной до 60 м. В схемах лесных культур ширина междурядий варьирует от 2 до 3 м, расстояние между растениями в рядах 0,7-1,0 м.

Лесистость Карасукского административного района равна 5,9 %. Леса этого района формируются в первую очередь под воздействием двух экологических факторов: близости грунтовых вод в различной степени минерализованных и засушливого степного климата.

Общая площадь территории Карасукского лесничества по состоянию на 01.01.2023 г. составляет 36378 га, в т. ч. 1890 га государственные защитные лесные полосы.

По данным проведенного анализа ГЗЛП установлено, что лесные земли составляют – 1673 га (88,5 %), нелесные – 217 га (11,5 %). Покрытая лесом площадь составляет – 1566 га (82,9 % от общей площади). Преобладающие насаждения – березовые – 68,1 % (тополя – 21,7 %).

При оценке потенциального состояния необходимо учитывать бонитет, влияющий на продуктивность насаждения и качественное выполнение защитных функций лесополос.

Насаждения Ia-I класса бонитета занимают – 3,8 % покрытой лесом площади, насаждения II-III класса бонитета составляют – 31,9 %, на долю насаждений IV-Va класса бонитетов приходится – 29,3 %. Средний класс бонитета насаждений ГЗЛП составляет – 3,1. В целом, насаждения относятся к среднебонитетным.

Это является подтверждением того, что территория ГЗЛП, отведенная в Карасукском лесничестве для выращивания государственных защитных лесных полос и их состояние, соответствует целевому назначению.

Одновременно с защитной ролью насаждения имеют важное санитарно-гигиеническое значение. Урочища, расположенные вблизи населенных пунктов, являются местом отдыха населения.

Кроме того, насаждения ГЗЛП являются семенной базой степного лесоразведения. Расположенные в малолесных районах области они нередко оказываются единственным источником сбора семян многих перспективных древесно-кустарниковых пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Засоба, В. В. Семидесятилетний опыт создания государственных защитных лесных полос в степной зоне России / В. В. Засоба, И. Я. Чеплянский, В. В. Поповичев // «Живые и биокосные системы». – 2019. – № 27. – 28 с.

2. Никитин, П. Л. Защитное лесоразведение / П. Л. Никитин // Агропромиздат М.: 1961. – 63 с.

3. Российская Федерация. Законы. Лесной кодекс Российской Федерации: ЛК: текст с изменениями и дополнениями на 28 апреля 2023 года: [принят Государственной думой от 08 ноября 2006 года: одобрен Советом Федерации 24 ноября 2006 года]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/. – (дата обращения: 23.07.2023).

4. Соловьева, О. В. История развития лесных полос в России / О. В. Соловьева, А. В. Терешкин // Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова. – 2014. – 25 с.

УДК 633.2:639.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОЯРУСНЫХ МЕЛИОРАТИВНО-КОРМОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ НА ПЕСЧАНЫХ ЗЕМЛЯХ АРИДНОЙ ЗОНЫ

С. Ю. Турко, к. с.-х. н.; **Л. П. Рыбашлыкова,** к. с.-х. н.; **М. И. Маслова**
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Рассмотрены продуктивные возможности и формирование мелиоративно-кормовых посевов многолетних трав и кустарников на песчаных землях аридной зоны. Разработаны имитационные модели на деградированных пастбищах, позволяющие целенаправленно корректировать биологическую структуру растительного покрова. Выявлен наиболее перспективный состав многоярусных пастбищных ценозов с учетом их сезонности.

Discusses the productive possibilities and formation of reclamation and fodder crops of perennial grasses and shrubs on sandy lands of the arid zone. Simulation models have been developed on degraded pastures that allow purposefully correcting the biological structure of vegetation cover. The most promising composition of multi-tiered pasture cenoses was determined, taking into account their seasonality.

В последнее время продуктивность пастбищных экосистем предрасположена к сезонным колебаниям из-за участившихся засух на юге России. Нерациональное использование пастбищ за очень короткий период приводит к изреживанию растительности и выпадению из травостоя хорошо поедаемых трав, снижая продуктивность на 0,3-0,4 т/га сухой поедаемой массы. Для рационального использования деградированных пастбищ и борьбе с опустыниванием необходимо шире применять фитомелиорацию территорий. Наиболее эффективным будет использование сообществ смоделированных по типу естественных зональных биоценотических структур, состоящих из кустарников, полукустарников и многолетних трав.

Исследования проводились в 2019-2021 гг. на моделях пастбищных экосистем на вегетационных площадках (УНУ «Гидрологический комплекс ФНЦ агроэкологии РАН, г. Волгоград).

Изучались полидоминантные сообщества, состоящие из кустарников, полукустарников и многолетних трав на песчаном субстрате (продукт эоловой перера-

ботки светло-каштановой супесчаной почвы) и черноземовидном супесчаном субстрате (гумусовый горизонт черноземовидной супесчаной почвы) [4, 6-10].

Создание моделей долголетних пастбищных экосистем весенне-летнего и летне-осеннего срока использования основывались на использовании кустарников: джузгун древовидный (*Calligonum arborescens*) и полукустарничков: терескен серый (*Eutoria ceratoides* L.), полынь песчаная *(Artemisia arenaria)* многолетних кормовых трав: житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum* L.*)*, пырей удлиненный (*Agropyrum elangatum* Host. P. B.), костер безостый (*Bromus inermis* Leyss.), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) [2, 10].

Проведена оценка биологической эффективности почвенного раствора субстратов [2, 3].

Установлено, что наиболее высокая урожайность травянисто-полукустарникового яруса получена на пастбище весенне-летнего назначения (житняк + пырей + костер + джузгун + терескен) на черноземовидном супесчаном субстрате (гумусовый горизонт черноземовидной супесчаной почвы) составила 3,9 т/га воздушно – сухой массы. Из них почти 60 % массы образовали многолетние травы. Наименьшая продуктивность (2,4 т/га) отмечена на летне-осеннем (терескен + полынь + житняк +пырей + овсяница): песчаный субстрат (продукт эоловой переработки светло-каштановой супесчаной почвы). Доля многолетних трав составила 59%. (табл. 1).

Таблица 1

Видовое соотношение кормовых растений в фитомассе фитоценоза на разных почвенных субстратах, (УНУ «Гидрологический комплекс ФНЦ агроэкологии РАН)

Тип пастбища (модель)	Вид	Соотношение видов, %	Фитомасса, т/га	Общая фитомасса, т/га
Черноземовидный супесчаный субстрат, гумусовый горизонт черноземовидной супесчаной почвы				
Весенне-летнее	Джузгун	14	0,5	3,9
	Терескен	21	0,8	
	Житняк + пырей + костер	65	2,6	
Летне-осеннее	Терескен	29	1,0	3,5
	полынь	9	0,3	
	Житняк + пырей + овсяница	62	2,2	
Песчаный субстрат, продукт эоловой переработки светло-каштановой супесчаной почвы				
Весенне-летнее	Джузгун	20	0,6	3,2
	Терескен	16	0,5	
	Житняк + пырей + костер	64	2,1	
Летне-осеннее	Терескен	29	0,7	2,4
	Полынь	12	0,3	
	Житняк + пырей + овсяница	59	1,4	

Качество почвенного раствора и состояние моделей пастбищ разного сезона использования на всех почвенных субстратах хорошо диагностировались по приросту фитомассы. За период вегетации на моделях с черноземовидным

супесчаным субстратом (гумусовый горизонт черноземовидной супесчаной почвы) прирост биомассы в 1,5-2 раза больше, чем на моделях с песчаным субстратом (продукт эоловой переработки светло-каштановой супесчаной почвы). Однако установлено, что летние осадки были более эффективны для пастбищ на субстратах более легкого гранулометрического состава.

Нами был проведен модельный прогноз урожайности в переводе на чистые культуры. При поглощении почвенного раствора растениями на моделях весенне-летних пастбищ эффективнее оказались джузгун и терескен. На моделях летне-осенних – терескен и полынь. Чистые посевы трав без участия кустарника на черноземовидном супесчаном субстрате (гумусовый горизонт черноземовидной супесчаной почвы) достигают 3,1 т/га, на песчаном субстрате (продукт эоловой переработки светло-каштановой супесчаной почвы) – 2,4 т/га (табл. 2, 3).

Таблица 2

Площадь проективного покрытия кормовых растений на разных почвенных субстратах (УНУ «Гидрологический комплекс ФНЦ агроэкологии РАН»)

Тип пастбища	Вид	Площадь проективного покрытия	
		$м^2$	%
Черноземовидный супесчаный субстрат, гумусовый горизонт черноземовидной супесчаной почвы			
Весенне-летнее	Джузгун	0,2	3,3
	Терескен	0,6	9,8
	Житняк + пырей + костер + мятлик	4,1	67,2
	Непокрытое пространство	1,2	19,7
Летне-осеннее	Терескен	0,8	13,1
	Полынь	0,2	3,3
	Житняк + пырей + овсяница	4,5	73,8
	Непокрытое пространство	0,6	9,8
Песчаный субстрат, продукт эоловой переработки светло-каштановой супесчаной почвы			
Весенне-летнее	Джузгун	0,4	6,6
	Терескен	0,2	3,3
	Житняк + пырей + костер + мятлик	5,3	86,8
	Непокрытое пространство	0,2	3,3
Летне-осеннее	Терескен	0,7	11,5
	Полынь	0,2	3,3
	Житняк + пырей + овсяница	4,9	80,3
	Непокрытое пространство	0,3	4,9

В заключение можно сказать следующее. Разработаны имитационные модели на деградированных пастбищах, позволяющие целенаправленно корректировать биологическую структуру растительного покрова. Выявлен наиболее перспективный состав многоярусных пастбищных ценозов с учетом их сезонности.

Установлено, что весенне-летние пастбищные экосистемы характеризуются более высокой кормовой продуктивностью. При сумме осадков 138,3 мм в весенне-летний период (май – июнь) урожайность сухой кормовой массы тра-

вянисто-полукустарникового яруса составила: на черноземовидном супесчаном субстрате (гумусовый горизонт черноземовидной супесчаной почвы) – 3,9 т/га, на песчаном субстрате (продукт эоловой переработки светло-каштановой супесчаной почвы) – 3,2 т/га. Из них почти 65 % массы образовали многолетние травы. На пастбище летне-осеннего назначения при сумме осадков 63,5 мм (июль – сентябрь) наименьшая продуктивность отмечена на песчаный субстрате (продукт эоловой переработки светло-каштановой супесчаной почвы) (2,4 т/га). Доля многолетних трав составила 59 %.

Таблица 3

Модельный прогноз урожайности чистых культур (УНУ «Гидрологический комплекс ФНЦ агроэкологии РАН»)

Тип пастбища	Вид	Фитомасса, т/га
Черноземовидный супесчаный субстрат, гумусовый горизонт черноземовидной супесчаной почвы		
Весенне-летнее	Джузгун	15,2
	Терескен	8,2
	Житняк + пырей + костер + мятлик	3,1
Летне-осеннее	Терескен	7,6
	Полынь	9,1
	Житняк + пырей + овсяница	2,9
Песчаный субстрат, продукт эоловой переработки светло-каштановой супесчаной почвы		
Весенне-летнее	Джузгун	9,1
	Терескен	15,2
	Житняк + пырей + костер + мятлик	2,4
Летне-осеннее	Терескен	6,1
	Полынь	9,1
	Житняк + пырей + овсяница	1,7

Нами был проведен модельный прогноз урожайности в переводе на чистые культуры. Выявлено, что при поглощении почвенного раствора растениями на моделях весенне-летних пастбищ эффективнее оказались джузгун и терескен. На моделях летне-осенних – терескен и полынь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власенко, М. В. Методическая основа исследования влияния эдафического фактора на биоценотические процессы в искусственных кормовых ценозах / М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 104-110.

2. Кулик, Н. Ф. Водный режим лесных биогеоценозов: учебное пособие / Н. Ф. Кулик. – Новочеркасск: НГМА, 1999. – 58 с.

3. Манаенков, А. С. Методика и нормативы оценки лесопригодности земель под массивное облесение в поясе неустойчивого увлажнения ЕТР / А. С. Манаенков. – М.: Россельхозакадемия, 2001. – 35 с.

4. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе – Курск: ЮМЕКС, 1999. – 48 с.

5. Методы экологического восстановления природноресурсного потенциала пастбищных экосистем Калмыкии. / Н. З. Шамсутдинов, Г. Н. Суханов, А. В. Матвеев [и др.] // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. науч. тр. – М.: ООО «Угрешская типография», 2017. – Т. 14(62). – 208 с.

6. Петров, В. И. Биоразнообразие и энергетическая оценка лесопастбищных экосистем северо-западного Прикаспия / В. И. Петров, В. П. Воронина // Весник РАСХН. – 2006. – № 5. – С. 30-33.

7. Турко, С. Ю. Математическое моделирование в оптимизации использования пастбищ / С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2(42). – С. 30-34.

8. Турко, С. Ю. Особенности роста и развития кормовых трав на легких почвах Волгоградской области / С. Ю. Турко, В. П. Воронина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2(34). – С. 79-83.

9. Турко, С. Ю. Рост и развитие растений на пастбищах аридной зоны и вопрос их эксплуатации (на примере искусственно созданных моделей) / С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 4(183). – С. 27-34.

10. Эколого-фитоценотическая организация псаммофитных сообществ цимлянского песчаного массива / М. В. Власенко, А. К. Кулик, С. Ю. Турко [и др.] // Юг России: экология, развитие. – 2019. – Т. 14, № 4. – С. 35-45.

УДК 630*232.4

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ НА БУГРИСТЫХ ПЕСКАХ СРЕДНЕГО ДОНА

Т. А. Турчина[1], д. с.-х. н.; **О. А. Банникова**[2], к. с.-х. н.
[1]*Филиал ФГБНУ КНЦ СО РАН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства и экологии Арктики»*, г. Норильск, РФ
[2]*Филиал ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС»,* ст. Вешенская, РФ

Выявлены основные недостатки проектирования искусственного лесовосстановления на бугристых песках Среднего Дона. На основе анализа полученных результатов апробирования прогрессивных технологических приемов создания лесных культур сосны крымской разработан перечень предложений по повышению качества искусственного лесовосстановления.

The main disadvantages of the design of artificial reforestation on the bumpy sands of the Middle Don are revealed. Based on the analysis of the obtained results of testing progressive technological techniques for creating forest crops of Crimean pine, a list of proposals for improving the quality of artificial reforestation has been developed.

В степных условиях усиливающаяся аридизация климата способствует активизации процессов опустынивания. В «зоне риска», в первую очередь, находятся сухие развеваемые и медленно зарастающие бугристые пески. Ухудшению ситуации во многом способствует и низкое качество искусственного лесовосстановления.

На территории Среднего Дона трудноосваиваемая ландшафтная группа песков – бугристые пески – занимает большую часть площади (до 80 %). Основные экологические показатели бугристых песков (гранулометрический состав, температурно-влажностный режим и другие) имеют локальные различия,

связанные с размером, пространственной ориентацией бугров, «скученностью» их размещения [1]. Почвенно-гидрологические условия (бедный минералогический состав, низкое содержание физической глины, слабая гумусированность, неравномерное увлажнение территории) неоднородны [1-3]. Все это в целом свидетельствует о мозаичности лесорастительных условий и ограничивает состав выращиваемых древесных пород двумя видами – сосной обыкновенной и сосной крымской.

Цель исследований – на основе анализа проектов лесовосстановления и результатов собственных исследований разработать предложения для повышения качества искусственного лесовосстановления на бугристых песках Среднего Дона.

Шолоховское лесничество расположено в северной части Ростовской обл. и является одним из крупных (50,8 тыс. га) в границах Среднего Дона. Сосняки, по данным государственного лесного реестра на 01.01.2023 г., занимали 50,5 % (16,0 тыс. га) от площади, покрытой лесной растительностью (31,7 тыс. га).

Проектирование лесовосстановления осуществляется для не покрытых лесной растительностью земель лесного фонда в пределах границ лесничества. Для этого обеспечивается ежегодный учет площадей, не занятых лесными насаждениями: вырубок, гарей, прогалин, иных. По данным государственного лесного реестра фонд лесовосстановления Шолоховского лесничества на 01.01.2023 г. составил 1569 га, из них гари и погибшие насаждения занимали 12,2 % (191 га), вырубки – 15,7 % (246 га), прогалины и пустыри – 72,1 % (1132 га).

В настоящее время на территории Шолоховского лесничества отмечается высокая гибель создаваемых лесных культур, особенно в период до перевода в земли, покрытые лесом. На бугристых песках Среднего Дона средняя приживаемость культивируемых растений составляет менее 50 %, а в отдельные годы созданные лесные культуры списываются в полном объеме. Наибольшая часть культур гибнет в год посадки (более 30 %).

В результате анализа материалов проектирования лесовосстановления установлены два основных недостатка:

- игнорирование соответствия лесорастительных условий лесного участка биологическим особенностям и экологическим требованиям культивируемой породы;

- однотипное планирование технологических приемов и операций при создании лесных культур.

Общеизвестно, что биологические особенности и экологические требования древесных пород различаются в зависимости от видовой принадлежности. Сосна обыкновенная – нетребовательна к увлажнению и плодородию почв, может произрастать на бедных и сухих песках и песчаных почвах [3]. Сосна крымская более требовательна к почвенно-гидрологическим условиям, а именно к содержанию физической глины (более 5 %) и гумуса в почве, уровню залегания грунтовых вод (более 1,5 м) [4, 5]. Этот фактор необходимо учитывать при проектировании породного состава.

В проектах лесовосстановления прослеживается однотипность используемых технологических схем вне зависимости от лесорастительных условий участков. Технология создания лесных культур включает осеннюю нарезку бо-

розд, весеннюю посадку, агротехнические уходы на протяжении пяти лет в количестве 15 шт. (кратность 5 – 4 – 3 – 2 – 1). Унифицирование технологии не всегда приводит к положительному результату.

Например, на слабозадернелых рыхлопесчаных почвах многократное воздействие агрегатов приводит к развитию эрозионных процессов. А разработанная для таких почв в 70-х гг. XX в. технология совмещения операций по обработке почвы и посадке сеянцев [2] используется в редких случаях. При обследовании лесных культур сосны обыкновенной и сосны крымской в возрасте 10-50 лет, созданных по технологии, основанной на совмещении операций по обработке почвы и посадке сеянцев, доля сохранившихся растений на 10-35 % больше, чем по технологии с раздельным выполнением этих операций.

При проектировании и создании лесных культур на бугристых песках – категории земель наиболее опасной в эрозионном отношении – следует учитывать и направления рядов. Целесообразной их пространственной ориентацией является направление, перпендикулярное господствующим ветрам. Приживаемость одновозрастных культур сосны крымской, имеющих ориентацию рядов север-юг на бугристых песках больше на 21,2-40,2 %, в сравнении с культурами, имеющими ориентацию рядов запад-восток.

Кроме того, апробированные и используемые ранее для выращивания на бугристых песках лесных культур сосны обыкновенной технологии механически переносятся для создания культур сосны крымской. Причиной является малое количество исследований по определению технологических приемов, приемлемых для создания лесных культур этой древесной породы (сосны крымской).

Для обоснования эффективных технологических приемов и их оптимальных параметров при создании лесных культур сосны крымской испытаны:

- посадка сеянцев без подрезки корневой системы;
- предпосадочная обработка корневых систем сеянцев растворами гумата натрия Сахалинского, гумата+7 Йода или корневина;
- разная величина заглубления корневой шейки сеянцев при посадке.

Использование в практике лесовосстановления технологического приема – подрезка корневых систем сеянцев при загрузке в лесопосадочную машину – отрицательно сказывается на приживаемости лесных культур сосны крымской. В варианте с подрезкой корневых систем приживаемость (43,3 ± 6,7%) на 34,5 % меньше, чем в варианте без подрезки (77,8 ± 6,7 %). Различия оказались статистически значимыми ($t_ф = 3,64 > t_{05} = 2,78$).

Для обеспечения устойчивости растений к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям апробировано локальное внесение биологически активных веществ. При механизированной посадке приживаемость лесных культур сосны крымской с предпосадочной обработкой корневых систем сеянцев растворами гумата натрия Сахалинского, гумата+7 Йода или корневина (замачивание на 5-18 ч.) в 1,7-2,6 раза больше, в сравнении с вариантом без обработки (рис. 1).

Снизить действие абиотических и технологических факторов на приживаемость лесных культур возможно и при правильном определении величины заглубления корневой шейки сеянцев сосны крымской (рис. 2).

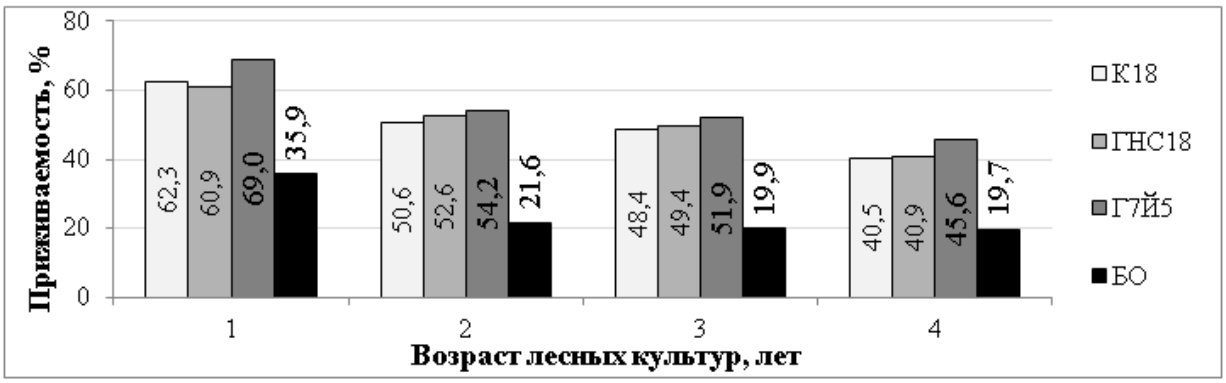


Рис. 1. Приживаемость лесных культур сосны крымской с предпосадочной обработкой корневых систем сеянцев (К18 – корневин 18-20 ч., ГНС18 – гумат натрия Сахалинский 18-20 ч., Г7Й5 – гумат+7 Йод 5-6 ч., БО – без обработки)

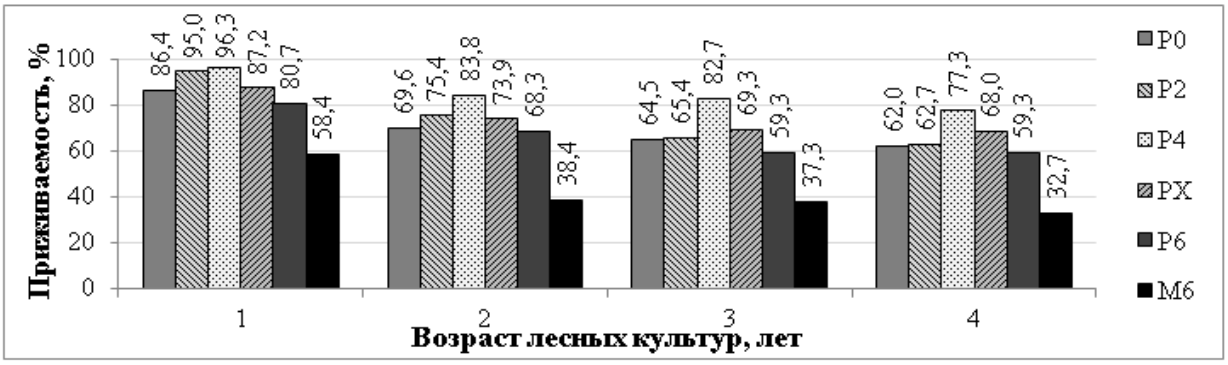


Рис. 2. Приживаемость лесных культур сосны крымской с различной величиной заглубления корневой шейки при посадке (первая буква обозначает способ создания лесных культур: Р – вручную, М – механизированный, далее – величина заглубления корневой шейки сеянцев (0, 2, 4, 6, Х – соответственно без заглубления, заглубление на 2, 4, 6 см и до охвоенной части сеянца)

При посадке лесных культур вручную наибольшие значения показателя зафиксированы в вариантах с заглублением на 2-4 см и до начала охвоенной части сеянца (4-5 см). Наименьшая приживаемость выявлена в варианте с заглублением на 6 см. Закономерным является и то, что наименьшая приживаемость фиксируется при механизированной посадке.

Таким образом, для повышения эффективности искусственного лесовосстановления на бугристых песках Среднего Дона рекомендуется следующее:

✓ При проектировании лесовосстановления учитывать почвенно-экологические условия лесных участков, биологические особенности культивируемой породы.

✓ На рыхлопесчаных почвах при слабом задернении и опасности их развеивания совмещать операции по обработке почвы и посадке сеянцев.

✓ В условиях бугристых песков ряды, по возможности, размещать перпендикулярно направлению действующих ветров, т. е. с севера на юг.

✓ При создании лесных культур следует максимально сохранять целостность корневых систем сеянцев.

✓ Внедрить в технологический процесс следующие агроприемы: предпосадочная обработка корневых систем сеянцев растворами препаратов, содержащими БАВ; заглубление корневой шейки сеянцев на величину не менее 2-4 см и не более чем до начала охвоенной части.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубянский, В. А. Пески Среднего Дона / В. А. Дубянский. – М.: Сельхозгиз, 1949. – 232 с.

2. Зюзь, Н. С. Культуры сосны на песках юго-востока / Н. С. Зюзь. – М.: Агропромиздат, 1990. – 155 с. – ISBN 5-10-001997-2.

3. Манаенков, А. С. Лесомелиорация арен засушливой зоны / А. С. Манаенков. – 2-е изд. перераб. и доп. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. – 428 с. – ISBN 978-5-9909842-3-3.

4. Турчина, Т. А. Приживаемость и особенности роста сосны крымской на песках Среднего Дона при разной доступности грунтовых вод // Экологический Вестник Северного Кавказа / Т. А. Турчина, О. А. Банникова. – Краснодар,2019. – Т. 15. – № 3. – С. 74-80.

5. Турчина, Т. А. Рост сосны крымской на песчаных почвах степной зоны европейской части России / Т. А. Турчина, О. А. Банникова // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: материалы XXIV Международ. науч. конф. – Красноярск, 2021. – С. 154-158.

2. ПРОБЛЕМА ОПУСТЫНИВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ И БОРЬБА С НИМИ

УДК 631.963.3:631.6

АКТУАЛЬНОСТЬ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ МЕТОДОВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АРИДИЗАЦИИ КЛИМАТА ЮГА СИБИРИ

А. А. Алтаев, к. б. н.
Бурятский НИИСХ – филиал СФНЦА, г. Улан-Удэ, РФ

Национальные программы действий по борьбе с опустыниванием для регионов Средней и Восточной Сибири подчеркнули высокую актуальность проблем опустынивания этих территорий. На эродированных землях Республики Бурятия, Республики Хакасия, Республики Тыва и южных районов Красноярского края выявлена высокая потребность в полезащитных лесонасаждениях. Требуется возобновление и широкое внедрение научных работ по агролесомелиорации и защитному лесоразведению в исследуемых субрегионах.

The national programs of countering desertification for the regions of Central and Eastern Siberia emphasized the high relevance of the problems of desertification of these territories. On the eroded lands of the Republic of Buryatia, the Republic of Khakassia, the Republic of Tyva and the southern regions of the Krasnoyarsk region, a high need for protective forest plantations has been identified. It is necessary to resume and widely introduce scientific works on agroforestry and protective afforestation in the studied subregions.

Агроклиматическими предпосылками опустынивания являются возрастание радиационного индекса сухости, увеличение числа дней с сильными эрозионно-опасными ветрами и количества дней с суховеями, повышение среднегодовой температуры воздуха, сумм положительных и отрицательных температур воздуха, сезонных температур и длительности сезонов. Среди антропогенных причин опустынивания агроландшафтов – распашка больших и открытых территорий, наличие значительного количества пашни на склонах различной крутизны, несоблюдение комплекса противоэрозионных мероприятий (применение отвальной обработки почвы, пастьба скота по стерне, перегрузка пастбищ и сенокосов), вырубка лесов, отсутствие лесополос. При установлении северной границы опустынивания на территории России следует исходить из того, что ему подвержены не только собственно пустыни и полупустыни с бурыми пустынными и полупустынными почвами, но и сухие и настоящие (типичные) степи с почвами каштанового ряда и черноземами южными и обыкновенными. Соответственно, при оценке опустынивания в России следует рассматривать не только собственно аридные территории, но и средне-, слабо- и периодически аридные территории [2]. В субрегионе юга Средней Сибири (Республика Тыва, Республика Хакасия и южные районы Красноярского края) процессами опустынивания было затронуто 3,3 млн га (45 %) сельхозугодий. Доминирующим

типом опустынивания является ветровая эрозия на площади 2,6 млн га (35 %). Площадь, подверженная водной эрозии и засолению, составила 0,7 млн га (10 %) от площади сельхозугодий [6]. В Республике Бурятия из 2293,8 тыс. га сельскохозяйственных угодий почти половина охвачены разными типами опустынивания. Особенно сильны деградационные процессы на пашне, 76 % площади которой опустынивается. Пастбища и сенокосы сейчас занимают 1475,1 тыс. га, из которых 29 % резко снижают и даже теряют биопродуктивность [7]. На 1 января 2022 г. нарушенными землями сельскохозяйственного назначения в Бурятии занято 1,3 тыс. га, песками – 33,0 тыс. га, оврагами – 15,6 тыс. га [4].

На основании постановления Правительства Российской Федерации № 217 от 14 февраля 2023 г. ФНЦ Агроэкологии РАН реализует приоритетный инновационный проект государственного значения (ВИП ГЗ) "Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ". В рамках которого разрабатываются Национальные программы действий по борьбе с опустыниванием для 14 субъектов Российской Федерации, которые призваны решить проблему опустынивания территорий. Бурятским НИИСХ-филиалом СФНЦА, в рамках выполнения в 2023 г. работ по теме «Национальные программы действий по борьбе с опустыниванием Республики Бурятия, Республики Тыва, Республики Хакасия и юга Красноярского края», было заложено 27 участков на 16 полигонах исследования опустынивания (табл. 1).

Анализ данных обследования полигонов опустынивания показал, что подавляющее большинство участков относится к степным ландшафтам, равнинного, котловинного или горного подтипа и, в основном, пастбищного сельскохозяйственного пользования или не используется. Типичными видами опустынивания в исследуемых регионах являются водная эрозия, дефляция и засоление.

В настоящее время, на всех исследуемых участках юга Средней Сибири и Забайкалья в последние 30 лет агролесомелиоративные мероприятия не проводились, местами, за пределами полигонов, встречаются лишь остатки защитных лесных насаждений, которые в большинстве случаев, пришли в негодность из-за высыхания, потравы, природных и антропогенных пожаров, вырубки и прочих факторов. Например, в Республике Тыва практически все защитные лесные насаждения (ЗЛН) были вырублены местным населением на дрова, в Республике Бурятия высохшие ЗЛН также вырубаются (рис. 1).

Известно, ЗЛН выполняют многофункциональную роль в преобразовании, сохранении и восстановлении агроландшафтов, способствуют повышению продуктивности сельскохозяйственных культур. Так, по результатам статистической обработки данных выявлена корреляционная зависимость между показателями средней урожайности зерновых и зернобобовых культур по регионам ЮФО и лесистостью их территорий, что свидетельствует о наличии линейной связи между значениями [3]. В субрегиональных программах действий по борьбе с опустыниванием для юга Средней Сибири и Забайкалья [5, 6] для противодействия аридизации, защиты полей от водной эрозии и дефляции предлагалось широкое использование агролесомелиоративных мероприятий, в частности, создание больших площадей полезащитных лесных насаждений. Так, только на эродированных землях Улуг-Хемской и Хемчигской котловин Республики

Таблица

Участки полигонов обследования опустынивания на юге Средней Сибири и в Бурятии

Регион	Номер, название участка	Ландшафт	Почва	Растительность	Вид использования	Вид опустынивания
Республика Тыва	56, Эрзин	Полупустынный	Светло-каштан.	Полупустынная	Пастбище	Дефляция
	57, Морен	Сухостепной	Каштановая	Сухостепная		Водная эрозия
	58, Самагалтай	Степной горный	Каштановая	Сухостепная		Водная эрозия + дефляция
	59, Хандагайты	Лесостепной горн.	Каштановая	Лесостепная		Дефляция + водная эрозия
	60, Тос-Булак	Степной	Темно-каштановая	Степная		Водная эрозия
	61, Сукпак			Степная		Засол. + водн. эрозия + дефляц.
	62, Сук-Аксы	Степной горный	Каштановая	Сухостепная		Дефляция + водная эрозия
	63, Алдан-Маадыр		Каштановая	Сухостепная		Водная эрозия + дефляция
	64, Теве-Хая		Каштановая	Сухостепная		Водная эрозия + дефляция
	65, Аксы-Барлык		Каштановая	Сухостепная		Водная эрозия + дефляция
Красноярский край	66, Курагино	Лесостеп. придолин.	Черноз. выщел.	Лесостепная	Не используется	Водная эрозия
	67, Рощинский	Лесостепной	Серая лесная	Лесостепная		Водная эрозия
	68, Кочергино	Степной	Чернозем выщелоченный	Отсут./лесост.		Водная эрозия
	69, Суходол	Степной		Сельхозрастения	Пашня	Водная эрозия + дефляция
	70, Минусинск	Степной		Степная	Не используется	Водная эрозия + дефляция
Республика Бурятия	71, Баянгол	Степной равнин.	Пески	Отсутствует		Дефляция
	72, Харамодун	Степной равнин.	Пески	Отсутствует		Дефляция
	73, Тапхар	Степной котловин.	Каштановая	Степная	Пастбище/ залежь	Дефляция
	74, Иволгинск	Степной котловин.	Пески делюв.	Степная		Дефляция
	75, Мурочи	Боровой низкогорн.	Пески	Отсутствует	Не использ.	Дефляция
	76, Октябрьский	Степной котловин.	Пески	Степная	Пастбище	Дефляция
Республика Хакасия	77, Заря	Степной равнин.	Каштановая	Степная		Засоление
	78, Весеннее	Степной равнин.	Каштановая	Степная		Засоление + водная эрозия
	79, Краснополье	Степной равнин.	Каштановая	Степная		Вод. эрозия + дефляц. + засол.
	80, Березовка	Степной равнин.	Аллюв.-луговая	Степная		Водная эрозия + дефляция
	81, Целинное	Степной подгорный	Чернозем	Степная	Не использ.	Водная эрозия
	82, Борец		Чернозем	Степная	Сенокос	Водная эрозия

Рис. 1. Остатки ЗЛН в Бурятии используются местным населением на дрова

Тыва потребность в полезащитных лесонасаждениях составляла 46,6 тыс. га. Однако в 1985-1988 гг. там было создано всего 1000 га ЗЛН и работы были свернуты из-за отсутствия финансирования. Также во всех исследуемых регионах в 90-х - 2000-х гг. были полностью прекращены исследования в области агролесомелиорации и защитного лесоразведения. Подобные проблемы были и других исследуемых регионах. По нашему убеждению, создание новых и реновация существующих ЗЛН на юге Средней и Восточной Сибири будет способствовать противодействию процессам опустынивания на сельскохозяйственных землях. Для восстановления ЗЛН необходим подбор древесно-кустарниковой растительности, адаптированной к сибирским аридным условиям, при этом допустимо использование высоковозрастных саженцев *Populus balsamifera,* показывающего достаточную устойчивость к условиям сухой степи, что подтверждается нашими 3-летними исследованиями [1].

Таким образом, актуальность агролесомелиоративных методов противодействия аридизации климата юга Сибири достаточно высока, требует возобновления и широкого внедрения научных работ по агролесомелиорации и защитному лесоразведению в субрегионе. Восстановление же защитных лесонасаждений является одним из основных агролесомелиоративных приемов противодействия опустыниванию сибирских агроценозов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтаев, А. А. Устойчивость высоковозрастных саженцев тополя бальзамического к аридности сухой степи / А. А. Алтаев // Актуальные тенденции в развитии агрономической науки: сб. Международ. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию со дня рождения д. б. н., проф., акад. РАН, Заслуженного деятеля науки России Г. П. Гамзикова, Новосибирск, 30 янв. 2023 г. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2023. – С. 25-28.

2. Основные результаты по оценке и картографированию опустынивания в Российской Федерации / Г. С. Куст, Н. Ф. Глазовский, О. В. Андреев, [и др.] // Аридные экосистемы. – 2002. – Том 8. – № 16. – С. 7-28.

3. Пугачёва, А. М. Агролесомелиоративные системы – основа развития земледелия / А. М. Пугачёва. // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1(49). – С. 227-237.

4. Региональный доклад о состоянии и использовании земель в Республике Бурятия в 2021 году. – Улан-Удэ: Управление Росреестра РФ по Республике Бурятия, 2021. – 80 с.

5. Субрегиональная программа действий по борьбе с опустыниванием для Республики Бурятия, Агинского Бурятского автономного округа и Читинской области / Коллектив авторов. – Улан-Удэ, 2000. – 168 с.

6. Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием для юга Средней Сибири Российской Федерации / Коллектив авторов. – Абакан, 2000. – 295 с.

7. Убугунов, Л. Л. О применении технологии риск-анализа для оценки экологической опасности опустынивания (на примере Республики Бурятия)/ Л. Л. Убугунов, А. И. Куликов, М. А. Куликов // Сибирский экологический журнал. – 2011. – № 2. – С. 239-249.

УДК 631.48

ПРОЦЕССЫ АРИДНОЙ ДЕГРАДАЦИИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОЧВЕННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ТЕРСКО-КУМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Д. Б. Асгерова, к. б. н.

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН, г. Махачкала, РФ

Типичные условия для проявления динамики почвенного разнообразия представлены в периодически затопляемой прибрежной полосе Терско-Кумской низменности, где представлены условия почвообразования, отличающиеся по структурной организации почв, почвоподобных тел и биогеохимического круговорота веществ. При затоплении – иссушении формирование разнообразия почв зависит от продолжительности циклов затопления-иссушения обуславливающего возникновение новых свойств, взамен переживших в предыдущих стадиях развития. Почвы, находясь в условиях опустынивания воды, при обмелении Каспия в течение 2-3 лет переходят к новой таксономической группе с большим разнообразием свойств не характерных условиям наземных экосистем.

Typical conditions for the manifestation of the dynamics of soil diversity represented in the periodically flooded coastal strip Terek-Kuma Lowland, which shows the conditions of soil formation characterized by the structural organization of the soil, soil-like bodies and biogeochemical cycle of matter. When flooding - draining soil formation diversity depends on the duration of the flood-draining cycles causes the emergence of new properties, instead of emerging in the early stages of development. Going one soil type to another, carried out dynamic changes. Soil, water being in desertification conditions, with shallowing of the Caspian Sea for 2-3 years, transferred to a new taxonomic group with a great variety of properties not specific conditions of terrestrial ecosystems.

Сохранение почвенного разнообразия засушливых земель представляет основу воспроизводства ресурсов растительного и животного мира и природных ландшафтов. В этой связи, изучение динамики почвенного разнообразия почв и условий их образования в южных регионах России имеет приоритетное значение.

Доля деградированных земель в засушливых районах Европы составляет 33,2 %, в Африке 24,1 %, Азии 22,5 %, южных регионах России 32,5 %, в Дагестане – 35,6 %. Развитее процессов опустынивания на юге России в регионах Северного Кавказа и Прикаспийской низменности, протекает в трех направлениях: первое – формирование пустынных ландшафтов материкового происхождения в экстрааридных условиях с коэффициентом увлажнения К < 00,5; второе – деградация наземных экосистем (физическая, биологическая, техногенная) с коэффициентом увлажнения К = 0,05-0,20, семиаридных К = 0,20-0,50 и субгумидных К = 0,50-0,65, третье – колебание продуктивности растительного покрова в связи с климатическими флуктуациями (расширение или сжатие поя-

сов), где состояние почвенно-растительного покрова изменяется в зависимости от колебаний количество осадков и температурного режима [1].

Наиболее интенсивной форме аридной деградации подвержена южная часть засушливого пояса РФ, куда вошли Республики Дагестан и Калмыкия, Астраханская, Волгоградская обл., Ставропольский край. Максимальный дефицит осадков отмечается в пределах Республики Калмыкии и Северного Дагестана [4]. По сумме атмосферных осадков и температурного режима значительная часть рассматриваемой территории расположена в условиях, при которых испарение в 1,5-2,0 раза превышает среднегодовые суммы атмосферных осадков. В отдельных районах повторяемость засушливых сезонов увеличивается, обуславливая аридную деградацию со значительным разнообразием почв по степени засоления, эрозии, солонцеватости и слитизации.

Природное разнообразие почв, выделяемое по генетическим, мелиоративным, агропроизводственным свойствам рассматривает современное состояние в статике, а прогнозируемые – в динамическом развитии. Типичные условия для проявления динамики почвенного разнообразия представлены в периодически затопляемой прибрежной полосе Терско-Кумской низменности, где представлены условия почвообразования отличающиеся по структурной организации почв, почвоподобных тел и биогеохимического круговорота веществ. При затоплении – иссушении формирование разнообразия почв зависит от продолжительности циклов затопления-иссушения обуславливающего возникновение новых свойств, взамен переживших в предыдущих стадиях развития. Переход одного типа почв в другой осуществляется динамическими изменениями. Появившиеся новые разновидности отличаются от своих предшественников, характеризуя разнообразие как особого показателя, проявляющегося на одной и то же площади в течение определенного периода времени [2].

Почвы, находясь в условиях опустынивания воды при обмелении Каспия, в течение 2-3 лет переходят к новой таксономической группе с большим разнообразием свойств не характерных условиям наземных экосистем. Поэтому образование новой разновидности почв и возникновение нового варианта градиента условий среды с иным набором свойств, на наш взгляд, можно считать элементарным актом эволюции почв, связанного с динамичностью условий среды. Главная его особенность – циклическая смена аридных экосистем, экосистемами морского, водного, болотного, лугового происхождения. Влияние процессов затопления, подтопления и деградации определяется появлением компонентов, происхождение которых осуществляется преобразованием морских отложений. При этом образуются слоистые тела, отличающиеся динамичностью и педогенной трансформацией. В их основе лежит диагностика минеральных, органоминеральных и органических горизонтоподобных слоев. Морские отложения педогенного развития, не обладая свойствами почв, выполняют их функции, являясь субстратом для растительного покрова, при этом образуется новая категория педогенеза дополняющего разнообразие почв и почвенных образований [3].

Определяющую роль в формировании разнообразия почв и почвоподобных тел выполняют гранулометрический состав и степень гумусированности.

При изменении этих факторов возникают новые неустойчивые к внешним воздействиям признаки почв, подчеркивая изменчивость перечисленных факторов. Приводимые данные, характеризующие динамичность показателей по светло-каштановым почвам (таблица) иллюстрируют относительную устойчивость показателей в автоморфных условиях полупустынного климатического режима.

Таблица

Динамичность изменения светло-каштановых почв в зависимости от гранулометрического состава

Гранулометрический состав		Фактор динамичности
среднесуглинистые	супесчаные	
Светло-каштановая	Светло-каштановая	Климатогенный
Лугово-каштановая	Лугово-каштановая	Гидрогенный
Луговая	Луговая	Гидрогенно-галогенный
Лугово-болотная	Болотная	Гидрогенный
Болотная	-	Гидрогенный
Болота	-	Гидрогенный

Высокая адаптивная способность среднесуглинистых разновидностей свидетельствует об увеличении диапазона различий формирующихся в физико-химических их свойствах, способствующие увеличению стабильного разнообразия. При супесчаном гранулометрическом составе уменьшается разнообразие, из динамических рядов выпадают лугово-болотные почвы. Выпадают так же сопутствующие представители не сформировавшегося типа гидрогенных почв лугово-болотной стадии развития. Высокая чувствительность и неустойчивость экосистем, представленных супесчаными разновидностями светло-каштановых почв обуславливают динамичность и возникновение новых признаков неизвестных в существующей классификации. Почвы функционирующие в наземных экосистемах после затопления превращаются в нетипичные литогенные образования с новым направлением развития. Возникновение новых в почвенном отношении не сформировавшихся образований приводит к перераспределению потоков веществ и энергии, прежде всего изменению степени гумусированности, засоленности и эродированности [5]. В наиболее общем виде динамику разнообразия почв можно представить как прогрессирующий процесс изменения физико-химических свойств, приводящего к высвобождению определенной части легкорастворимых органических и минеральных веществ. Высвобождающаяся часть минеральных и органических веществ, способствуют формированию малорастворимых и практически неизвестных вариантов почвенных образований, которые в ходе своего развития увеличивают разнообразие и повышают устойчивость экосистем.

Анализ разнообразия по генетическим свойствам различных типов почв показывает комплексный характер изменений основных свойств. Для рассматриваемого региона площадью 231,1 тыс. га наиболее важными в динамическом состоянии почв являются показатели устойчивости, стабильности общепринятых свойств [6]. Изменения в генетических свойствах основных типов почв в максимальной степени проявляются в процессах засоления и эрозии.

В исходном состоянии наиболее высокая степень разнообразия почв обнаруживается по показателям засоления, где максимальную площадь занимают слабозасоленные – 27,8 тыс. га, сильнозасоленные – 12,3 тыс. га. Такое же соотношение в разнообразии выявлено и для эродированных почв с максимальной площадью среднеэродированных – 20,6 тыс. га и минимальной – слабоэродированных – 7,6 тыс. га. По солонцеватости разнообразие уменьшается выпадением сильносолонцеватых разновидностей. Общей особенностью разнообразия исследованных почв является преобладающая роль выделенных классификационных единиц по засолению и эрозии. После истечения 20-летнего периода отмечается увеличение площадей сильнозасоленных – 13,4 тыс. га и очень сильнозасоленных почв – 14,1 тыс. га. Значительно повышается количество почвенных контуров, включая весь спектр разнообразия распространенных типов почв – до 146 единиц. Заметно расширяются площади эродированных почв, сохраняя стабильную величину разнообразия характерную исходному состоянию. Площади слабозасоленных, среднезасоленных почв практически не меняются, тогда как, у очень сильнозасоленных (солончаков) расширяются за счет трансформации среднезасоленных почв. Фоновый уровень по количеству контуров не меняется. Приведенный анализ разнообразия следует дополнить новыми объектами классификации, появление которых связано с циклическим воздействием гидрогенного фактора при затоплении и его сменой воздействием природных условий при обмелении затопленных участков.

Динамика изменения почвенного разнообразия аридных регионов подчиняется общей закономерности развития новых направлений в зависимости от климата, уровенного режима Каспия и гидрогеологических условий. Стихийный и жесткий характер аридной деградации и ее широкое распространение выдвигает задачу изучения почвенного разнообразия в качестве проблемы имеющей международное значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев, А. Г. Историко-географический анализ динамики пустынных экосистем / А. Г. Бабаев // Проблемы освоения пустынь. – 1999. – № 4. – С. 58-61.

2. Виноградов, Б. В. Динамический мониторинг деградации, восстановления пастбищ Черных земель Калмыкии / Б. В. Виноградов, А. К. Черкашин, К. Н. Кулик // Проблемы освоения пустынь. – 1990. – № 1. – С. 10-19.

3. Залибеков, З. Г. Разнообразие почв и его значение в охране наземных экосистем Прикаспийской низменности / З. Г. Залибеков // Биологическое и почвенное разнообразие аридных экосистем южных регионов России: сб. науч. тр. – Махачкала, 2001. – С. 6-12.

4. Зонн, И. С. Конференция ООН в Найроби: проблема опустынивания 20 лет спустя / И. С. Зонн // Аридные экосистемы. – 1997. – Т. 3. – № 6-7. – С. 12-21.

5. Зонн, С. В. Выветривание, почвообразование, древние коры выветривания / С. В. Зонн // Почвоведение. – 1995. – № 3. – С. 381-389.

6. Стасюк, Н. В. Динамика почвенного покрова дельты Терека / Н. В. Стасюк. – ГУП «Типография ДНЦ РАН ДНЦ РАН», 2005. –193 с.

УДК 631.15:631.145

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОСВОЕНИЯ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ВВЕДЕНИИ В ОБОРОТ В ЗОНЕ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. М. Беляков, д. с.-х. н.
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» г. Волгоград, РФ

Проанализирована эффективность 5 способов освоения залежных земель при введении в сельскохозяйственный оборот в зоне черноземных почв Волгоградской обл. Выявлено, что наиболее рентабельными в 146 и 153 % являются варианты прямого посева и 2-кратного дискования с посевом яровой пшеницы.

The effectiveness of 5 methods of development of fallow lands when introduced into agricultural turnover in the zone of chernozem soils of Volgograd region is analyzed in the article. It was found that the most profitable 146% and 153% are variants of direct seeding and 2-fold discing with sowing of spring wheat.

Волгоградская обл. имеет свою почвенно-климатическую особенность. Это 5 почвенно-климатических зон, где зона черноземных почв занимает около 1,5 млн га. Почвы данной зоны имеют 4-6 % гумуса, ГТК 0,6-0,8, обладают хорошей структурностью, влагоемкостью и дают относительно высокие урожаи зерновых и пропашных культур [1, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 15, 17, 18].

С приходом рыночных отношений в 1995-2000 гг. часть пашни в Волгоградской обл. в силу ряда причин была выведена из оборота, площадь необрабатываемых земель достигала 1,3 млн га. В настоящее время, по данным комитета по сельскому хозяйству, залежная пашня существенно снизилась и составляет 0,71 млн га. При введении в оборот встала проблема поиска наиболее эффективного способа освоения залежи, которая зависит от наличия технических средств, материальных и денежных ресурсов, издержек на освоение и уровня отдачи при производстве продукции [3, 5, 8, 12, 13, 14, 16].

В данной статье мы попытались в производственных условиях выделить и проанализировать различные варианты способов введения залежных земель в оборот в зоне южных черноземов Волгоградской обл.

Опыт закладывался в производственных полевых условиях на базе АО «Георгиевское» Новоаннинского р-на Волгоградской обл. в степной зоне южных черноземов. В пределах землепользования были выделены экспериментальные площадки в 3-кратной повторности с разными способами введения в оборот залежной пашни, которая была вне обработки в течение 2-3 лет. Исходя из наличия технических средств в хозяйстве, востребованности продукции на рынке и сложившейся ситуации на поле, были выделены 5 вариантов для проведения исследований:

Вариант 1. Дискование бурьянистой растительности и посев яровых культур. Возделываемая культура – яровая твердая пшеница. Шифр в таблице – Диск и посев;

Вариант 2. Дискование и полупар, где предусматривалось проведение 2-3 культиваций до посева. Возделываемая культура – кукуруза на зерно. Шифр в таблице – Диск + полупар.

Вариант 3. Дискование с последующим парованием или проведение 6-7 культиваций до посева. Культура – озимая пшеница. Шифр в таблице – Диск + пар;

Вариант 4. Прямой посев, где участок обрабатывался гербицидами сплошного действия дозой 3,5 кг/га при появлении розеток сорной растительности и через 8-10 дней проводился посев яровых зерновых культур. Возделываемая культура – яровая твердая пшеница. Шифр в таблице – Прямой посев;

Вариант 5. Вспашка на 0,25-0,27 м и парование поля до посева озимых. Возделываемая культура – озимая пшеница. Шифр в таблице – Отвал + пар.

В качестве культур выбраны озимая пшеница, яровая твердая пшеница и кукуруза на зерно. Опыты проводились в течение 3-х лет, а именно 2020-2022 годы, когда яровые культуры давали урожай ежегодно, а озимая пшеница в течение 2 лет из трех.

Использовались методики организации и проведения полевых опытов Б. А. Доспехова (1985), М. М. Горянского (1970), ВАСХНИЛ (1978), биометрических наблюдений Госсортсети (1985).

Учет урожая проводили методом сплошного поделяночного обмолота комбайном с последующим приведением его к 100 % чистоте и стандартной 14 %-ной влажности. Расчет экономических показателей проводился традиционным методом, затраты рассчитывались на основе технологических карт и бухгалтерских данных сельскохозяйственного предприятия.

Реализации продукции взята по сложившимся фактическим ценам 2022 г.: яровая пшеница – 27 руб./кг, озимая пшеница – 9,40 руб./кг, кукуруза – 8,60 руб./кг.

Обозначенные варианты способов введения в оборот залежи несут разные объемы издержек на освоение пашни и результаты продуктивности культур. Так, самые низкие затраты (9710 руб./га) на 1 га пашни получены на варианте 2-кратного дискования ранней весной на глубину 0,08 м и посев яровой культуры, а наиболее затратным (в 20630 руб./га) проявил себя вариант отвальной вспашки и парование поля до посева озимой пшеницы. Варианты дискования и полупар, дискование и пар, прямой посев имели промежуточные значения по затратам – 15340-16350 руб./га (таблица).

Следует отметить, что запасы продуктивной влаги в 1 м слое почвы ранней весной составили в среднем за три года 138-148 мм по вариантам опыта и были близки между собой по своим значениям. Наибольшая разница в 10 мм наблюдалась между вариантами «Отвал» и «Прямой посев» с преимуществом второго. Однако показатель влажности почвы перед посевом культур существенно отличался, так как запасы влаги за период парования существенно падают до значений 46-51 мм.

Засоренность в 5 баллов наблюдалась на варианте одноразового дискования залежи и существенно снижается после парования до 1 балла и 2-3 балла на варианте полупара и прямом посеве. Важным критерием оценки эффективности способа освоения многолетней залежи является урожайность культур.

Продуктивность яровой твердой пшеницы самая низкая – 0,91 т/га на первом варианте и 1,18 т/га на варианте прямого посева, урожайность кукурузы на зерно – 3,63 т/га и озимой пшеницы 4,26-4,67 т/га при ежегодном сборе урожая и средних значениях 2,84-3,11 т/га при расчете урожая за два года из трех.

Таблица

Эффективность различных способов освоения залежи при производстве растениеводческой продукции в условиях сухостепной зоны Волгоградской обл., среднее за 2020-2022 гг.

Показатели	Вариант опыта				
	диск и посев	диск + полупар	диск + пар	прямой посев	отвал + пар
Влажность 1 м слоя почвы в ранне-весенний период, мм	146	144	143	148	138
Влажность 1 м слоя почвы перед посевом, мм	146	84	46	148	51
Засоренность, бал.	5	2	1	3	1
Урожайность зерновых культур, т/га	Яровая пшеница 0,91	Кукуруза на зерно 3,63	Озимая пшеница 2,84 (4,26)	Яровая пшеница 1,18	Озимая пшеница 3,11 (4,67)
Затраты на 1 га, руб.	9710	15500	16350	15340	20630
Чистый доход, руб./га	14860	15718	10346	22420	10503
Рентабельность, %	153	101	63	146	51
Стоимость продаж, тыс. руб.	24570	31218	26696	37760	31133

Примечание: (расшифровка вариантов опыта). Д и П – 2-кратное дискование и посев культуры, Д + п/пар – 2-кратное дискование и полупар, Д + пар – 2-кратное дискование с последующим парованием, Пр. посев – технология прямого посева, Отвал + пар – классика с отвальной обработкой и ухода за паром.

Известно, что доход производства зависит не только от затрат, но и цены культуры, где выигрывает яровая твердая пшеница, а кукуруза и озимая пшеница за счет выхода урожая с единицы площади (урожайности). Оптимальным вариантом окупаемости вложенных затрат оказался прямой посев, где чистый доход составил 22420 руб./га, рентабельность 146 % и вариант 2-кратного дискования с посевом яровой твердой пшеницы, рентабельность 153 %, чистый доход 14860 руб./га, где высокая доходность достигается за счет цены яровой твердой пшеницы. Самый низкий чистый доход 10503 руб./га получен на варианте «Отвал», рентабельность 51 %. Все другие варианты опыта имели промежуточные значения 63 и 101 % рентабельности.

Таким образом, все обозначенные способы освоения залежных земель в зоне черноземных почв севера Волгоградской обл. при выращивании яровой твердой пшеницы, кукурузы на зерно и озимой пшеницы рентабельны и вложенные затраты окупаются. Наибольшая рентабельность в 146 и 153 достигается при возделывании яровой твердой пшеницы при технологии прямого посева и варианте 2-кратного дискования залежи с последующим посевом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авессаломова, И. А. Экологическая оценка ландшафтов / И. А. Авессаламова. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 87 с.

2. Агроклиматический справочник по Волгоградской области. – Л., Гидрометеоиздат, 1967. – 143 с.

3. Алпатьев, А. М. Влагооборот культурных растений / А. М. Алпатьев. – М.: Гидрометеоиздат, 1954. – 248 с.

4. Бараев, А. И. Теоретические основы почвозащитного земледелия / А. И. Бараев. – М.: Колос, 1975. – 304 с.

5. Кирюшин, В. И. Технологическая модернизация земледелия России: предпосылки и условия / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2015. – № 6. – С. 6-10.

6. Кирюшин, В. И. Экологические основы проектирования сельскохозяйственных ландшафтов: учебник / В. И. Кирюшин. – СПб.: ООО «Квадро», 2018. – 586 с.

7. Кружилин, И. П. Агромелиоративная оценка влагообеспеченности Нижнего Поволжья / И. П. Кружилин. – Волгоград, 1976. – 65 с.

8. Научно обоснованные системы сухого земледелия Волгоградской области в 1986-1990 гг. – Волгоград: Ниж.-Волж. кн. изд-во, 1986. – 256 с.

9. Научно-практическое руководство по освоению и применению сберегающего земледелия / Л. В. Орлова [и др.]. – Самара, 2006. – 169 с.

10. Природные условия и ресурсы Волгоградской области / Под ред. В. А. Брылева. – Волгоград: Перемена, 1995. – 264 с.

11. Сажин, А. Н. Природно-климатический потенциал Волгоградской области / А. Н. Сажин. – Волгоград, 1993. – 28 с.

12. Салихов, А. С. Способы основной обработки почвы и урожайность яровых зерновых культур / А. С. Салихов, М. Д. Кадыров // Земледелие. – 2004. – № 4. – С. 12-13.

13. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Волгоградской области на период до 2015 года / А. Л. Иванов, К. Н. Кулик [и др.]. – Волгоград: ВГСХА, Нива, 2009. – 304 с.

14. Системы земледелия Нижнего Поволжья: учебное пособие / А. Н. Сухов [и др.]. – Волгоград: ВГСХА, "Нива", 2007. – 344 с.

15. Шульмейстер, К. Г. Избранные труды в 2-х томах / К. Г. Шульмейстер. – Волгоград, 1995. – 480 с.

16. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: Revisiting methods, concepts and knowledge / T. Dore, D. Makowski, E. Malezieux, N. Munier-Jolain, M. Tchamitchian [et al.] // European Journal of Agronomy. – 2011. – No 34(4). – P. 197-210. – DOI 10.1016/j.eja.2011.02.006.

17. Malezieux, E. Designing cropping systems from nature / E. Malezieux // Agronomy for Sustainable Development. – 2012. – No 32. – P. 15-29. – DOI 10.1007/s13593-011-0027-z.

18. Trofimov, I. A. Development of the systematic approach to studying agricultural land and agrolandscape management / I. A. Trofimov, L. S. Trofimova, E. P. Yakovleva // Biology bulletin. – 2017. – Vol. 44. – No 10. – P. 1308-1315. – DOI 10.1134/S1062359017100168.

УДК 631.4;633.2 033.2

МЕЛИОРАЦИЯ СОЛОНЧАКОВ КИЗЛЯРСКИХ ПАСТБИЩ НА БАЗЕ ЭОЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ПОЛУПУСТЫНЕ

Г. Н. Гасанов[1, 2], д. с.-х. н.; **Р. З. Усманов[1],** д. б. н.; **М. Р. Мусаев[2],** д. б. н.; **Т. А. Асварова[1],** к. б. н.; **К. М. Гаджиев[1],** д. с.-х. н.; **Р. Р. Баширов[1],** к. б. н.; **З. У. Гасанова[1],** к. б. н.; **А. С. Абдулаева[1]**

[1]*Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН,* г. Махачкала, РФ
[2]*Дагестанский аграрный университет им. М. М. Джамбулатова*, г. Махачкала, РФ

Рассматриваются вопросы естественно-антропогенной эолово-аккумулятивной мелиорации солончака коркового путем накопления на его поверхности илисто-песчаной массы с семенами дикорастущих фитоценозов.

The issues of natural-anthropogenic aeolian-accumulative amelioration of the crusty solonchak by accumulating on its surface a silty-sandy mass with seeds of wild-growing phytocenoses are considered.

Терско-Кумская низменность (Кизлярские пастбища) охватывает в основном, территорию Республики Дагестан, частично – Ставропольского края, Чеченской республики и Калмыкии. Площадь его 1,55 млн га, не засоленных земель здесь нет, около 50 % низменности приходится на солончаки, 360 тыс. га заняты оголенными песчаными массивами. Это регион с деградирующим почвенно-растительным покровом, вызванным экстремальными климатическими условиями: коэффициент увлажнения составляет 0,12-0,14, среднегодовое количество осадков – 150-300 мм, температура воздуха в июле – августе – 24-26 °С, количество дней с эрозионно-опасными ветрами – более 250 в году. Все это, в сочетании с ненормированным и бессистемным использованием пастбищных угодий, способствует усилению дефляционных процессов и опустыниванию территории. Солончак корковый на рассматриваемой территории размещен в комплексе с каштановыми и лугово-каштановыми почвами (рис. 1).

Рис. 1. Заросшие фитоценозом очаги на солончаке корковом на Кизлярских пастбищах

Ранее проведенные на рассматриваемой территории исследования были посвящены классификации и диагностике почв, миграции солей по профилю почв, определению их степени и химизма засоления, продуктивности и другим вопросам. А работ по восстановлению продуктивности засоленных почв здесь проведено недостаточно.

Реабилитация и вовлечение в аграрное производство солончаков в мировой практике (Израиль, Саудовская Аравия, Чили, Австралия и др.) осуществляют с помощью гидромелиорации, в первую очередь капельного орошения. Применяют также агромелиорацию (внесение большого количества навоза, торфа, песка и плодородной почвы), химическую мелиорацию с внесением в почву реагентов, нейтрализующих щелочную реакцию почвенного раствора [2, 5], фитомелиорацию с посадками древесных насаждений или с высевом травянистых растений, толерантных к засоленной среде. Но на солончаке корковом (solonchak nudipetric) не приживаются не травянистые фитоценозы, ни древесные насаждения из – за высокой степени засоления [3]. Ни один из других перечисленных способов реабилитации солончаков также неприемлем в дефляционных полупустынных ландшафтах, так как любое механическое воздействие на почву машинами и орудиями (при запашке химикатов, смеси органических удобрений, песка, плодородной почвы с землей, при предпосевной подготовке почвы и посеве трав) вызывает усиление процессов дефляции и опустынивания территории [4]. Кроме того, эти мероприятия весьма затратны, их можно реализовать при достаточной материально-технической оснащенности предприятий, чего в настоящее время не хватает большинству из них.

Для решения этой проблемы мы создали на поверхности солончака коркового прослойку из илисто-песчаных фракций почвы, постоянно перемещающихся по поверхности равнины под влиянием атмосферных процессов. В составе этих фракций содержится до 0,2 % общего гумуса и значительное количество семян дикорастущих фитоценозов, которые прорастают после выпадения осадков, формируют естественный фитоценоз и способны защитить почву от выдувания.

Экспериментальные исследования проведены на Кочубейской биосферной станции ПИБР ДНЦ РАН в 2011-2018 гг. Координаты размещения участка: 44.40720 с. ш. – 46.24771 в. д. На поверхности солончака коркового, площадью 4 $м^2$ создавалась прослойка из илисто-песчаных фракций почвы с семенами естественного фитоценоза. Для задержания илисто-песчаного материала использованы неделовой древесный материал (доски, горбыль) выступающие над поверхностью почвы на 0,2 м. Проводились учеты, наблюдения, анализы на микро ключах солончака коркового, находящегося под эоловым слоем, и без него, по горизонтам почвы в динамике. Определяли влажность, наименьшую влагоемкость (НВ), плотность, пористость, химизм и степень засоления, емкость катионного обмена (ЕКО) [1], видовой состав и накопление фитомассы растениями [8].

В течение 8 лет на поверхности солончака коркового сформировался гумусовый горизонт, мощностью 5-7 см и содержащий в пределах 1,06 % гумуса (рис. 2).

Рис. 2. Эолово-аккумулятивный горизонт (светлая прослойка, толщиной 5-7 см, под естественным фитоценозом) солончака реградированного, весна 2019 г.

Солончак корковый превратился в иной вид почвы: солончак маломощный реградированный карбонатный солончаковый слабогумусированный; легкосуглинистая разновидность на среднем суглинке – на супесчаный на том же суглинке; слаборазвитый профиль мелкоземной толщи на морских отложениях (разряд) – на слаборазвитый стратифицированный профиль мелкоземной толщи на морских отложениях. Если исходить из существующих инструкций [6, 7] по диагностике и классификации почв России, такие показатели, свойственны солончаку реградированному.

Сульфатно-хлоридный тип засоления солончака коркового сохраняется и в солончаке реградированном, но степень засоления снижается от очень сильной в слоях 0-5 и 16-15 см до соответственно слабой и средней степени по тем же слоям солончака реградированного. Такие отклонения во многом объясняются динамикой влажности почвы в сравниваемых почвенных профилях (таблица).

Таблица

Профиль солончака коркового (2011 г.) и реградированного (2022 г.) на экспериментальном участке

Горизонт, см	2011 г.	2022 г.
Поверхностные	$AJ_к$ – светло-гумусовый корковый	W_{ael} – светло-гумусовый эолово-аккумулятивный
Срединные	BCAs – аккумулятивно-карбонатный солончаковый	
Почвообразующая порода	Cca – морские отложения, остаточно карбонатная	
Формула профиля	$Ск^к$ [$AJ_к$ – AJ,s – BCA,s – Cca,s]	$Ск^w$ [W_{ael} – AJ,s – BCA,s – Cca,s]
Название почвы	Солончак корковый легкосуглинистый на среднем суглинке	Солончак реградированный супесчаный на легком и среднем суглинке

Наибольшие отклонения во влажности почвы между солончаком корковым и трансформированным наблюдаются в слое 0-20 см. В 2016-2018 гг. ее показатель в первом случае в этом слое составил в среднем 18,9 ± 0,9 % (с колебаниями по годам 22,8-15,7 %), в слое 20-60 см – 15,9 ± 1,1 % (отклонения от 17,4 до 14,4 %), 60-100 см – 16,0 ± 0,8 % (отклонения от 17,4 до 15,6 %). В солончаке реградированном, в самом верхнем из этих слоев она снижалась до 15,8 ± 1,4 % (по годам от 19,1 до 16,2 %), в последующих двух слоях – до 14,7 ± 1,5 и 14,8 ± 1,3 %. Если принять влажность солончака коркового по слоям за 100 %, то в солончаке реградированном в среднем за 2016-2018 гг. она снизилась в слое 0-20 см на 13,7 %, в слоях 20-60 и 60-100 см – на 7,4.

В течение первого же года фитоценоз насчитывал 58 экземпляров растений, в видовом составе которого преобладали полевичка малая (*Eragrostic minor* Host.), мортук восточный (*Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. Et Spach.), бурачок пустынный (*Alussum desertorum* Stapf.), мятлик однолетний (*Poa annua* L.), мятлик луковичный (*Poa bulbosa* L.), костер растопыренный (*Bromus squarrosus* L.), костер кровельный (*Anisantha tectorum* L.).

Список эфемеров, а во втором и последующие годы пополнился петросимонией *(Petrosimonia sp.)*, верблюжьей колючкой обыкновенной *(Alhagi pseudalhagi* (Bieb.) Fisch.*),* дурнишником колючим *(Xanthium spinosum),* полынью таврической *(Artemisia taurica* Willd.*)*. За 11 лет исследований количество растений, проективное покрытие и урожайность воздушно-сухой надземной массы увеличились соответственно в 2,2; 2,8 и 3,4 раза.

Достижение такой продуктивности фитоценозов на илисто-песчаной прослойке, созданном на поверхности солончака коркового, явилось следствием формирования нового горизонта почвы – светло-гумусового эолово-аккумулятивного W_{ael}, мощностью 5-7 ± 0,8 см и содержащим 1,06 % гумуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1962. – 491с.

2. Гасанов, Г. Н. Дефлированные почвы Западного Прикаспия. Потенциал продуктивности и приемы реализации / Г. Н. Гасанов, А. Х. Бекеев, М. А. Арсланов. – СПб.: Лань, 2017. – 260 с.

3. Зволинский, В. П. Разработка и освоение рациональных технологий восстановления природно-ресурсного потенциала, и повышение продуктивности аридных территорий Российской Федерации на 1998-2010 гг. (проект программы) / В. П. Зволинский, З. Ш. Шамсутдинов, Д. М. Хомяков // Повышение продуктивности и охрана аридных ландшафтов: сб. науч. ст. – М.: МГУ, 1999. – 209 с.

4. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева [и др.]. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

5. Полевой определитель почв России; Российская академия с.-х. наук, Г.Н.У. Почвенный институт имени В. В. Докучаева. Общество почвоведов имени В. В. Докучаева. – М., 2008. – 182 с.

6. Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования / М. А. Баламирзоев, Э. М-Р. Мирзоев, А. М. Аджиев [и др.]. – Махачкала, 2008. – 336 с.

7. Титлянова, А. А. Бюджет элементов питания в экосистемах / А. А. Титлянова // Почвоведение. – 2007. – № 12. – С. 1422-1429.

8. Фитомелиорация засоленных почв Западного Прикаспия / Г. Н. Гасанов, М. Р. Мусаев, Г. М. Абдурахманов [и др.]. – М.: Наука, 2004. – 270 с.

УДК635.05:502.65(083.132)(571.513)

НОВЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ ДЛЯ БОРЬБЫ С ДЕФЛЯЦИЕЙ ПОЧВ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ХАКАСИИ

Г. Н. Гордеева, к. б. н.; **Л. П. Кравцова,** к. б. н.
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии»,
с. Зеленое, РФ

Приведены результаты испытаний новых видов растений – лоха серебристого (*Eleagnus argentea* L.) и колосняка енисейского (*Leymus jenisseiensis* (Turcz.) Tzvelev) для борьбы с дефляцией почв в степной зоне Хакасии. Подведены предварительные итоги испытания видов на эрозионно нарушенных почвах Алтайского района Хакасии.

Presents the results of testing new plant species – *Eleagnus argentea* L., *Leymus jenisseiensis* (Turcz.) Tzvelev. to combat soil deflation in the steppe zone of Khakassia. Preliminary results of species testing on erosively disturbed soils of the Altai region of Khakassia have been summed up.

Природные условия Минусинской впадины таят свойства, которые при известных условиях благоприятствуют эрозионным процессам. Древние водотоки отложили обширные поля из пород легкого гранулометрического состава: легких суглинков, супесей и песков, часто подстилаемых галечниками, на которых сформировались почвы, податливые ветровой эрозии. Интенсивному развитию дефляционных процессов способствует также сухость климата, жесткий ветровой режим и почти полное отсутствие снежного покрова [7]. В степных агроландшафтах Хакасии отмечается 9 районов сильного проявления дефляции [8].

Наиболее напряженным состоянием в отношении опустынивания характеризуется пашня, в Хакасии – более 60 %. Средний балл деградации пахотных угодий составляет 75 [6]. Также одной из причин развития процессов эрозии является выпадение в июле – августе ливневых осадков. Последствия проявле-

ния процессов плоскостного смыва и размыва во время сильных ливней, когда склоновый сток покрывает сплошной пеленой поверхность пашни, бывают катастрофическими [1].

Основой эффективной борьбы с опустыниванием является улучшение кормовых угодий и комплексная мелиорация пахотных земель [6], включающая фитомелиорацию, которая подразумевает использование древесных пород растений в комплексе с корневищными многолетними травами, способными удерживать легкие почвы от выдувания.

Опыты по изучению разных видов растений в целях борьбы с дефляцией почв имеют длительную историю и начинаются с середины прошлого века. Изучали разные породы, сроки и способы посадки полезащитных лесных полос в условиях орошения и на богаре [9]. В результате наиболее устойчивыми и долговечными на орошаемых землях с темно-каштановыми и карбонатными почвами оказались тополя и береза бородавчатая. На богарных землях в качестве главных пород необходимо использовать тополь черный и спонтанный гибрид, лиственницу сибирскую и вяз перистоветвистый, из кустарников – карагану древовидную, жимолость татарскую, смородину золотистую [10].

В котловинах выдувания на пастбищах зарекомендовала интродуцированная в 1980-1985 гг. облепиха крушиновая, местный вид – карагана древовидная [3]. Позже для закрепления склонов котловин выдувания рекомендованы новые виды – лох серебристый и чингиль серебристый [4]. По истечению 20 лет, посадки последних двух видов не обнаружены.

Цель работы – вторичное испытание кустарника лоха серебристого (*Eleagnus argentea* L.) и корневищного колосняка енисейского (*Leymus jenisseiensis* (Turcz.) Tzvelev.) для закрепления склонов котловин выдувания.

Методика и условия проведения работы.

Научные опыты закладывали в Алтайском р-не Республики Хакасия на песчаных почвах легкого гранулометрического состава. Климат резко континентальный, абсолютно-максимальная температура за последние 20 лет составляет +33 ºС…–35 ºС. Зима преимущественно малоснежная, суровая. Лето жаркое, сухое. В весенне-летний период отмечается довольно большое количество дней с пыльными ветрами с преобладанием юго-западного направления. Количество осадков достигает 302 мм, основное количество выпадает в летний период [2].

Выдув расположен в окрестностях села Летник, имеет вытянутую форму с востока на запад и с юго-западной стороны обсажен облепихой крушиновой. Размеры выдува – 10192 м.

Растения лоха серебристого высаживались корневыми отпрысками рядами по 10 шт. в трехкратной повторности чуть ниже края котловины, внутри, на склоне северной экспозиции под защитой многолетней облепихи крушиновой. При посадке молодые растения поливались. Опыты закладывались в течение двух лет (2018-2019 гг.). Одновременно высаживали колосняк енисейский стеблевыми черенками с кусочками корневищ колосняка енисейского в количестве 40 штук (4 ряда по 10 штук в каждом).

В институте на основании многолетнего изучения разработаны технологии выращивания лоха серебристого и колосняка енисейского [5]. Установлено, что

основным способом размножения данных видов является вегетативный с помощью корневых отпрысков и стеблевых черенков, которые в условиях питомника активно образуются. Известно, что растения, активно размножающиеся вегетативно, формируют мало или плохого качества семян. Не исключением являются и изучаемые виды, выявлено, что качество семян и само их завязывание напрямую зависит от погодных условий года. У колосняка енисейского грунтовая всхожесть семян варьирует от 9,2 до 56,4 %, у лоха серебристого – от 35,6 до 67,6 %. В засушливые годы семена или не формируются или являются не выполненными.

Посев семенами данных видов на месте выдува результатов не дал. В экологическом плане лох серебристый может выдерживать кратковременную засуху, отзывчив на орошение, в природе произрастает вблизи рек и озер. Колосняк енисейский – псаммофит. Данные растения являются засухо- и зимостойкими. Они имеют разное происхождение: лох серебристый – Северная Америка, колосняк енисейский – аборигенный вид.

После посадки отпрысков лоха серебристого в 2018 г. приживаемость составила 96,3 %. Прирост достигал, в среднем 33,6 см. Стеблевые черенки колосняка енисейского в посадках 2018 г. не прижились.

На следующий год (2019 г.) изучаемые виды вновь высаживались в этом же выдуве, но с другой локацией. Отпрыски лоха серебристого вынесли немного выше по северному склону и подальше из-под влияния облепихи крушиновой. Приживаемость составила 66,6 %, прирост за сезон составил в среднем 3,63 см. При наблюдении за приживаемостью и сохранностью растений лоха серебристого отмечалось, что в посадках 2018 г. у двух растений появились отпрыски.

Колосняк енисейский разместили на западной стороне выдува. Приживаемость составила 57,5 % (23 шт. из 40 высаженных).

В 2023 г. проводили инвентаризацию состояния испытываемых растений (таблица). На пятом году жизни растения разных лет посадки имели различное состояние.

Таблица

Состояние лоха серебристого и колосняка енисейского в выдуве Алтайского района в 2023 г.

Год посадки	Сохранность, %	Высота растений, см	Диаметр куста, см	Кол-во отпрысков, шт.	Высота отпрысков, см	Диаметр побегов, см
Лох серебристый						
2018	50,0	165,0 ± 9,3	0,53 ± 11,6	21	73,7	1,80 ±0,09
2019	73,3	40,6 ± 3,01	0,32 ± 15,9	5	13,3 ± 21,3	0,74 ± 0,01
Колосняк енисейский						
2018	-	-	-	-	-	-
2019	47,8	20,0	5,3	10	62,0	-

Кусты лоха серебристого 2018 г. посадки имели узкую пирамидальную форму кроны. Наблюдались отпрыски разной высоты, которые находились на расстоянии от 25 см до 3,0 м от материнского растения, расположенные в разном направлении. Все материнские растения и некоторые отпрыски вступили в фазы цветения и плодоношения.

В посадках лоха серебристого 2019 г. сохранность растений выше. Особи имели более округлую форму кроны. В высоту они оказались значительно ниже по сравнению с посадками 2018 г. и образовали мало отпрысков (см. таблицу). Цветущими и плодоносящими замечено лишь два растения. Таким образом, в посадках, вынесенных на более открытое место, лох серебристый чувствовал себя более угнетенным, имелись обмерзания.

У колосняка енисейского, высаженного в западной части выдува наблюдались генеративные побеги (от 1 до 2 на одно растение) до 60 см высотой, а также отпрыски со средним диаметром куста – 1,4 см.

В результате проведенных опытов, можно отметить, что разрастание лоха серебристого идет намного медленнее, чем облепихи крушиновой, под защиту которой он был высажен. Ее отпрыски подошли вплотную к посадкам лоха, а некоторые обошли их. Однако, именно под защитой облепихи растения лоха серебристого достигают максимальной высоты (180 см), цветут, плодоносят, образуют отпрыски, т. е. выполняют функцию сдерживания почвы от выдувания. Исследования с колосняком енисейским следует продолжить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артеменок, В. Н. Оценка деградации почв Хакасии в результате развития эрозионных процессов / В. Н. Артеменок // Аграрная наука Хакасии: проблемы, пути их решения, перспективы: сб. науч. тр. – Абакан: ООО «Фирма «Март», 2003. – С. 17-25.

2. Донская, О. Л. Экологическая оценка агроэкосистем юга Средней Сибири / О. Л. Донская, З. Н. Николаева. – Абакан: Изд-во Хакасского государственного университета им Н. Ф. Катанова, 2008. – 176 с.

3. Лиховид, Н. И. Итоги исследований по агролесомелиорации в Хакасии / Н. И. Лиховид // Аграрная наука Хакасии: проблемы, пути их решения, перспективы: сб. науч. тр. – Абакан: ООО «Фирма «Март», 2003. – С. 83-89.

4. Лиховид, Н. И. Итоги полезащитного лесоразведения в Хакасии / Н. И. Лиховид, К. К. Шин, М. А. Мартынова // Тез. докл. науч. конф., посвящ. 100-летию плана В. В. Докучаева по борьбе с засухой и преобразованием степей России (Абакан, 4-6 авг. 1992 г.). – Новосибирск, 1992. – Кн. 2: Секц. засед. – С. 189-191.

5. Новые виды растений для борьбы с опустыниванием: сб. рекомендаций / Сост. Г. Н. Гордеева, Л. П. Кравцова, М. А. Мартынова. – Абакан: Изд-во ФГБОУ ВО «Хак. госуниверситет им. Н. Ф. Катанова», 2021. – 44 с.

6. Савостьянов, В. К. Опустынивание на юге Средней Сибири: развитие, борьба с ним, неотложные задачи / В. К. Савостьянов. Аграрная наука Хакасии: проблемы, пути их решения, перспективы: сб. науч. тр. – Абакан: ООО «Фирма «Март», 2003. – С. 12-16.

7. Савостьянов, В. К. Эрозия почв в Восточной Сибири / В. К. Савостьянов, Н. И. Заборцев. – Красноярск: Кн. изд-во, 1966. – 84 с.

8. Танзыбаев, М. Г. Почвы Хакасии. / М. Г. Танзыбаев. – Новосибирск: Наука. Сиб. изд. фирма, 1993. – С. 239-255.

9. Технологии создания двухрядных полезащитных лесных полос с широким междурядьем и освоения лесомелиорируемой территории в степных районах Хакасии: рекомендации / Сост. В. К. Савостьянов, Н. И. Лиховид. – Абакан, 1995. – 10 с.

10. Технология создания полезащитных лесных полос на богарных и орошаемых землях Хакасской А. О.: рекомендации / Сост. Н. И. Лиховид. – Абакан, 1990. – 18 с.

УДК 631.529:631.445.52

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ ОБОСНОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ПРОЦЕССОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ И ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Э. Б. Дедова, д. с.-х. н.
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова», г. Москва, РФ

Предложена научная концепция обоснования комплекса мелиоративных мероприятий, методов и способов снижения негативного влияния процессов опустынивания и устойчивости агроэкосистем к дезертификации.

The scientific concept of substantiation of a complex of reclamation measures, methods and methods of reducing the negative impact of desertification processes and the resistance of agroecosystems to desertification is proposed.

В настоящее время процесс опустынивания является основной причиной и механизмом потери ресурсов плодородных земель. Он приводит к нарушениям динамического равновесия экосистем, оказывает давление на социально-экономическое развитие общества. Главной причиной развития опустынивания земель является неадаптированная антропогенная деятельность и усиливающаяся аридизация климата на фоне глобального потепления, что приводит к снижению или потере биопродуктивности богарных и орошаемых пахотных земель и пастбищ аридных и семиаридных территорий.

Процесс создания агромелиоландшафтов влечет за собой последствия, при которых создававшиеся годами круговороты веществ в экосистемах терпят глобальные изменения. Поэтому сегодня природные законы и правила, использовавшиеся в мелиоративном земледелии, должны быть соотнесены с общеэкологическими законами. Принятые в мелиоративном земледелии законы (равнозначности и незаменимости факторов жизни растений, минимума, оптимума, максимума, совокупного действия факторов, возврата, убывающего плодородия) определяют взаимодействие факторов жизни растений в процессе создания урожая. Эти законы использовались как общетеоретическая основа формирования агроэкосистем [3, 7-9]. Однако сейчас, когда системы земледелия рассматриваются как инструментарий для конструирования агроландшафтов, оптимизированных в соответствии с требованиями сохранения природы, совокупность экологических законов и правил их построения существенно возрастает.

Создание экологически устойчивой структуры аридных агроландшафтов является в настоящее время первоочередным вопросом в решении проблем смягчения засух, уменьшения эрозии почв, оптимизации продуктивности сельскохозяйственных угодий и улучшения окружающей среды.

Наиболее сильное по интенсивности и обширное по масштабам опустынивание земель наблюдается на территории Черных земель Республики Калмыкия и Кизлярских пастбищ равнинной части Республики Дагестан, а также на сопредельной с Калмыкией части территории Астраханской обл.

Анализ многолетней динамики распределения атмосферных осадков на

территории Республики Калмыкия по пунктам наблюдений (рис. 1), показывает, что в течение года выпадение осадков носит стохастический характер. Так, например, в пустынно-полупустынной зоне по данным метеостанция п. Яшкуль, в период 1920-1970 гг. среднемноголетнее значение атмосферных осадков составляло – 240 мм, с периода 1970-2010 гг. произошло увеличение осадков на 11 мм, за последние десять лет наблюдается уменьшение – на 26 мм.

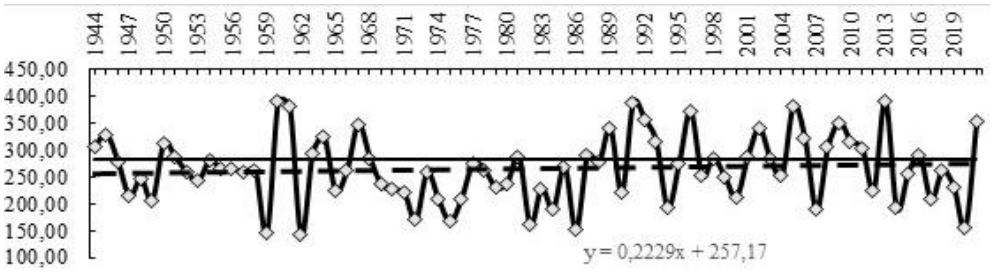


Рис. 1. Динамика распределения атмосферных осадков на территории Республики Калмыкия по метеостанции п. Яшкуль

Испаряемость и коэффициент увлажнения варьируют по природно-климатическим зонам Республики Калмыкия, соответственно от 1120 мм/год и 0,22 (пустынно-полупустынная зона) до 990 мм/год и 0,52 (степная зона). Стохастический характер выпадения осадков на фоне повышения температурного режима приводит к усилению аридизации климата.

Значительная часть природных кормовых угодий страны, обеспечивающих развитие животноводства, приходится на пастбища, расположенные в аридной зоне европейской части РФ. Роль пастбищных угодий в системе кормопроизводства снижается из-за развития деградационных процессов, связанных с дефляцией и водной эрозией почвенного покрова, с интенсивным выпасом скота. Эти процессы определяют физическую деградацию почв и, как следствие, деградацию биологическую, а в совокупности с аридизацией климата в засушливой зоне европейской части страны ведут к снижению продуктивности пастбищных агроэкосистем и опустыниванию земель.

Научные подходы мелиоративного земледелия основываются на принципах, реализация которых позволит определить методику предотвращения процессов деградации пастбищных угодий и их восстановления [1-11]:

- достаточность и надежность информационного обеспечения при планировании и обосновании необходимых мелиоративных мероприятий по реализации природоохранной технологии;

- обеспечение положительного экологического эффекта на всех этапах реализации и в результате применения предлагаемой технологии;

- системное обоснование и создание целостных структурированных пастбищных агроландшафтов с учетом рельефных, климатических, почвенных, организационно-хозяйственных условий для предотвращения процессов деградации земель;

- комплексность планирования и реализации системы мелиоративных технологий на деградированных пастбищных угодьях для достижения устойчивых результатов мероприятий по предотвращению водной и ветровой эрозии, повышению продуктивности почв;

- системный мониторинг для оценки и контроля состояния деградированных пастбищных агроэкосистем, прогнозирования, планирования и управления реализацией технологии проведения комплекса мелиоративных мероприятий по их сохранению и восстановлению;

- применение дистанционных методов зондирования Земли и геоинформационных технологий на всех стадиях обоснования и реализации природоподобных технологий обеспечения экологически устойчивого функционирования пастбищных агроэкосистем;

- проведение профилактических и корректирующих мер для поддержки восстановленных или созданных пастбищных агроэкосистем в процессе их эксплуатации.

Научная концепция комплексных мелиораций отражает взаимозависимость основных составляющих процессов опустынивания сельскохозяйственных угодий (ветровая и водная эрозия почв, их дегумификация, вторичное засоление и пастбищная дигрессия), обусловленных природными и антропогенными факторами, при этом агротехнические приемы, способы и технологии направленны на повышение природно-ресурсного потенциала земель сельскохозяйственного назначения и получение устойчивых урожаев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакинова, Т. И. Оценка интенсивности антропогенного воздействия на сельскохозяйственные угодья / Т. И. Бакинова, Е. А. Зеленская // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. – 2015. – № 7(7). – С. 182-187.

2. Дзыбов, Д. С. Метод агростепей: ускоренное восстановление природной растительности: Методическое пособие / Д. С. Дзыбов. – Саратов: Изд-во «Научная книга», 2001. – 40 с.

3. Кирюшин, В. И. Развитие парадигмы сельскохозяйственного природопользования (к 175-летию В. В. Докучаева) / В. И. Кирюшин // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. – 2021. – Спец. вып. – С. 5-26. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-D-5-26

4. Кониева, Г. Н. Формирование устойчивых естественных агроценозов кормовых культур в Республике Калмыкия/ Г. Н. Кониева, В. И. Иванова // Научная жизнь. – 2023. – Т. 18. – № 1(127). – С. 30-38.

5. Лачко, О. А. Создание и функционирование пастбищных и противоэрозионных экосистем в северо-Западном Прикаспии / О. А. Лачко, Г. О. Суслякова // Научная мысль Кавказа. – 2000. – № 4. – С. 39-45.

6. Манаенков, А. С. Лесомелиорация арен засушливой зоны / А. С. Манаенков. – 2-е изд. перераб. и доп. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. – 428 с.

7. Опустынивание и комплексная мелиорация агроландшафтов засушливой зоны / К. Н. Кулик, Э. Б. Габунщина; И. П. Кружилин [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. – 85 с.

8. Рубанова, Е. В. Экологическая парадигма / Е. В. Рубанова // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 310. – No. 2(a). – С. 205-209.

9. Dedova, E. B. Ecological paradigm for sustainable functioning of reclamation systems in arid territories / E. B. Dedova, A. A. Dedov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciencethis link is disabled. – 2021. – № 867(1). – Pp. 012058. doi:10.1088/1755-1315/867/1/012058

10. Dedova, E. B. Land Degradation of the Republic of Kalmykia: Problems and Reclamation Methods / E. B. Dedova, B. A. Goldvarg, N. L. Tsagan-Mandzhiev // Arid Ecosystems. – 2020. – № 2. – Т. 10. – С. 140-147.

11. Geoecological estimate of grassland use in the desert and semi-desert zone of the Republic of Kalmykia / R. M. Shabanov, A. A. Dedov, V. V. Vershinin [et all.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciencethis link is disabled. – 2021. – № 867(1). – Pp. 012077.

УДК 502.05

ПЕРЕВЫПАС КАК ПРИЧИНА ОПУСТЫНИВАНИЯ АРИДНОЙ ТЕРРИТОРИИ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. В. Дымова, к. пед. н.
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева», г. Астрахань, РФ

Рассмотрено влияние перевыпаса животных на опустынивание территории Астраханской обл. Сделана оценка используемых в регионе способов борьбы с опустыниванием.

Considers the influence of overgrazing of animals on the desertification of the Astrakhan region. The assessment of the methods used in the region to combat desertification is made.

Астраханская обл. расположена на юго-востоке европейской части России, на территории Прикаспийской низменности в нижнем течении реки Волга. По суше область граничит на севере с Волгоградской обл., на западе с Республикой Калмыкия, на востоке с Республикой Казахстан. По Каспийскому морю область граничит с Республикой Азербайджан, Исламской Республикой Иран, Республикой Казахстан и Республикой Туркменистан.

Территория области практически равнинная, почти безлесная, частично лежит ниже уровня Каспийского моря, расположена в зоне пустынь и полупустынь.

Астраханская обл. относится к аридной территории по ряду следующих климатических показателей, которыми являются:

1. Значительные колебания суточных (от 25 до 45 °С) и годовых (от –25 до 45 °С) температур. Лето является самым продолжительным временем года и длится 5 месяцев.

2. Сильные восточные, юго-восточные и северо-восточные ветры, которые определяют высокие температуры, сухость и запыленность воздуха, а зимой холодную и ясную погоду. Дуновение ветров препятствует образованию облаков, результатом чего является выпадение обильных осадков в виде ливней с грозами и иногда с градом в летнее время.

3. Достаточно высокий уровень конденсации влаги в ночное время суток (относительная влажность ночью 89-99 %).

4. Быстрое испарение воды из почвы в дневное время (относительная влажность днем 63-75 %). Сухость воздуха, высокая температура и большое число солнечных дней являются причиной высокой испаряемости, превышающей количество осадков в 6-10 раз.

Эти климатические особенности способствуют разрушению почвенного покрова, образованию волнистого рельефа, всевозможных песчаных дюн и барханов, являясь природной причиной опустынивания территории региона.

Следует отметить, что основной причиной опустынивания в Астраханской обл. является перевыпас скота, поскольку область издавна является животноводческим регионом. Здесь находится самое большое в нашей стране поголовье верблюдов, а также более 1,4 млн овец и коз.

В области изменился характер выпаса животных. В прошлом веке и в начале нулевых годов выпас носил отгонный характер, когда на протяжении одного сезона года нельзя было выпасать скот в одном и том же месте несколько раз. Такой режим выпаса для почвы и растительного покрова был щадящим, поскольку не приводил к чрезмерному вытаптыванию и стравливанию растительности. Такие условия выпаса способствовали сохранению растений, корневая система которых удерживала подвижные пески, способствовала уменьшению вероятности ветровой эрозии почвы.

Однако, гонка за увеличением поголовья, особенно усилившаяся в связи с экономическими санкциями, привела к переходу от отгонного содержания скота к стойловому, когда животные длительное время выпасаются на одном и том же месте, что привело к полному уничтожению растительного покрова и уплотнению почвы.

Особенно разрушительное воздействие на пастбищные угодья региона наносят многочисленные отары овец, что во многом зависит от анатомо-физиологического строения кусательного и жевательного аппаратов этих животных. У овец нет верхних резцов, поэтому они захватывают растения подвижными губами, затем языком придавливают их к межчелюстной зубной пластинке. Дернув головой, овцы отрывают или перекусывают стебли поедаемых трав, стравливая их почти у самой поверхности почвы на высоте около 2 см [1].

Такая особенность поедания приводит к тому, что растения уже не могут восстанавливать свою вегетативную массу, образовать банк семян, закреплять почву корневой системой, что приводит к возникновению совершенно голых мест и увеличению их площади, т.е. опустыниванию.

Кроме того, на ускорение процесса опустынивания негативное влияние оказывают копыта животных, которое заключается, прежде всего, в непосредственном механическом воздействии на надземные органы растений и отчасти на их корневую систему, при этом органы растений повреждаются или полностью разрушаются. Такое воздействие ведет к затормаживанию или полному прекращению роста и развития травмированных растений, нарушению процесса фотосинтеза, выпадению из травостоя, т. е. появлению новых оголенных площадей [2].

Если ранее за состоянием выпасаемых животных в стадах следили пастухи, то теперь труд таких людей не оплачивается, а потому животные выпасаются бесконтрольно, заходя при этом на бахчи с дынями и арбузами, поедая и вытаптывая их, появляясь на трассах и затрудняя движение автомобильного транспорта, поедая на одном месте не только сочные и ценные в кормовом отношении виды растений, но и колючие, жесткие, ядовитые, что снижает качество надоев, оставляя за собой абсолютно оголенные почвы [3].

Признаки полного опустынивания, связанные с перевыпасом животных, характерны для Лиманского, Харабалинского, Енотаевского и Наримановского р-нов Астраханской обл. Кроме того, на территории Наримановского р-на ситу-

ация усугубляется еще и ежегодно проводимыми здесь ралли «Золото Кагана» и «Шелковый путь», на которые съезжаются гонщики не только со всей страны, но из-за рубежа, которые отмечают, что песчаные барханы региона практически не отличаются от аналогичных ландшафтов Дакара на территории Африки. Такие гонки привели к полному разрушению почвенного и растительного покрова бугра Бэра под названием «Большой брат».

Таким образом, природно-климатические и антропогенные условия приводят к опустыниванию территории Астраханской обл., которое происходит катастрофически быстрыми темпами, о чем свидетельствуют начавшиеся еще в мае 2021 г. две мощные пыльные бури, когда огромные массы песка и пыли переносились со скоростью ветра более 20-25 м/с. Такая чрезвычайная ситуация, в которой оказалось население впервые, нанесла огромный экономический ущерб региону – люди оказались без электроэнергии из-за порванных электросетей, без воды из-за того, что МУП г. Астрахани «Астрводоканал» не мог осуществлять поставку воды по этой же причине, были погнуты знаки дорожного движения, вырваны с корнями деревья, разрушены некоторые строительные конструкции, упавшие на автомобили и нанесшие вред здоровью отдельным пешеходам. Население своевременно не смогли предупредить о предстоящих пыльных бурях, которые возникли совершенно внезапно.

Одним из эффективных способов снижения темпов опустынивания аридной территории Астраханской обл. является посадка видов растений, которые адаптированы под довольно жесткие климатические условия региона, а также имеющие мощную корневую систему, уходящую вертикально вглубь для закрепления песчаных массивов. Такими видами растений являются джузгун безлистный, тамарикс многоветвистый, лох серебристый, саксаул черный и другие, которые необходимо высаживать в виде лесополос.

Сотрудники вуза занимаются высаживанием таких видов растений на оголенных местах, образовавшихся в результате перевыпаса скота, в частности, на территории Харабалинского р-на. Однако, такие меры являются малоэффективными из-за отсутствия осадков в виде дождя для того, чтобы саженцы принялись и в дальнейшем разрослись и дали поросль и семена.

Кроме того, в регионе нет комплексной программы борьбы с опустыниванием, имеются лишь отдельные мероприятия, которые, к сожалению, не реализуются в полной мере по самым разным причинам, включая и отсутствие финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дымова, Т. В. Антропогенная трансформация растительности пастбищ дельты Волги под влиянием выпаса: монография / Т. В. Дымова. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2008. – 134 с.

2. Дымова, Т. В. Вытаптывание как один из антропогенных факторов, приводящий к дигрессии растительного покрова дельты реки Волги / Т. В. Дымова // Юг России: экология, развитие. – 2009. – № 2. – С. 36-41.

3. Дымова, Т. В. Деградация растительности пастбищ дельты под влиянием бесконтрольного выпаса животных / Т. В. Дымова // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2006. – № 8(21). – С. 306-309.

УДК 633.11:631.559.2:528.88

НОВЫЙ СПОСОБ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ

А. А. Комаров, д. с.-х. н.; **С. Б. Ирмулатов**
Агрофизический институт, г. Санкт-Петербург, РФ

На основании комплексной работы по внедрению системы точного земледелия в Казахстане был разработан новый способ возделывания растений в условиях засухи. Способ обеспечил рост и развитие корневой системы растений, что позволило им потреблять влагу из более глубоких слоев почвы. Получен патент № 35226 RK, описывающий использование полимерного гидрогеля любого состава, используемого для фиксации активаторов развития корневой системы растений в заданных контрационных градиентах. За счет использования этого способа урожайность растений значительно возросла.

Based on the comprehensive work on the introduction of a precision farming system in Kazakhstan, a new method of growing plants in drought conditions has been developed. The method ensures the growth and development of the root system of plants, which allows them to consume moisture from deeper layers of the soil. Patent No. 35226 of the Republic of Kazakhstan has been obtained, which describes the use of a polymer hydrogel in any composition used to fix activators of the development of the root system of plants at specified concentrations. Thanks to the use of this method, plant productivity has increased significantly.

Известно, что одним из основных лимитирующих факторов, не позволяющим получать высокие урожаи в засушливых условиях Казахстана, является недостаток влаги. Все традиционные способы возделывания растений в условиях Казахстана за последние 30 лет обеспечивали среднюю урожайность пшеницы на уровне 10-15 ц/га, что крайне мало. Поэтому актуальным вопросом является повышение урожайности зерновых до 20-25 ц/га с перспективой роста до 50-70 ц/га. Первоначально это решалось путем привлечения новейших технических разработок. Для этих целей были выделены грандиозные финансовые вложения, на которые были приобретены современные технические средства, в том числе новейшее оборудование для прецизионного внесения удобрений в системе точного земледелия которые, как полагалось, должны бы были поднять урожайность полей на более высокий уровень.

Однако, несмотря на высокую техническую оснащенность и точное внесение удобрений по картам полей, плановая урожайность хоть и возросла, но незначительно и не обеспечила ожидаемого результата. Все дело оказалось в том, что дефицит влагозапаса в почве не позволял реализовать эффективные приемы точного земледелия в условиях засухи. Более того, обеспечение растений сбалансированными элементами питания в верхнем 10-20 см слое почвы позволяло сформировать корневую систему только в пахотном горизонте почвы. После того как растения использовали запас влаги в этом верхнем горизонте, они испытывали его дефицит. При этом растения могли использовать не более 30 кг д. в. азота. Большие дозы азота были не эффективны, что, в совокупности с дефицитом влаги, ограничивало рост урожайности. Таким образом, растения не формировали более глубокую корневую систему, которая бы позволила обеспечивать себя влагой из более глубоких почвенных горизонтов.

Для устранения этого противоречия был разработан способ активации развития корневой системы растений в условиях засухи (Патент № 35226 RK).

Исследования проводили на специализированном опытном полигоне точного земледелия (ТОО НПЦ зернового хозяйства им. А. И. Бараева) в условиях вегетационных сезонов 2019-2021 гг. Основным объектом были высокопродуктивные сорта яровой пшеницы (*Triticum vulgare* L.) местной селекции. Диагностику развития растений по фенофазам проводили на основании нормализованного вегетационного индекса (Normalized difference vegetation index, NDVI), а конечный результат оценивали по электронным картам урожайности. Управляющие приемы точного земледелия были реализованы посредством дифференцированного применения основных удобрений двумя способами – при припосевном внесении удобрений в рядки одновременно с посевом семян с использованием комплекса Bourgault («Bourgault Industries Ltd.», Канада) и поверхностным методом с помощью распределителя твердых сыпучих удобрений Amazone ZA-M («AMAZONEN-WERKE H. Dreyer GmbH & Co. KG», Германия). Оба эти комплекса были оснащены управляющей бортовой электроникой и GPS-приемниками, что позволяло контролировать внесение удобрений с заданной точностью. В экспериментах применяли полимерные удобрения Витанолл-NP (1 л/га) и Витанолл-микро (1 л/га) (ООО «Агромаркет-24», Россия) и гуминовое Стимулайф (0,3 л/га) (ООО «Агрофизпродукт», Россия), фитогормоны – гетероауксин (ТУ 2387-018-32997408-14(04) и полимерный наполнитель гидрогель [1]. Агрохимическая характеристика опытных полей: pH 8,1-8,5 (ГОСТ 26423-85); Гумус 3,1-4,5 % (ГОСТ 26213-91), $N\text{-}NO_3$ 2,9-5,2 мг/кг (ГОСТ 26951-86); K_2O 580-823 мг/кг (ГОСТ 26205-91); P_2O_5 18-27,5 мг/кг (ГОСТ 26205-91). Статистическую оценку полученных данных производили с использованием пакета прикладных программ Stat и Microsoft Excel 2010 и программного обеспечения AGROS-1 (версия 2.09-2.11/1993-2009).

На основании проведенных исследований было установлено, что только одна агрохимическая неоднородность поля лишь частично нивелировалась дифференцированным внесением элементов питания. В засушливых условиях Казахстана установлено доминирующее влияние на продуктивность яровой пшеницы параметров почвенного плодородия, связанных с запасом и распределением почвенной влаги – почвенно-ландшафтно-гидрологических условий [2]. По изменению агроландшафтных условий, которые определяются уклоном местности, удалось оценить распределение водотоков, характеризующих запас продуктивной влаги в той или иной части поля. На основании данных ДЗЗ и сопряженных наземных измерений предложен алгоритм перехода от констатации полученных данных к оперативному управлению биопродукционным процессом растений [2]. При этом, чем более детализирован был анализ данных, тем выше оказывалась результативность. На основании анализа спутниковых снимков была выявлена тесная корреляционная связь между урожайностью и NDVI: коэффициент корреляции по трансекте склона составлял r = 0,64-0,99, поперек поля – r = 0,62-0,98.

В результате проведенных исследований была оформлена заявка и получен патент (Патент № 35226 RK), описывающий способ активации развития

корневой системы растений в условиях засухи. Данное изобретение относится к сельскому хозяйству и может быть использовано в растениеводстве для активации развития корневой системы различных растений в условиях засухи. Способ включает использование полимерного гидрогеля любого состава, обладающего влагонабухающий способностью с высокими показателями влагопоглощения, используемого для фиксации активаторов развития корневой системы растений в заданных контрационных градиентах. В отличие от всех ранее предлагаемых способов его использования в качестве влагонабухающего почвенного кондиционера, предлагается новый способ его применения как средства, способного зафиксировать физиологически активное вещество в заданной концентрации, обеспечивающей интенсификацию роста не общей биомассы растений, а стимуляцию роста и развития корневой системы растений.

Рис. 1. Развитие корневой системы растений после обработки их активаторами

Иллюстрация стимуляции роста и развития корневой системы растений представлена на рис. 1. Видно, что обработка растений активаторами развития корневой системы обеспечивает формирование более мощной и, главное, более глубокой корневой системы. Что и обеспечивало развитие растений на этих вариантах за счет потребления влаги из более глубоких почвенных горизонтов.

Пример эффективного действия активатора ауксинового типа иллюстрируется на рис. 2.

На рис. 3. представлен другой пример, описывающий использование ФАВ гуминового типа (Стимулайф) в качестве средства повышения урожайности растений за счет активации развития корневой системы пшеницы.

Получена значительная прибавка урожая как за счет дифференцированного внесения минеральных удобрений (9,5-19,2 %), так и благодаря своевременным некорневым подкормкам (на 15-22,3 %). В целом данные экспериментальных исследований свидетельствуют о перспективности применения ТЗ в управлении продукционным процессом яровой пшеницы в условиях Северного Казахстана.

Впервые в мировой практике агропроизводства установлены особенности действия полимерного гидрогеля, используемого не в качестве водосорбента, а в качестве средства фиксации заданных концентраций активаторов ростовых процессов растений. При этом строго заданная концентрация активатора позволяет стимулировать развитие не общей биомассы, а именно корневой системы растений. Это, в свою очередь, обеспечивает лучшее укоренение растений на начальных фазах роста, что позволяет их корням использовать почвенную влагу из более глубоких горизонтов почвы. Последнее дает возможность растениям лучше перенести засуху и сформировать более высокий урожай.

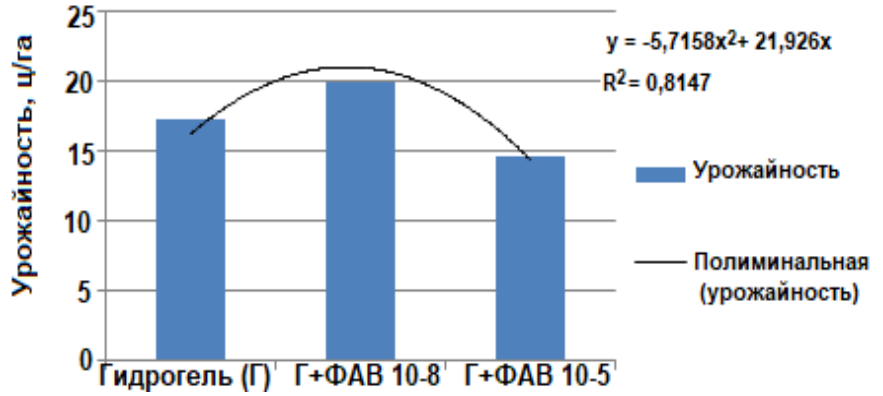


Рис. 2. Влияние различных концентраций активатора ИУК на урожайность пшеницы

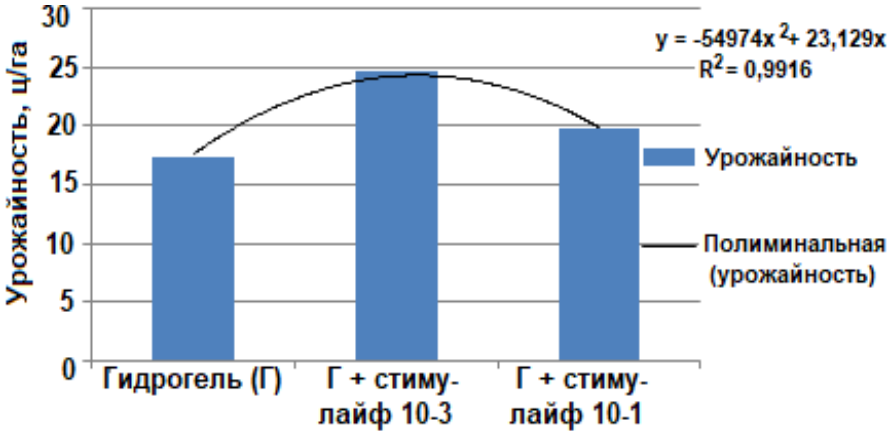


Рис. 3. Влияние различных концентраций активатора «Стимулайф» на урожайность пшеницы

На основании проведенных исследований в условиях Казахстана разработан новый способ возделывания растений в условиях засухи. Способ активации развития корневой системы растений в условиях засухи, включающий использование полимерных гидрогелей любого состава, обладающих влагонабухающей способностью с высокими показателями влагопоглощения с добавкой к нему физиологически активных веществ, удобрений и иных активаторов роста и развития растений, отличается тем, что перед посевом семена замачивают в растворах активаторов роста и развития корневой системы растений в строго заданных концентрациях, затем эти активаторы фиксируют в полимерной матрице гидрогеля. Подготовленные таким образом семена высевают в почву по обычной технологии с помощью использования типовых сеялок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилова, Т. Н. Полимерные гели для управления водообеспеченностью пшеницы (*Triticum aestivum*.) в разных экологических условиях / Т. Н. Данилова, Л. К. Табынбаева // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 1. – С. 76-83. – DOI 10.15389/ agrobiology.2019.1.76rus

2. О перспективах прецизионного управления продуктивностью пшеницы в условиях Северного Казахстана / Б. Р. Ирмулатов, К. К. Абдуллаев, А. А. Комаров [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 1. – С. 92-102. – DOI10.15389/ agrobiology.2021.1.92rus

УДК 551.577.37

ДИНАМИКА УСЛОВИЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ*

А. М. Пугачёва, к. с-х. н.; **А. И. Беляев,** д. с-х. н.; **А. Н. Кузенко; К. Ю. Трубакова**

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН», г. Волгоград, РФ

Впервые проанализированы изменения влагообеспеченности локальных климатов по почвенно-климатическим зонам Волгоградской обл. (ЮФО РФ) на уровне районов, административно-территориальных единиц второго уровня в Российской Федерации. Исследования длительных временных рядов (99 лет) проводились по 16 метеостанциям. В результате выявлены характерные особенности климатических изменений в части поступления осадков.

The authors analyzed changes in the moisture availability of local climates in the soil-climatic zones of the Volgograd region (Southern Federal District of the Russian Federation) by administrative-territorial units of the second level in Russia. The studies of long time series (99 years) were conducted at 16 weather stations. As a result, the characteristic features of climatic changes in terms of precipitation have been identified.

Признанная Межправительственной группой экспертов по изменению климата климатическая изменчивость свидетельствует об одновременном росте температуры воздуха и увеличению влагосодержания атмосферы [3]. В России проводятся исследования по анализу климатических изменений на уровне регионов [9]. Впервые получены достоверные различия в изменениях климата локальных территорий по опасным природным явлениям: засухам и засушливостям, которые указывают на необходимость углубленного изучения этих изменений на локальном уровне [10].

По прогнозам ряда исследователей, повышение температуры воздуха в условиях глобального потепления приведет как к увеличению пространственного масштаба засух, так и к изменению функций распределения засух разной продолжительности. Shkolnik I. M. и др. спрогнозировали сдвиг кратковременных засух от южной границы на север (длительность 5-10 дней в месяц) [15]. В течение ближайших 100 лет для регионов России, где конец XX в. характеризовался кратковременными засухами, ожидается переход в градацию продолжительных засух (> 20 дней в месяц). Их территория к середине XXI в. увеличится в 1,3-1,5 раза, к концу XXI в. – более чем в 2,5 раза по сравнению с концом XX в. Региональные изменения климата засушливых территорий имеют не только характерные индивидуальные особенности, но также подчиняются закономерностям глобальных климатических изменений [1, 5]. Особенный интерес для научных исследований представляют регионы, территория которых подразделяется на несколько природно-климатических зон. В этих регионах на при-

*Работа выполнена в рамках Государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН регистрационный № 122020100311-3 «Теоретические основы функционирования и природно-антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природно-географических зонах, закономерности и прогноз их деградации и опустынивания на основе геоинформационных технологий, аэрокосмических методов и математико-картографического моделирования в современных условиях».

мере Волгоградской обл. авторами выявлено наличие разнонаправленных тенденций изменений климата локальных территорий.

Исследования таких территорий должны в обязательном порядке включать не только изучение изменений по зонам, но и проводиться в разрезе подзон для представления объективной информации происходящих процессов, как в части изменения климата, так и его влияния на окружающую среду. Осреднение значений в пределах региона несет сглаживание характеристик региональных изменений, что представляет неполную картину происходящих процессов [6, 11, 12].

Изучением вопросов изменения климата занимается широкая аудитория ученых из разных стран. De Luca с соавторами, проанализировав модели глобальных влажных и засушливых изменений климата за период 1950-2014 гг., утверждает, что частота экстремально влажных метеорологических условий в США, северной и южной частях Южной Америки, Северной Европе, северной части Африки и большей части Австралии преобладает над экстремальными засушливыми [14]. Данными исследователями сделан вывод, что экстремальные засухи более заметны в Центральной Азии, России, Южной Азии, Южной Африке. В то же время в исследованиях McCabe G. J. и Wolock, D. M. за период 1901-2009 гг. не подтверждается тенденция засух в глобальном масштабе [13].

Глобальные климатические модели с трендами интенсивности экстремальных жарких явлений и осадков за период 1960-2010 гг. [2] говорят об общем увеличении более чем на 10 % количества экстремальных осадков по всему миру. Данные исследователи заявляют, что не следует ожидать в моделях пространственного характера усиления экстремальных значений температуры и осадков, поскольку внутренняя изменчивость может скрывать или усиливать локальные тренды на протяжении многих десятилетий.

Цель исследования: изучение динамики изменений поступающих осадков за длительный период (99 лет) на локальных объектах (уровень областных районов с учетом почвенно-климатических зон Волгоградской обл.), определение специфики изменений и их значимость.

В задачи исследований входило изучение динамики климатических изменений по части поступления количества осадков с учетом их достоверности, а также определение характерных особенностей их распределения и направленности на уровне отдельных районов.

Анализ массива данных по влагообеспеченности за 99 лет (1923-2021 гг.) в научных исследованиях, а также их расчетные значения по 16-ти метеопостам основывался на доступности данных [2, 8]. Наряду с использованием имеющихся в свободном доступе данных климатического архива ВНИИГМИ-МДЦ (система накопления данных в формате архивного хранения), в работе применялись расчетные методы [2, 7].

Изучение влияния фактора зональности на динамику количества поступающих осадков не позволяет сделать вывод о синхронных направленных изменениях в границах зон. При общей положительной достоверной динамике изменений (Михайловка, Даниловка, Елань, Фролово, Серафимович, Ольховка, Иловля и Камышин) выявлены отрицательные тенденции. Объект Котельниково свидетельствует о снижении количества осадков и подтверждает научную гипотезу об индивидуальных особенностях локальных климатов на уровне районов.

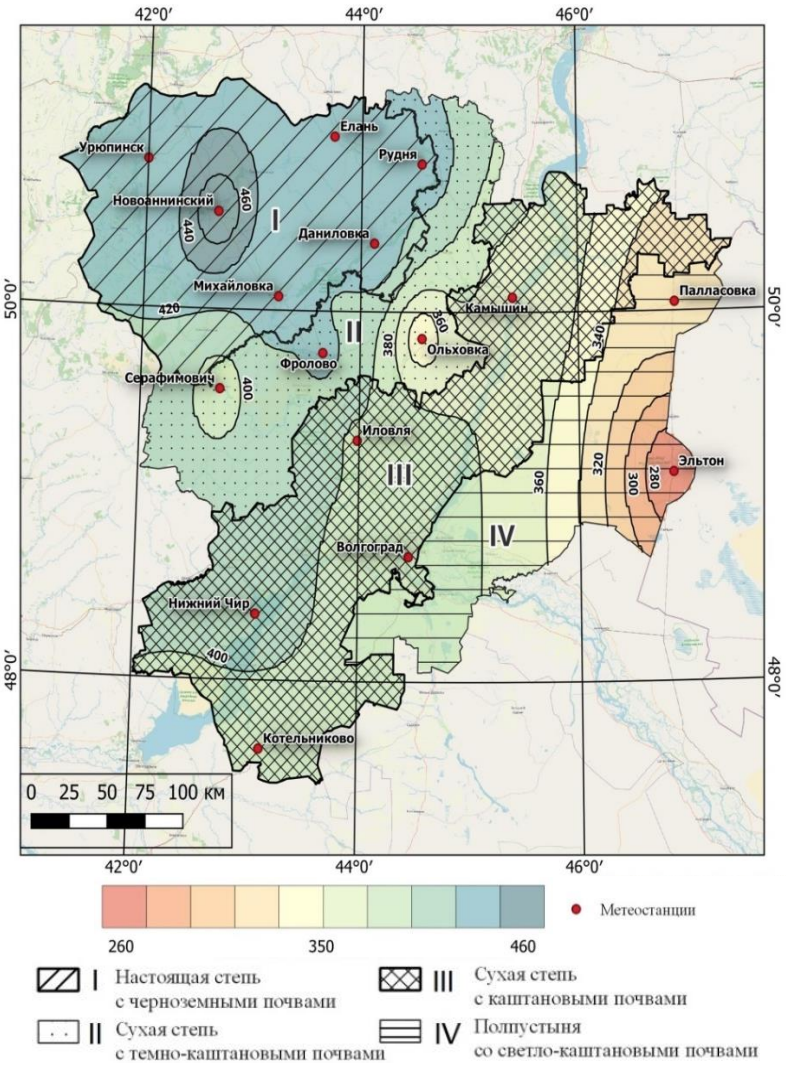


Рис. 1. Средние значения влагообеспеченности по зонам на территории Волгоградской обл. за период 1923-2021 гг.

Представленный спектр разнонаправленных климатических изменений по влагообеспеченности на локальных объектах доказывает наличие индивидуальных особенностей изменений климата. Полученные результаты свидетельствует о необходимости углубленного изучения изменений климата на объектах начального уровня территориального деления (административные районы) (рис. 1).

В Российской Федерации исследования локальных климатов возможны в связи с наличием в районах действующих зарегистрированных метеостанций Росгидромета, которые дают возможность проводить систематический анализ имеющихся в свободном доступе метеорологических данных.

Проведенный за длительный период анализ средних значений поступивших осадков подтвердил наличие зональных особенностей при сохранении закономерных различий в снижении сумм осадков с севера на юг, от 460 мм в настоящей степи до 280 мм в полупустыне (см. рис. 1).

Проведенный анализ методом экспоненциального сглаживания доказывает наличие зональных отличий в изменениях климата в части поступления осадков, характеризуя индивидуальные особенности (рис. 2).

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости выявления особенностей изучения климатических изменений уровня локальных объектов с целью продуктивного функционирования сельскохозяйственной отрасли, как в части производства продукции растениеводства, так и животноводства по направлению продуктивности пастбищных систем. В связи с тенденцией международного уровня проведения мероприятий, направленных на адаптацию к изменениям климата, возникает необходимость перестройки и трансформации имеющихся в регионе систем земледелия (сухая, адаптивно-ландшафтная и другие) в системы нового поколения, в такие как, например, климатически-адаптированные системы.

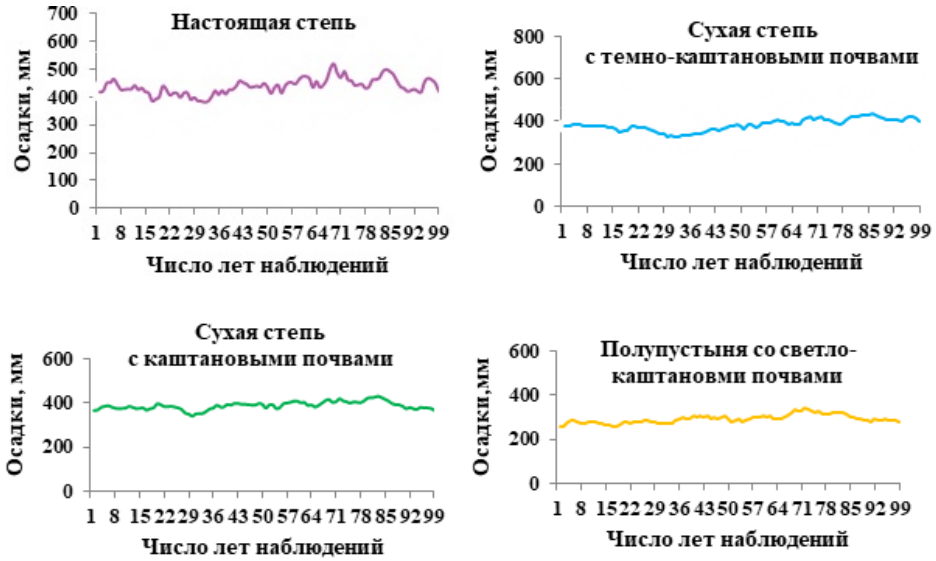


Рис. 2. Экспоненты динамики влагообеспеченности за 99-летний период в зависимости от почвенно-климатических зон Волгоградской обл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Береснева, И. А. Климаты аридной зоны. Биологические ресурсы и природные условия Монголии / И. А. Береснева // Труды совместной Российско-монгольской компл. биологической экспедиции. – М: Наука, 2006. – Т. 46. – С. 287.

2. Веселов, В. М. Специализированные массивы для климатических исследований Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации / В. М. Веселов, В. М. Прибыльская, И. Р. Прибыльская [и др.]. – World Data Center (2000) Официальный сайт, 09.06.2023 http://aisori-m.meteo.ru/waisori/

3. Гулев, С. К. Глобальное потепление продолжается / С. К. Гулев, В. М. Катцов, О. Н. Соломина // Вестник Российской академии наук. – 2008. – Т. 78, № 1. – С. 20-27. – EDN IBXBXN.

4. Золотокрылин, А. Н. Аридизация засушливых земель европейской части России и связь с засухами / А. Н. Золотокрылин, Е. А. Черенкова, Т. Б. Титкова // Известия РАН. Серия Географическая. – 2020а. – Т. 84. – № 2. – С. 207-217.

5. Золотокрылин, А. Н. Характеристики весенне-летних засух в сухие и влажные периоды на юге европейской России / А. Н. Золотокрылин, Е. А. Черенкова, Т. Б. Титкова // Аридные экосистемы. – 2020б. – Т. 26. – № 4(85). – С. 76-83.

6. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)» / Под ред. Р. С.-Х. Эдельгериева. – М.: Изд-во МБА, 2021. – Т. 3. – 700 с.

7. Патент RU № 2021622059. Влагообеспеченность сухих степей Волгоградской области. Ред. А. М. Пугачёва, А. И. Беляев, К. Ю. Трубакова, О. Д. Ромадина. 2021, заяв. 22.09.2021; опуб. 01.10.2021, бюлл. № 10.

8. Погода и климат. Справочно-информационный портал. 2004 [Электронный ресурс http://www.pogodaiklimat.ru/forecast.php?id=ru&region=34 (дата обращения 09.06.2023)].

9. Пугачёва, А. М. Климатические флуктуации сухих степей и их роль в процессе демутации / А. М. Пугачёва // Аридные экосистемы. – 2020. – Т. 26. – № 3(84). – С. 14-22.

10. Пугачёва, А. М. Региональные изменения климата в сухих степях и их связь с засухами / А. М. Пугачёва, А. И. Беляев, К. Ю. Трубакова [и др.] // Аридные экосистемы. – 2022. – Т. 28. – № 4(93). – С. 22-36.

11. Changes in the spatiotemporal patterns of dry/wet abrupt alternation frequency, duration, and severity in Mainland China / Yu Qiao, Wei Xu, Dong Wu [et al.] // Science of The Total Environment, 1980-2019. – 2022. – Vol. 838. – Part 3. – pp. 156521. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156521.

12. Concurrent wet and dry hydrological extremes at the global scale Earth Syst / P. De Luca, G. Messori, R.L. Wilby [et al.] // Dyn. – 2020. – № 11. – pp. 251-266.

13. Fischer, E. M. Detection of spatially aggregated changes in temperature and precipitation extremes Geophys / E. M. Fischer, R. Knutti // Res. Lett. – 2014. – № 41(2). – pp. 547-554. – 10.1002/2013GL058499

14. McCabe, G. J. Variability and trends in global drought / G. J. McCabe, D. M. Wolock // Earth Space Sci. – 2015. – № 2. – pp. 223-228.

15. Modeling Evolution of Drought Conditions in the 21st Century to Substantiate Measures for Adaption of Russian Agriculture to Climate Impacts / I. M. Shkolnik, E. D. Nadyozhina, A. V. Sternzat [et al.] // Russ. Meteorol. Hydrol. – 2022. – № 47. – pp. 394-404. – https://doi.org/ 10.3103/ S1068373922050089

УДК 630.181.351

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ДИНАМИКУ ОПУСТЫНИВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ТЕРСКО-КУМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

В. А. Романов

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Одним из факторов влияющие динамики опустынивания является антропогенная нагрузка, в частности сельское хозяйство. Увеличение поголовья скота, негативно сказывается на состояние почвенного покрова, приводит к увеличению зоны деградации земли. Для выявления площадей опустынивания использовался метод дистанционного зондирования земли.

One of the factors influencing the dynamics of desertification is anthropogenic pressure, in particular agriculture. An increase in the number of livestock, negatively affects the state of the soil cover, leads to an increase in the zone of land degradation. The method of remote sensing of the earth was used to identify areas of desertification.

Опустынивание территории является одной из важнейших проблем экологии, которая возникает в результате неадекватного использования пастбищных угодий. Одним из основных факторов, способствующих опустыниванию, является животноводческая деятельность. Выпас скота может привести к потере плодородия почвы, так как животные поедают растения и повреждают корни, что делает почву уязвимой к эрозии и снижает ее способность сохранять влагу и питательные вещества. [2] Истощение почвы — это процесс, при котором уровень плодородия почвы снижается из-за неправильного использования ресурсов или истощения питательных веществ [4].

Процесс опустынивания обусловлен множествами факторами такими как климатическими, прежде всего уровень солнечной радиации и количество осадков, биологическими, преобладающей растительности на территории, почвенными и антропогенными. [3]

Целью исследования являлась выявить динамику антропогенной нагрузки на территорию Терско-Кумской низменности и установить степень корреляции с изменением площади опустынивания.

Районом исследования является Терско-Кумская низменность. Она расположена в междуречье рек Терека и Кумы. Площадь района около 10 тыс. км^2 [5].

Для достижения цели исследования, был использован метод дистанционного зондирования Земли с применением спутниковых снимков Landsat за период с 2013 по 2023 гг. На основе снимков были выделены площади опустынивания на территории Терско-Кумской низменности. Данные по опустыниванию приведены в таблице.

Таблица

Данные по площади опустынивание

Показатель	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Площадь опустынивания, км	6957	7502	11899	9335	8215	8229	6127	9708	6203

Геоинформационный анализ района исследование показал незначительное уменьшение площади опустынивания.

Для определения антропогенной нагрузки были использованы статистические данные и подсчет количества животноводческих точек. Согласно данным статистики, количество скота в Дагестане снизилось в период с 2010 по 2020 гг. Если в 2010 г. в регионе было зарегистрировано около 0,9 млн голов мелкого рогатого скота, то к 2020 г. эти цифры составили примерно около 0,7 млн голов мелкого рогатого скота.

В результате исследования было обнаружено, что с изменением интенсивности животноводческой деятельности наблюдается корреляция с площадью опустынивания на территории. Это свидетельствует о негативном влиянии антропогенной нагрузки, вызванной сельским хозяйством, на состояние почвенного покрова.

Таким образом, результаты исследования подтверждают гипотезу о взаимосвязи между антропогенной нагрузкой и изменением площади опустынивания на территории Терско-Кумской низменности. Данные результаты могут быть использованы для разработки мер по сокращению антропогенного воздействия на данную территорию и предотвращения дальнейшего распространения опустынивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бананова, В. А. Процессы опустынивания растительного покрова Северо-западного Прикаспия и пути его восстановления / В. А. Бананова, В. Г. Лазарева, В. С-Г. Менкеев // Вестник ИКИАТ. – 2019. – № 1(38). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/protsessy-opustynivaniya-rastitelnogo-pokrova-severo-zapadnogo-prikaspiya-i-puti-ego-vosstanovleniya (дата обращения: 25.08.2023).

2. Лазарева, В. Г. Динамика современной растительности при пастбищном использовании в Северо-Западном Прикаспии / В. Г. Лазарева, В. А. Бананова, Ван Зунг Нгуен // Аридные экосистемы. – 2020. – № 4(85). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-sovremennoy-rastitelnosti-pri-pastbischnom-ispolzovanii-v-severo-zapadnom-prikaspii (дата обращения: 25.08.2023).

3. Назаров, Х. Т. Способы предотвращения опустынивания пастбищ и обеспечения экологической устойчивости / Х. Т. Назаров, У. А. Рустамов, Ш. Г. Каршибоева // Экономика и со-

циум. – 2021. – № 6-2(85). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-predotvrascheniya-opustynivaniya-pastbisch-i-obespecheniya-ekologicheskoy-ustoychivosti (дата обращения: 25.08.2023).

4. Насиев, Б. Н., Беккалиев А. К. Изменение показателей почвенного покрова пастбищ под влиянием выпаса / Б. Н. Насиев, А. К. Беккалиев // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-pokazateley-pochvennogo-pokrova-pastbisch-pod-vliyaniem-vypasa (дата обращения: 25.08.2023).

5. Пайзулаева, Р. М. О закономерностях формирования почвенного разнообразия Терско-Кумской низменности / Р. М. Пайзулаева, З. Д. Бийболатова, П. А. Батырмурзаева [и др.] // Юг России: экология, развитие. – 2009. – № 3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/o-zakonomernostyah-formirovaniya-pochvennogo-raznoobraziya-tersko-kumskoy-nizmennosti (дата обращения: 25.08.2023).

УДК 551.435.749: 551.556.1: 551.588.3:

ПРОБЛЕМЫ ПРОЦЕССА ОПУСТЫНИВАНИЯ В КАЛМЫКИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

М. М. Сангаджиев, к. г.-м. н.; **Ю. Г. Мангаева,** магистрант;
В. В. Мичуринова, магистрант
ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова»,
г. Элиста, РФ

Республика Калмыкии территориально находится в восточной части Европы, в Российской Федерации. За счет воздействия человека на территории республики появились пустыни, которые занимают разные по размеру площади, например в п. Годжур пустыня небольшая, а на территории Черноземельского р-на она во много раз больше. *Цель* работы в рассмотрение современных проблем возникающие с образованием пустынных территорий. Для этого *использованы* результаты экспедиций, проведенные в районы опустынивания. *Гипотезой* принята система равновесий в природе. Полученные данные позволят студентам, магистрам использовать для выпускных квалификационных и курсовых работ.

The Republic of Kalmykia is territorially located in the eastern part of Europe, in the Russian Federation. Due to human impact, deserts appeared on the territory of the republics. She, the desert, occupies different territories in terms of area, for example, in the village of Gojur the desert is not large. And on the territory of the Chernozemelsky district, it is many times more. The purpose of the work is to consider modern problems arising with the formation of desert territories. For this, the results of expeditions carried out in desertification areas were used. The system of equilibria in nature is accepted as a hypothesis. The data obtained will allow students, masters to use for final qualifying and term papers.

В Калмыкии за счет интенсивного ведения скотоводства, использования тяжеловесных автомобилей в нефтегазовой отрасли стали появляться разрушения на почве. Особенно это касается Черноземельского района, так как тут разведано много месторождений на углеводородное сырье.

Почвенный слой на разных территориях республики колеблется от 10-15 см до 25-30 см. Большая часть из них приходится на западные и северные районы Калмыкии. Кроме этого пустыни наблюдаются в Яшкулском, Юстинском р-нах Республике Калмыкия. Есть небольшие территории в Малодербетовском и Сарпинском р-не.

Цель работы – рассмотрение современного состояния процесса опустынивания на этапе развития общества в Калмыкии. Использован материал, собранный авторами в период проведения экспедиций в районах опустынивания [1, 2], литературный материал по вопросу исследования и Интернет ресурсы.

Авторами издана монография по географии, геологии республики, где представлена история образования территории Прикаспия, Калмыкии в историческом ракурсе [3]. Описан материал по пустыне Калмыкии, история ее образования [4].

В открытом доступе выставлено видео и фото материалов по проведенным экскурсиям (на сайте youtube.com) [2, 5-7]. Эти материалы предназначены для школьников и студентов в выполнении научных исследований.

Рекреационный тип туризма использует данные по пустыням, их образованию, выставленные в открытом доступе [5-7].

В период проведения экспедиций нами был обследован Черноземельский р-н, так как он имеет наибольшую площадь по опустыниванию в республике (фото 1). В этом районе мы наблюдаем систему начального образования пустыни. На фото 2 показан момент отбора проб почвы и растительного слоя студентами в период экспедиции. Фотографический материал представлен из архива М. М. Сангаджиева.

Фото 1. Образование пустынных гряд

Фото 2. Отбор проб грунта и растительного слоя

В пустынях в период нечастых дождей, таяния снегов, а часто и после разлива воды из скважин в период бурения и добычи образуются озера. В основном они сильно минерализированы, до 10-15 мг/л, фото 3. После высыхания на дне образуются пленки соли, до 10 см и более. Эту соль используют для животных. Озера сами очень красивы. На фотографии показано Розовое соленое озеро не далеко от поселка Адык в Черноземельском р-не.

О Розовом озере написано много, особенно много информации в Интернет-ресурсах. Мы только скажем – воды тут почти нет, редки лужи. Недалеко расположена скважина, иногда вода из нее попадает в озеро.

Процесс опустынивания не стоит на одном месте. В монографии «Пустыни Калмыкии» и ранее в работах мы давали прогноз: если не остановить процесс опустынивания уже через 100 лет пустыня достигнет Ергенинских высот. Образуется Калмыцкий вариант Сахельского пояса (Африка).

Если в советские времена проводилась централизовано посадка кустарников и другого растительного слоя, то на данное время этого нет.

Барханы в пустыне достигают высоты до 50-90 м и двигаются со скоростью до 5 м в год (фото 4).

Фото 3. Розовое озеро

Фото 4. Вот она пустыня

Ветра, дующие круглогодично со скоростью до 30 м/с, сопровождаемые мелкодисперсной пылью, достигают западной части республики. Также эта пыль достигает соседних районов. Как вы знаете, пыль, которая подымается с пустыни Гоби, в течение нескольких дней достигает Францию и другие европейские города. На самой крупинке пыли (это кварц, Si_2O_3) собирается много микробов, что приводит в свою очередь к распространению вирусных заболеваний.

Все эти факты в работе мы констатируем, часть из них изданы в статьях и монографиях.

О пустыне, кажется, все знают. Часто информацию можно услышать на телевидении или в других средствах массовой информации.

Та пустыня, которая образовалась в середине прошлого века, пустыня, образованная человеком. Его прямое или косвенное влияние оставило свой след на территории Прикаспия и Калмыкии. В частности, пустыня влияет на здоровье флоры и фауны. Пища и вода, которую употребляет человек или животное, уже в себе несет следы пустыни.

Из всего сказанного можно сделать основной вывод – все меры должны быть нацелены на бережное отношение к природе, посадку зеленых насаждений для закрепления песков, поиск новых водных ресурсов в пустыни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горяева, Г. С. Использование рекреационного экстремального туристического маршрута для изучения факторов опустынивания на примере Республика Калмыкия с использованием ГИС технологии ARC VIEW GIS / Г. С. Горяева, М. М. Сангаджиев // Эколого-экономический потенциал экосистем Северо-Кавказского Федерального округа, причины современного состояния и вероятные пути устойчивого развития социоприродного комплекса: материалы Всерос. форума с Международ. участием, посвящ. 75-летию со дня рождения первого Президента Республики Дагестан Муху Гимбатовича Алиева. 24-27 сент. 2015 г. – Махачкала: Типография ИПЭ РД «Эко-пресс» 2015. – 406 с. – С. 156-159.

2. Результаты экспедиционных маршрутов, проведенных в южных районах Республики Калмыкии: проблемы водоснабжения и опустынивания / М. М. Сангаджиев, Т. В. Манджиева, Г. Е. Битяева [и др.]; сост. Т. В. Дымова // Экология России: на пути к инновациям: межвуз. сб. науч. тр. – Астрахань, 2020. – С. 68-76.

3. Сангаджиев, М. М. География, геология Калмыкии: история и современность: монография / М. М. Сангаджиев; Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова. – Санкт-Петербург: Сциента, 2023. – 170 с.

4. Сангаджиев, М. М. Пустыни Калмыкии: монография / М. М. Сангаджиев; Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова. – СПб: Сциентиа, 2022. – 108 с. ISBN 978-5-6045762-7-4

5. Черноземельский район. – Адык. https://youtu.be/88d6hnIUpBY (24.11.2022)

6. Экспедиция в Черноземельский район. – п. Адык, 2017. – Лето. – https://youtu.be/O_HbiROOpEM (03.11.2022).

7. 2-я Экспедиция в Черноземельский район. – п. Адык, 2017. – Ч. 2. – https://youtu.be/RmarvT19rVA (03.11.2022).

УДК 630*232.22

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯХ И ЗОНАЛЬНЫХ ТРАВЯНИСТЫХ СООБЩЕСТВАХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

К. С. Сушко[1], к. геогр. н.; **Ю. А. Ребриев**[1, 2], к. б. н.

[1]*ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН»,* г. Ростов-на-Дону, РФ

[2]*ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС»,* ст. Вёшенская, РФ

Представлены оригинальные данные по содержанию гумуса в почвах лесонасаждений и зональных травянистых сообществ Республики Калмыкия. Показано, что эти показатели для сравниваемых типов сообществ очень похожи. Сделан вывод об отсутствии процессов накопления гумуса в почвах лесонасаждений.

Presents original data on humus content in soils of forest plantations and zonal grasses communities of the Republic of Kalmykia. It is shown that these indicators for the compared types of communities are very similar. It is concluded that there are no humus accumulation processes in the soils of forest plantations.

В условиях роста концентрации CO_2 в атмосфере более ценными для снижения парниковых газов считаются биогеоценозы, способные взять углекислого газа больше и дольше удерживать в себе углерод [3]. Такими сообществами иногда априори принимаются лесные биогеоценозы и лесоаграрные ландшафты, депонирующие углерод в древесине, лесной подстилке и т. п. В то же время искусственные насаждения в острозасушливых условиях крайнего юго-востока европейской России не являются самоподдерживающимися системами. Их сроки службы довольно короткие, что определяет высокую себестоимость и трудоемкость искусственных насаждений и не обеспечивает достаточную их эффективность [1]. Например, фрагментарно сохранившиеся участки ГЗЛП «Волгоград – Элиста – Черкесск» в пределах Республики Калмыкия (далее РК) в возрасте 37-52 лет характеризуются густотой 50-150 сохранившихся деревьев/га, их бонитет не превышает IV класса, а запас стволовой древесины – 30 $м^3$/га. Главным лесоводственным мероприятием в таких насаждениях являются сплошные санитарные рубки, после чего создают новые лесные культуры [6]. В преобладающем числе случаев предельный возраст составляет около 30 лет.

Более стабильной, устойчивой формой депонирования органического углерода экосистемами является гумус. Считается, что около 3,5 запаса гумуса в тучных черноземах степей Курской обл. имеют период оборота около 300 лет, а основная часть остается надежно связанной сотни и тысячи лет [7]. Можно предположить, что искусственные лесные экосистемы с высокими значениями фитомассы способны накапливать и более высокое количество гумуса по сравнению с зональными сообществами. Однако сведения о содержании и динамике гумуса в различных типах почв в различных растительных сообществах РК недостаточны. Интересные данные опубликованы по Волгоградской об. [4]. Показано, что в метровом слое почвы под защитными лесонасаждениями содержится гумуса 33,1 т/га, а под сельскохозяйственными угодьями 7,3 т/га. Однако неясна методика исследований, а также то, средние ли это показатели для области или конкретные для модельных участков. Возможно, здесь корректнее говорить не о накоплении, а о сохранении гумуса на фоне деградации в пахотных землях.

Целью нашего исследования являлась сравнительная оценка содержания гумуса в искусственных лесных и зональных травянистых экосистемах Республики Калмыкия (далее РК).

Мониторинговые площадки закладывались во время комплексных экспедиций ЮНЦ РАН и Ю-Е НИЛОС, пробы почв отбирались в лесополосах и на расположенных вне лесополос пастбищных участках, в различных районах республики. Были охвачены различные типы почв – каштановые, светло-каштановые, бурые полупустынные; во всех случаях учитывались особенности землепользования (прежде всего степень пастбищной нагрузки), возраст и состояние лесополос, мезорельеф (таблица, рис. 1).

В качестве эталонного участка сухостепных ландшафтов был избран участок «Островной» Государственного природного биосферного заповедника «Ростовский» (см. таблица).

Таблица

Краткая характеристика агрофизических показателей ключевых участков РК

Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Сухой остаток, %	Влажность почвы (абсолютная), %	Плотность почвы, г/см^3	CO_2 карбонатов, %
Участок № 1. Островной участок ГПБЗ «Ростовский», эталон. Отсутствует пастбищная нагрузка, почва каштановая карбонатная среднесолонцеватая					
0-20	3,60	0,07	35,10	0,58	1,20
20-50	2,04	0,96	56,18	1,23	1,85
Участок № 2. Трасса Яшкуль – Комсомольский. Яшкульский район, почва бурая полупустынная типичная (участок лесовосстановления)					
0-20	0,89	0,34	22,66	1,17	0,58
20-50	0,46	0,85	44,12	1,12	1,07
Участок № 2а Трасса Яшкуль – Комсомольский. Яшкульский р-н, слабая степень пастбищной нагрузки, почва бурая полупустынная типичная					
0-20	1,02	0,45	23,14	1,12	0,76
20-50	0,39	1,02	46,37	1,56	1,50
Участок № 3. Окрестности п. Лола (Целинный р-н), почва светло-каштановая среднесолонцеватая (лесополоса)					
0-20	1,22	0,07	27,60	1,05	1,10
20-50	1,45	0,95	54,03	1,58	1,26
Участок № 3а. Окрестности п. Лола (Целинный район), сильная пастбищная нагрузка, почва светло-каштановая сильносолонцеватая, сильноэродированная					
0-20	1,24	0,10	20,14	1,26	0,12
20-50	1,09	1,15	36,50	1,62	0,87
Участок № 4. Окрестности п. Молодежный (Приютненский р-н), сильная и очень сильная степень пастбищной нагрузки, почва каштановая среднесолонцеватая эродированная					
0-20	2,18	0,10	25,54	1,24	0,82
20-50	1,04	1,32	48,79	1,46	1,45
Участок № 4а. Окрестности п. Молодежный (Приютненский р-н), почва каштановая сильносолонцеватая (лесополоса)					
0-20	2,03	0,09	36,12	1,09	0,67
20-50	1,01	1,10	50,27	1,38	1,54

В ходе многолетних исследований в сопредельных с РК районах Ростовской обл. отмечено, что при интенсивной пастбищной нагрузке (перевыпасе) происходит выбивание почв скотом, сопровождающееся возрастанием щебнистости и каменистости на поверхности почвы [9]. При определении карбонатов установлено, что максимальное их количество находится на глубине 20-50 см. Четкой закономерности изменения этого показателя не было установлено.

Спектрофотометрическое определение гумуса почв показало, что наиболее гумусированы верхние слои почвы, особенно на участках с ненарушенной растительностью (участок 1 – фоновая почва в пределах ГПБЗ «Ростовский»), где гу-

Рис. 1. Карта расположения мониторинговых участков лесополос и зональных ландшафтов на территории РК

муса было 3,60-3,85 %, в то время как на участках с пастбищной нагрузкой содержание гумуса не превышало 2,18 %.

По градации обеспеченности почв гумусом Д. С. Орлова (1981) контрольные участки (заповедная степь без выпаса) характеризуются средней степенью обеспеченности [5]. В большинстве контрольных участков в различных районах РК по результатам экспедиционных исследований зафиксирована низкая степень обеспеченности почв гумусом (см. таблица).

Отмечено, что содержание гумуса в почвах в зональных степных сообществах в ряде случаев не отличается от участков под лесополосами, а иногда этот показатель даже несколько выше (см. таблица). К примеру, на территории Приютненского р-на (каштановые почвы) разница в содержании органического вещества почв между зональным сухостепным сообществом и лесополосой в горизонте 0-20 см составляет 0,15 %. На территории Яшкульского р-на (светло-каштановые почвы) гумуса в полупустынной почве зонального сообщества больше на 0,14 %, чем под лесопополосой. Незначительное отличие в содержании гумуса отмечено в светло-каштановых почвах Целинного р-на (около 0,02 %). Таким образом, нами не отмечено накопление гумуса в почвах лесополос в условиях сухостепной и полупустынной зон РК.

В заключение нужно отметить, что нами рассмотрен только один из аспектов, связанных с лесоразведением в аридных условиях. Функции лесонасаждений многозначны: ветрозащитная и климаторегулирующая, мелиоративная, социальная, эстетическая. Поэтому лесоразведение здесь необходимо, но с четким пониманием задач, для решения которых создаются те или иные лесонасаждения. Альтернативой работ по лесоразведению в аридных регионах с целью связывания парниковых газов должны стать мероприятия по сохранению и восстановлению зональных экосистем, адаптированных к природным условиям и способным к саморегуляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство): Национальный доклад / Под ред. Р. С.-Х. Эдельгериева. – М.: ООО «Изд-во МБА», 2021. – Т. 3. – 700 с. – DOI 10.52479/978-5-6045103-9-1

2. Ильина, Л. П. Проблемы деградации сухостепных почв долины Маныча в современный период / Л. П. Ильина, К. С. Сушко // Биосфера. – 2019. – Т. 11, № 3. – С. 120-127.

3. Кретинин, В. М. Влияние агролесомелиорации на секвестрирование CO^2 в России XX в. / В. М. Кретинин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 2(30). – С. 29-35.

4. Кретинин, В. М. Депонирование углерода агролесоландшафтами Волгоградской области / В. М. Кретинин, А. В. Кошелев // Агролесомелиорация и опустынивание: материалы научно-практической конференции, посвященной 90-летию Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград, 21-23 июл. 2022 г. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2022. – С. 26-29.

5. Орлов, Д. С. Практикум по химии гумуса. Учеб. Пособие / Д. С. Орлов, Л. А. Гришина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 272 с.

6. Рекомендации по повышению устойчивости государственных защитных лесных полос в степной и полупустынной зонах европейской части России [Электронный ресурс] / И. Я. Чеплянский, Т. Я. Турчин, А. А. Мартынюк [и др.]. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2022. – 68 с. – 1 CD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

7. Смелянский, И. Э. Роль степных экосистем России в депонировании углерода / И. Э. Смелянский // Степной бюллетень. – 2012. – № 35. – С. 4-8.

8. Чеплянский, И. Я. Дистанционный мониторинг государственных защитных лесных полос степной зоны европейской части России / И. Я. Чеплянский, Т. Я. Турчин, А. С. Ермолова // Известия вузов. Лесной журнал. – 2022. – № 3. – С. 44-59. – DOI:9. 10.37482/0536-1036-2022-3-44-59

Current state of fertility of pasture land of the Manych Valley / L. P. Iljina, K. S. Sushko, L. A. Bespalova [et all.] // International Scientific and Practical Conference "Technology in Agriculture, Energy and Ecology" (TAEE2022), 24 May 2022. – Melville, New York, 2022. – Vol. 2767. – P. 020028. – DOI /10.1063/5.0127531.

УДК 631.92

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ*

Н. Л. Федорова, к. б. н.; **С. С. Уланова,** к. г. н.; **О. Г. Бембеева,** к. б. н.;
А. А. Ташнинова; Д. М. Арилов
Бюджетное научное учреждение Республики Калмыкия «Институт комплексных исследований аридных территорий», г. Элиста, РФ

Представлены результаты геоботанических обследований естественных пастбищ Калмыкии за 2022 г. Анализ урожайности и емкость пастбищ естественных кормовых угодий в четырех хозяйствах Республики Калмыкия выявил недостаточное количество подножного корма в весенней и осенний периоды вегетации. В двух хозяйствах выявлены открытые дефляционные очаги песков.

Presents the results of geobotanical surveys of natural pastures of Kalmykia for 2022. An analysis of the yield and pasture capacity of natural forage lands in four farms of the Republic of Kalmykia revealed an insufficient amount of forage in the spring and autumn growing season. Open deflationary pockets of sand were found in two farms.

Деградация аридных ландшафтов на Северо-Западном Прикаспии, в пределах которого расположена Республика Калмыкия, продолжает нарастать и в настоящее время. Как результат нерегулируемого использования пастбищ име-

*Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-10017, https://rscf.ru/project/23-27-10017/.

ет место перевыпас, приводящий к смене естественного травостоя пастбищ и снижению их продуктивности. Эта проблема особенно характерна для приселковых пастбищ, наиболее деградировавших в настоящее время в связи с резко возросшей ролью личных подсобных хозяйств в жизни сельского населения. В результате дисбаланса в использовании пастбищных угодий часть из них испытывает избыточные пастбищные нагрузки, а часть отдаленных, небольших, сбитых или малопродуктивных пастбищ почти не используется.

Новые формы хозяйственного использования земельных ресурсов в сочетании со значительными климатическими флуктуациями в последние годы привели к большим изменениям в растительном покрове Калмыкии, отразившемся на видовом составе, структуре, допустимой пастбищной нагрузке и урожайности пастбищ.

Цель исследования – изучение современного состояния растительного покрова естественных пастбищных угодий в условиях антропогенной нагрузки в пределах Республики Калмыкия.

Объект – пастбищные угодья в пределах ключевых СМО (сельских муниципальных образований) Республики Калмыкия.

Для определения современного состояния пастбищных угодий в 2022 г. были проведены исследования на территории четырех ключевых объектах Республики Калмыкия в двух зонах растительности: степной – Сарпинское СМО Кетченеровского р-на, Хомутниковское СМО Ики-Бурульского р-на; пустынной – Ачинеровское СМО Черноземельского р-на, Хулхутинское СМО Яшкульского р-на. Ключевые участки расположены на пастбищных землях с разной степенью интенсивности антропогенного воздействия. В ходе работ на всех ключевых участках было выполнено 86 геоботанических описаний. Оценка современного состояния пастбищных угодий республики выполнена по следующим показателям: флористический, фитоценотический состав, урожайность и допустимая пастбищная нагрузка.

Описание растительного покрова проводили в соответствии со стандартными геоботаническими методиками.

Определяющим фактором, влияющим на рост и развитие пастбищной растительности, является климат. По данным Росгидрометцентра, за прошедшие 20 лет в России заметно повысилась средняя зимняя температура, сократился холодный период зимы, а также участились опасные погодные явления (затяжная жара, шквалистый ветер, ливни с грозами и градом и т. д.). Такие же изменения климата наблюдаются и на территории Республики Калмыкия: зимний период без устойчивого снежного покрова, отсутствие низких зимних температур, раннее наступление весеннего периода, лето с длительным интервалом высоких температур и осадками, преимущественно кратковременного ливневого характера. С 2018 по 2022 гг. по всей территории Республики Калмыкии отмечался общий тренд потепления климата. По наблюдениям основных 6 метеостанций на территории Калмыкии 2022 г. стал более засушливым по сравнению с 2021 г. Количество среднегодовых осадков, выпавших 2021 г. (383 мм), превышает данный показатель 2022 г. (265 мм).

В основу фитоценотического анализа легли 86 геоботанических описаний и 283 растительных укоса, выполненных в 2022 г. При оценке фитоценотического

разнообразия растительных сообществ использовали принцип выделения фитоценозов на основе общности биотопа, видового состава и доминирования видов.

При флористическом анализе 4 ключевых объектов наибольшее видовое разнообразие отмечено в пределах ключевых пастбищных полигонов Сарпинского СМО Кетченеровского р-на – 75 видов из 21 семейства. Меньшее разнообразие наблюдается в пределах Хулхутинского СМО Яшкульского р-на – 59 видов из 19 семейств, а также Ачинеровского СМО Черноземельского р-на – 54 вида из 16 семейств и Хомутниковского СМО Ики-Бурульского р-на – 54 вида из 18 семейств.

Большую часть обследованных ключевых полигонов в пределах всех ключевых СМО составляют поликарпические и монокарпические травы, меньшую – полукустарнички, что является характерным для флор аридных территорий. Наибольшее количество видов однолетних трав (57,6 %) наблюдается в Хулхутинском и АчинеровскомСМО (53,7 %), наименьшее (37,3 %) – в Сарпинском СМО. В Хомутниковском СМО доля однолетников равна 46,3 %. Доля многолетних трав варьирует от 30,5 % (Хулхутинское СМО) до 49,3 % (Сарпинское СМО).

Анализ видов растений по отношению к влаге позволил выделить ряд основных и промежуточных экологических типов. Большинство видов растений исследуемой флоры исследуемых СМО относится к ксерофитам – растениям засушливых мест обитаний. Эта экологическая группа варьирует от 48,1 % (Хомутниковское СМО) до 59,3 % (Ачинеровское СМО). Мезофиты представлены от 1,7 % (Хулхутинское СМО) до 8,0 % (Сарпинское СМО). Переходные типы (ксеромезофиты и мезоксерофиты) занимают от 14,8 до 27,8 % и от 17,3 до 20,4 % соответственно.

Результаты исследований современного состояния пастбищных ресурсов Республики Калмыкия показывают, что урожайность пастбищ в степной зоне варьирует в весенний период от 0,8 до 1,2 ц к. е./га, в осенний период от 0,7 до 1,3 ц к. е./га; в пустынной зоне в весенний период от 0,6 до 1,1 ц к. е./га, в осенний период от 0,6 до 0,97 ц к. е./га.

Исследования показывают, что в Ачинеровском СМО Черноземельского р-на емкость пастбищ в 1,5 раза ниже нормы нагрузки в весенний период, и в 1,3 раза ниже нормы нагрузки в осенний период. В Хомутниковском СМО Ики-Бурульского р-на и в Хулхутинском СМО Яшкульского ра-на емкость пастбищ немного ниже норм нагрузки и в весенний, и в осенний период, а в Сарпинском СМО Кетченеровского р-на емкость пастбищ в 1,3 раз весенний и в 2 раза в осенний периоды превышает норму нагрузки.

Анализ степени нагрузки ключевых пастбищных объектов выявил следующее: использование пастбищ в Хомутниковском СМО на 20 % меньше пределов нормы. В структуре поголовья данного хозяйства отмечается почти равное количество скота КРС и МРС в соотношении поголовья условных голов овец. По Ачинеровскому СМО рассчитана нагрузка только личных подсобных хозяйств (ЛПХ). Расчет показал, что только от ЛПХ пастбища испытывают около 50 % нагрузки, где в стаде почти в два раза больше МРС, чем КРС.

По материалам дистанционного зондирования нами проведено рекогносцировочное обследование открытых песков, на которых были отработаны методы дешифрирования актуальных космических снимков Landsat 8/9 OLI/OLI-2

за 2022 г. с применением программ: MapInfo, Ilwis, QGIS, MultiSpec. Выполнена векторизация открытых песков методом автоматической кластеризации снимков в программе ILWIS и визуального дешифрирования снимков.

На территориях Ачинеровского и Хулхутинского СМО выявлены открытые дефляционные очаги песков и почвенная дефляция. Отмечены открытые пески на прикошарных и припоселковых местах. Площадь открытых дефляционных песков варьирует от 0,06 км^2 до 4,44 км^2 в Ачинеровском СМО Черноземельского р-на и в Хулхутинском СМО Яшкульского р-на – от 0,03 до 4,12 км^2.

Таким образом, анализ урожайности и ДПН естественных кормовых угодий Республики Калмыкия выявил недостаточное количество подножного корма в весенней и осенний период вегетации в исследуемых хозяйствах. Только в Сарпинском СМО урожайность и ДПН немного выше норм. Причиной низкой урожайности послужили в первую очередь климатические условия, а также перевыпас скота. Особенно негативная ситуация сложилась в тех хозяйствах, где в структуре поголовья преобладает мелкий рогатый скот.

УДК 631/635; 502/504; 911

ПРОБЛЕМА ОПУСТЫНИВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ЮГА РОССИИ И БОРЬБА С НИМ

Е. П. Яковлева

ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», г. Лобня, РФ

Опустынивание является результатом интегрального воздействия на территории климата и негативных факторов нерационального истощительного природопользования, увеличения нагрузки на пастбища, нарушения сроков их использования и др.

Desertification is the result of the integral impact on the territory of climate and negative factors of irrational depletion of natural resources, increased load on pastures, violation of their use terms, etc.

Процессы опустынивания являются результатом интегрального воздействия на земли климата и негативных факторов (чрезмерных нагрузок, нарушения сроков использования, деградации природных пастбищ, ветровой и водной эрозии, техногенной нарушенности и др.) [3, 7].

Основной причиной опустынивания является нерациональное использование земельных и природных ресурсов, превышающее порог экологической устойчивости природных экосистем, за которым следует их разрушение, часто необратимое. Усиление антропогенных нагрузок на легкоранимые природные экосистемы аридных и субаридных зон, без учета их потенциальных возможностей и экологических последствий применяемых методов развития животноводства, земледелия, орошения земель, промышленной, транспортной, селитебной и других видов деятельности, больше других причин способствует развитию опустынивания земель [2, 12].

Недостаточно регламентируемые антропогенные нагрузки на природные экосистемы засушливых зон России, в сочетании с недооценкой негативных

последствий применяемых неадаптивных систем земледелия и животноводства, усиливают интенсивность опустынивания. Развитие процессов опустынивания в одном районе увеличивает антропогенное давление на земельные ресурсы соседних территорий, усиливая опасность распространения опустынивания земель на территории России.

Основная часть аридных и полуаридных территорий юга России представлена природными пастбищами, состояние которых определяет состояние процессов опустынивания земель, а также среды обитания человека и животных. Площадь, занимаемая природными пастбищами в опустыненных засушливых регионах юга России, составляет до 70-85 % территории. Населенные пункты, пашня и другие виды угодий вкраплены в пастбища.

Состояние земель засушливых территорий всецело зависит от состояния природных пастбищ. Деградация природных пастбищ в результате чрезмерных антропогенных нагрузок сопровождается интенсивным разрушением почвенного покрова, появлением пыльных бурь, увеличением площадей развеваемых песков. Эти процессы приводят к быстро протекающему разрушению природных экосистем, опустыниванию земель и дальнейшему расширению опустыненных территорий.

В последние десятилетия аридные и субаридные территории России находятся под сильным воздействием разнообразных антропогенных факторов, что повлекло за собой негативные изменения состава растительности, деградацию и снижение продуктивности природных пастбищ, а на отдельных территориях привело к полной потере их значения как источника кормов, эрозии почв, другим неблагоприятным изменениям окружающей среды. В результате, современное состояние экологической обстановки аридных и субаридных территорий Российской Федерации повсеместно ухудшилось, а опустынивание земель приобретает все более значительные масштабы [1, 4-6].

Общая площадь, подверженная опустыниванию на территории России, составляет более 50 млн га. Из них почти половина опустыненных земель (45 %) находится в Поволжском природно-экономическом районе.

Значительные масштабы опустынивание земель приобрело в Республике Калмыкия (4,4 млн га), Астраханской (43,4 млн га), Волгоградской (11,4 млн га), Саратовской (2,2 млн га) обл. При этом причины опустынивания на 87 % обусловлены нерациональным использованием природных ресурсов и только на 13 % природными условиями [1, 8].

Опустынивание земель вызвано комплексом причин, основными из которых являются следующие:

- истощительное сельскохозяйственное землепользование, которое представляет реальную угрозу продовольственной безопасности страны;
- низкое качество проектирования использования земель;
- низкое качество управления землепользованием;
- высокая степень распаханности земель (например, в степной зоне распахано до 90 % земель), ведущая к развитию процессов дефляции и водной эрозии, снижению содержания гумуса в почвах;
- распашка сухих почв легкого гранулометрического состава;
- истощительная практика пастбищного животноводства и др.

Все эти негативные явления могут быть устранены в результате комплексной мелиорации агроландшафтов, которая имеет важнейшее значение для создания высокопродуктивного и устойчивого сельского хозяйства.

Большое значение для рационального природопользования имеет мониторинг использования земель, деградации и опустынивания территории с использованием дистанционных и наземных методов. Он является необходимой информационной основой для создания устойчивого сельского хозяйства, рационального природопользования и защиты окружающей среды в регионе.

Так, распашка белополынных зимних пастбищ Центрально-Черноземельской песчаной равнины с бурыми полупустынными песчаными почвами Калмыкии, сопровождающаяся полным уничтожением естественного почвенно-растительного покрова, привела к образованию обширных массивов развеваемых песков, возникновению пыльных бурь − мощных миграционных потоков пыли и песка, переносу их на значительные расстояния, измеряемые десятками − сотнями километров [9-11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроландшафты Поволжья. Районирование и управление / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова [и др.]. – М. – Киров: "Дом печати – ВЯТКА", 2010. – 336 с.

2. Взаимодействие человека с природной средой - важнейший фактор существования цивилизации. Итогам года экологии в России посвящается / В. И. Осипов, О. Е. Аксютин, А. Г. Ишков [и др.] // Вестник Российской академии наук. – 2018. – Т. 88. – № 2. – С. 99-106.

3. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России / Под ред. А. Л. Иванова, В. И. Кирюшина. − М.: Россельхозакадемия, 2009. – 518 с.

4. Земельные и агроклиматические ресурсы аридных территорий России / В. П. Зволинский, И. С. Зонн, И. А. Трофимов [и др.]. – М: ПАИМС, 1998. – 56 с.

5. Золотокрылин, А. Н. Климатическое опустынивание / А. Н. Золотокрылин. – М.: Наука, 2003. – 246 с.

6. Золотокрылин, А. Н. Соотношение между климатическими и антропогенными факторами восстановления растительного покрова юго-востока европейской части России / А. Н. Золотокрылин, В. В. Виноградова // Аридные экосистемы. – 2007. – Т. 13. – № 33. – С. 20-33.

7. Опустынивание и деградация почв: материалы Международ. науч. конф. М., РФ, 11-15 нояб. 1999 г. / Под ред. Г. В. Добровольского, Г. С. Куста. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1999. – 508 с.

8. Проблемы деградации, охраны и восстановления продуктивности сельскохозяйственных земель России / Под ред. Г. А. Романенко. – М.: ВНИИА, 2007. – 76 с.

9. Трофимов, И. А. Факторы и типы опустынивания. Калмыкия / И. А. Трофимов, В. И. Кравцова // Космические методы геоэкологии. Атлас. – М.: Географический ф-т МГУ, 1998а. – Л. 53.

10. Трофимов, И. А. Характеристика природных кормовых угодий по районам, рекомендации по их использованию. Состояние кормовых угодий в связи с опустыниванием. Калмыкия. Карта / И. А. Трофимов, В. И. Кравцова // Космические методы геоэкологии. Атлас. – М.: Географический ф-т МГУ, 1998б. – Л. 55.

11. Трофимов И. А. Хозяйственное использование земель и процессы опустынивания. Калмыкия. Карта / И. А. Трофимов, В. И. Кравцова, Л. А. Карпович // Космические методы геоэкологии. Атлас. – М.: Географический ф-т МГУ, 1998. – Л. 52.

12. ФАО. Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Системы на пределе. Сводный доклад 2021. Рим. https://doi.org/10.4060/cb7654ru.

3. ПРОБЛЕМЫ АГРОЭКОЛОГИИ И АГРОЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ В XXI ВЕКЕ

УДК 574.1

РЕСУРСЫ ЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

Р. М. Адамова[1]; М.-Р. А. Казиев[2]

[1]Дагестанский государственный университет, Махачкала, РФ
[2]Федеральный аграрный центр Республики Дагестан;
[2]Дагестанский НИИСХ Россельхозакадемии, Махачкала, РФ

Представлены результаты исследований сложившегося биоразнообразия древесных и гемиксерофильных кустарников предгорий как возможных интродуцентов для использования в защитном лесоразведении. Изучен видовой состав, степень и характер распространения в различных условиях, ресурсный потенциал изучаемой древесно-кустарниковой растительности с привязкой к условиям местности.

Presents the results of studies of the biodiversity of woody and hemixerophilic shrubs in the foothills as species possibly introduced for use in protective afforestation. The species composition, quality and quantaty of their distribution in various conditions were studied with reference to local conditions as well as the resource potential of the studied tree and shrub vegetation was examined.

Исследование биологических ресурсов древесно-кустарниковой растительности является перспективным для создания защитных лесных насаждений, которые играют важную роль в стабилизации экологических систем. Путем создания своеобразного микроклимата на почвах, они вносят изменения в экологическое и биологическое равновесие территории, предотвращают деградацию земель и повышают продуктивность сельскохозяйственных угодий. К усилению антропогенного воздействия на природную среду по мере своего развития привела хозяйственная деятельность человека, в том числе и на лесные экосистемы.

Искусственное лесоразведение является одним из эффективных мероприятий в борьбе с эрозией почв и способствует вовлечению земель в хозяйственный оборот.

Исследования, направленные на сдерживание процессов остепнения и опустынивания земель, имеют стратегическое значение. Лесные фитоценозы способны приостановить эти процессы и сохранить жизнеобитаемые территории.

Методологической основой проведения исследований стал комплексный подход, включающий типовые методы исследований по таксации, лесоводству.

Исследования по формированию естественной смены древесных пород проводились в условиях центральной предгорной зоны Дагестана. При этом

изучалось формирование лесных сообществ в различных природных фациях (островковых, прирусловых, террасных, склоновых участках) с целью выявления устойчивого видового состава при различной степени антропогенной трансформации среды.

Создание защитных лесных насаждений в регионах, подверженных в сильной степени антропогенной деградации (остепнение, опустынивание), является сложной задачей, для решения которой необходимо изучение взаимосвязи экологических и биологических особенностей роста и развития древесной растительности.

Учитывая интенсивность негативного воздействия антропогенных факторов и формирование радикальных изменений в составе, структуре почвенного покрова и функциональной организации сообществ растений и животных аридных экосистем, в качестве первоочередной задачи выдвигается разработка предложений по сохранению биоразнообразия, изучению возможностей восстановления лесных сообществ путем средней и дальней интродукции, выявления и внедрения устойчивых видов, поскольку лесная растительность является основным резервуаром биологического разнообразия, и только она способна приостановить интенсивные процессы остепнения и опустынивания земель [1-4].

Получены данные по видовому разнообразию и количеству древесных пород в различных природных фациях засушливых регионов. Элементы рельефа имеют относительно устойчивые виды, характерные для региональных условий их развития (табл. 1).

Таблица 1

Видовой состав и смена древесных пород естественных лесных сообществ в предгорной зоне Дагестана

Название вида	Элементы рельефа							
	речной островок		береговая линия		терраса		склон	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Орех грецкий (*Juglas regia* L.)							4	5,1
Ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.)							3	3,8
Бук восточный (Fagus orientalis Lipsky)							7	8,9
Мушмула обыкновенная (Eriobotrya germanica L.)							3	3,8
Калина обыкновенная, или красная (*Viburnum opulus L.*)							2	2,5
Вяз гладкий, или обыкновенный (*Ulmus laevis* Pall.)							3	3,8
Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)							6	7,6
Дуб скальный *(Quercus petraea Mattschka* L.)							2	2,5
Яблоня восточная (*Malus orientalis* Uglitzk)					**3**	**4,6**	**2**	**2,5**
Лещина обыкновенная, или Орешник (*Corulus avellana* L.)					**13**	**20,0**	**16**	**20,3**
Кизил обыкновенный *(Cornus mas* L.)					**4**	**6,2**	**9**	**11,4**

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Граб обыкновенный (*Carpinus caucasica* Grossh)					**3**	**4,6**	**18**	**22,8**
Груша кавказская (*Pyrus caucasica* Fed.)					**2**	**3,1**	**4**	**5,1**
Боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguine* Pall.)					3	4,6		
Роза собачья (*Rosa canina* L.)					6	9,2		
Бирючина обыкновенная (*Ligustrum vulgare* L.)					2	3,1		
Мушмула германская (*Mespilus germanica* L. Mill)			**2**	**6,5**	**5**	**7,7**		
Айва обыкновенная (*Cydonia oblonga* Mill)			**4**	**12,9**	**7**	**10,8**		
Боярышник обыкновенный (*Crataegus laeviga ta (Poir)DC)*			**5**	**16,1**	**4**	**6,2**		
Барбарис обыкновенный (*Berberis vulgarus* L.)			**2**	**6,5**	**3**	**10,8**		
Слива колючая (*Prunus spinosa* L.)			**2**	**6,5**	**4**	**6,2**		
Слива растопыренная (*Prunus cerasifera* Ehrh.)			6	19,4				
Ежевика сизая (*Rubus caesius* L.)			**4**	**12,9**	**6**	**9,2**		
Ива белая (*Salix alba* L.)		**3,2**	**3**	**9,7**				
Осина обыкновенная (*Populus tremula* L.)	**30**	**26,1**	**2**	**6,5**				
Тополь белый (*Populus alba* L).	**243**	**14,1**	**1**	**3,2**				
Тополь сереющий, серый (*Populus* ×. *canescens* Ait Smith)	**131**	5,4						
Тамарикс многоветвистый (*Tamarix ramosissima* Led.)	50	51,2						
Количество экземпляров (N)	476	100	31	100	65	100	79	100
Количество видов (S)	930		10		15		13	
	5							

Примечание: жирным шрифтом выделены связывающие виды дендрофлоры.

Следует отметить, что количественный состав древесных пород в зависимости от элементов рельефа имеет свою специфику. Наибольшее количество экземпляров (N) – 930 шт. насчитывается на элементе рельефа «речной островок». На следующем участке «береговая линия» наблюдается резкое снижение до 31 шт. и в последующем незначительное увеличение со сменой элементов рельефа до 79 шт., что, по всей видимости, объясняется влагообеспеченностью почв и уровнем залегания грунтовых вод. Обратная картина наблюдается в видовом составе: 5-13 шт. от «речного островка» до «склона», что свидетельствует о смене биологического разнообразия лесных сообществ в зависимости от смены условий рельефа.

Коэффициент сходства дендрофлор (Серенсена-Чекановского) при попарном сравнении изменяется в пределах 0,36-0,40 %, т. е. имеет умеренные значения (табл. 2). Из общего числа видов по всему району исследований ни один вид не отмечен более чем в двух районах. Оценка сходства дендрофлор показала, что все элементы рельефа одинаково близки по этому показателю (0,40; 0,40; 0,36) [5].

Таблица 2

Матрица сходства состава дендрофлор предгорной зоны Дагестана

Район	Речной островок	Береговая линия	Терраса	Склон
Речной островок	1,00	0,40	0,00	0,00
Береговая линия	0,40	1,00	0,40	0,00
Терраса	0,00	0,40	1,00	0,36
Склон	0,00	0,00	0,36	1,00
N	5	10	15	13

Примечание. N – видовое богатство.

Максимальное видовое богатство демонстрирует «терраса» (15 видов), далее по рангу убывания числа видов следуют «склоновые участки» (13) и «береговая линия» (10).

Исследования по формированию лесных сообществ в различных природных фациях позволили нам установить виды растений, представляющих интерес для интродукции в сухостепные условия и внедрения их в защитные лесонасаждения. Жизненная форма растений и данные фенологических наблюдений являются показателями особенностей флоры того или иного региона, которая отражает комплекс адаптивных характеристик видов к определенным условиям среды [2, 5].

Итак, на основании проведенных исследований дана характеристика специфике смены древесных пород по трансекту: «речные островки» – «береговая линия» – «терраса» – «склон» в предгорных условиях. В процессах смены пород в основном преобладает влияние фактора влагообеспеченности, а активность естественной смены пород свидетельствует о наличии здесь больших потенциальных возможностей биоразнообразия древесных растений.

Необходимо проведение дальнейших научных исследований, обеспечивающих выявление наиболее эффективного состава дендрофлоры при формировании лесных сообществ и их интродукции в лесостепные условия. Они успешно выполняют средообразующую и стабилизирующую функцию, необходимую для реализации актуальной стратегии бережливого природопользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, Б. Д. Особенности растительного покрова Дагестана / Б. Д. Алексеев. – Махачкала, 1983. – 83 с.

2. Булыгин, Н. Е. Фактическое распространение древесных интродуцентов в урбанофитоценозах городов России и сопредельных государств / Н. Е. Булыгин // Тезисы докл., представленных II (X) съезду РБО. – Санкт-Петербург, 1998. – Т. 2. – С. 278.

3 Векшегонов, В. Я. Полезащитное лесоразведение в сухостепных районах / В.Я. Векшегонов. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 72 с.

4 Виноградов, В. Н. Защитные лесные насаждения при комплексном освоении песков / В. Н. Виноградов // Агролесомелиорация. – М., 1979. – С. 103-117.

5. Зайцев, Г. Н. Фенология древесных растений / Г. Н. Зайцев. – М.: Наука, 1981. – 120 с.

6. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – Санкт-Петербург: Мир и семья-95, 1995. – 990 с.

УДК 631.4

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЕДЕНИЯ АГРОЛЕСОВОДСТВА В ЦЕЛЯХ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ И ПОДДЕРЖКИ КАРБОНОВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

А. А. Алтаев, к. б. н.
Бурятский НИИСХ – филиал СФНЦА, г. Улан-Удэ, РФ

Леса являются основным природным поглотителем парниковых газов в наземных экосистемах в мире. Агролесоводство в России в настоящее время в основном связывают с агролесомелиоративной практикой и полезащитным лесоразведением. Ведение агролесоводства на необлесенных сельхозземлях будет способствовать эколого-экономической устойчивости сельских территорий путем депонирования углерода воздуха.

Forests are the main natural sink of greenhouse gases in terrestrial ecosystems in the world. Agroforestry in Russia is currently mainly associated with forest melioration. Conducting agroforestry on unforested agricultural lands will contribute to the ecological and economic sustainability of rural areas by depositing air carbon.

Известно, леса являются основным природным поглотителем парниковых газов в наземных экосистемах в мире. Будучи ведущей лесной державой мира, Россия располагает естественным природным капиталом в виде накопления лесами 625 млн т парниковых газов ежегодно [9]. По данным государственной инвентаризации лесов, общий запас древесины оценен в 112 млрд кубометров и ежегодно леса страны поглощают до 1,6 млрд т CO_2. Лидером по общему запасу углерода являются сибирские леса – 13,8 млрд т, второе место у российской части Дальнего Востока с общим объемом углерода 10,8 млрд т, замыкают тройку «углеродных лидеров» леса Северо-Западного федерального округа – 5,8 млрд т CO_2 [1]. Агролесоводство, как альтернативный вариант интенсивному земледелию, представляет собой особую систему, в которой многолетние лесные насаждения произрастают на одной территории с сельскохозяйственными растениями и животными, защищают агроценозы, увеличивают кормовую базу для с-х. животных и, в конечном итоге, дают древесную продукцию для нужд сельского хозяйства. В настоящее время агролесоводство на лесных почвах России актуально, но слабо развито, площадь государственного лесного фонда и сельских лесов России равна 1367,3 млн га, площадь, покрытая лесом – 829,3 млн га. Непокрытая лесом территория равна 538,1 млн га, она может и

должна быть использована в агролесоводстве. Предложены пути обсуждения и принятия решений Правительства и РАН РФ о совместном развитии лесного и аграрного ведомств, организации научных подразделений, опытной сети, научных исследований в агролесоводстве на лесных почвах России [5, 6].

Леса, расположенные на сельскохозяйственных землях, имеют большое значение для поглощения парниковых газов, если 1 га лесов на землях лесного фонда в среднем поглощает около 1 т парниковых газов в год, то 1 га защитных и противоэрозионных лесов на сельскохозяйственных землях – около 7 т в год, т. е. в 7 раз больше. При этом, по разным оценкам, от 40 до 90 млн га сельскохозяйственных земель в России заросли лесом, который пока никак не учитывается в национальной статистике поглощения парниковых газов по причине того, что они не относятся к управляемым лесам [3]. По меньшей мере, 60 млн га бывших сельскохозяйственных земель, которые не могут быть возвращены в сельскохозяйственный оборот, но подходят для вовлечения этих земель в разные формы лесоводства (лесное фермерство, плантационное лесоразведение, агролесоводство, классическое лесное хозяйство). Это могло бы обеспечить выращивание таких же объемов древесины, какие сейчас заготавливаются во всех лесах России, и стать второй по значимости (после сельского хозяйства) движущей силой развития аграрных территорий. Деревья поглощают углекислый газ из воздуха в процессе роста и накапливают его внутри себя в виде связанного углерода.

Методы хозяйствования, направленные на улавливание углерода из атмосферы, известны как *карбоновое (*или *углеродное) земледелие (carbon farming).* Суть карбонового земледелия состоит в увеличении почвенного углерода за счет повышения количества углерода, вносимого в почву, и снижения темпов потерь углерода в результате дыхания и эрозии почвы. Так, карбоновое земледелие в АПК и лесном хозяйстве может стать инструментом преодоления торговых барьеров для углеродоемкого экспорта, включая агроэкспорт [9]. Российской Федерацией, как подчеркнул Президент В. В. Путин, поставлен план достижения углеродной нейтральности к 2060 г., чему будет способствовать развитие в стране агролесоводства. Агролесоводство в России в настоящее время в основном связывают с агролесомелиоративной практикой и полезащитным лесоразведением, о положительной роли которых было опубликовано немало работ ведущих ученых [5, 8]. Обобщенные ВНИАЛМИ многолетние данные об увеличении урожая зерновых культур на полях среди лесополос в разных регионах оказались следующими: на Северном Кавказе прибавка составила 4.2 ц/га, в Центрально-Черноземной обл. и Поволжье – 2,8 ц/га, в Западной Сибири – 2,1 ц/га [2]. Но о другой немаловажной роли лесных защитных насаждениях написано сравнительно немного работ, ведь лесные полосы, расположенные на сельскохозяйственных землях и высаженные после 1990 г., подпадают под определение «киотских лесов» (статья 3.3 Киотского протокола) [4], и соответственно запасенный в них углекислый газ будет идти в зачет по выбросу предприятиям. Так, подсчитано, что 1 га лесной полосы в год поглощает около 4 т углекислого газа. И во многом количество депонированного углекислого газа (CO_2) зависит от породы дерева, географических и климатических условий, в которых оно растет. Количество углерода, непосредственно фиксируемое дере-

вьями в различных агрохозяйственных системах варьирует в пределах 3-25 т/га, но в отдельных случаях доходит до 60 т/га. Наиболее углеродоемкими являются молодые, интенсивно растущие насаждения. [7]. При проведении государственной инвентаризации лесов специалисты Рослесинфорга сформировали рейтинг углерододепонирующих пород российских деревьев. Леса являются главным элементом поглощения парниковых газов, который играет важную роль в углеродном регулировании. Наиболее интенсивной поглощающей способностью отличаются лиственные древесные породы: осина – до 3,6 т CO_2 в год/га; береза – до 3,3 т CO_2 в год/га; дуб – до 3,2 т CO_2 в год/га. Их доля в лесах России довольно высока, порядка 30 % от общей площади. Далее расположились хвойные древесные породы: сосна – до 2,4 т CO_2 в год/га; ель и пихта – до 2 т CO_2 в год/га; кедр – до 1,8 т CO_2 в год/га; лиственница – до 1,8 т CO2 в год/га [2]. Одно средневозрастное дерево тополя за летний период поглощает до 180 кг углекислого газа, превосходя по этому показателю сосну – в 4,3 раза, липу – 2,7, дуб – 1,5. При этом тополевые насаждения являются основными в полезащитных лесонасаждениях в агролесоводстве.

Таким образом, ведение агролесоводства на необлесенных сельскохозяйственных землях будет способствовать эколого-экономической устойчивости сельских территорий, при этом создание полифункциональных агролесокомплексов, с помощью агролесомелиоративных приемов и на основе методов защитного лесоразведения, послужит хорошей поддержкой развития в России карбонового земледелия. Проведение масштабной инвентаризации защитных лесонасаждений в стране позволит дать точную оценку объемам депонирования углерода этим ценным древостоем.

ЛИТЕРАТУРА

1. В Рослесинфорге назвали главных «пожирателей» парниковых газов среди деревьев / [сайт], 2021. – URL:https://roslesinforg.ru/news/all/4236/ (дата обращения: 25.07.2023).

2. Ерусалимский, В. И. Многофункциональная роль защитных лесных насаждений / В. И. Ерусалимский, В. А. Рожков // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2017. – № 88. – С. 121-137. – DOI 10.19047/0136-1694-2017-88-121-137.

3. Зиновьева, О. А. Правовое регулирование декарбонизации и охраны атмосферного воздуха в целях решения глобальной экологической проблемы изменения климата / О. А. Зиновьева // Вестник Университета имени О. Е. Кутафина (МГЮА). – 2022. – № 5(93). – С. 95-103. – DOI 10.17803/2311-5998.2022.93.5.095-103.

4. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. Принят 11 декабря 1997 года / [сайт], 1997. – URL:https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/ kyoto.shtml (дата обращения: 24.07.2023).

5. Кретинин, В. М. Агролесоводство (монография) / В. М. Кретинин. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2021. – 268 с.

6. Кретинин, В. М. Будущее агролесоводство на лесных почвах России / В. М. Кретинин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1(41). – С. 52-57.

7. Кулик, К. Н. Изменения климата и агролесомелиорация / К. Н. Кулик, А. С. Рулев, Н. А. Ткаченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 2(46). – С. 58-67.

8. Кулик, К. Н. Лесомелиорация – основа создания устойчивых агроландшафтов в условиях недостаточного увлажнения / К. Н. Кулик, А. М. Пугачева // Природопользование. – 2016. – Т. 6. – № 3(23). – С. 29-40.

9. Сергеев, И. Карбоновое земледелие – новое направление в климатическом противостоянии / И. Сергеев // Новая газета [сайт], 2021. – URL:https://www.ng.ru/ng_energiya/2021-06-07/14_8167_climate.html (дата обращения: 28.07.2023).

УДК 630 +631:4:6

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВАХ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ СУКЦЕССИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Д. А. Данилов[1, 2], д. с.-х. н., **Д. А. Зайцев**[2], к. с.-х. н., **А. А. Иванов**[2]
[1]*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова»,* г. Санкт-Петербург, РФ
[2]*Ленинградский НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха»*, Ленинградская обл., РФ

Рассмотрена трансформация почвенного плодородия в условиях юго-западной части Ленинградской обл. Отмечен различный характер соотношения азота и углерода в почве в зависимости от срока залежности участка бывших пахотных земель.

The transformation of soil fertility in the conditions of the south-western part of the Leningrad region is considered. The different character of soil nitrogen and carbon ratio depending on the fallow period of the former arable land site is noted.

Оценка современных трендов развития процессов почвообразования в антропогенно-преобразованных почвах при зарастании их растительностью позволяет прогнозировать изменение их свойств в течение длительного периода, и предложить производству адаптированные к конкретным почвенно-климатическим условиям технологии освоения вынужденной залежи для каждого этапа их зарастания и элемента агроландшафта.

Прогнозирование запасов органического углерода в почве стало ключевой проблемой в последние годы из-за потенциального воздействия углерода на изменение климата [4, 5]. Пространственное прогнозирование запасов органического углерода в почве привлекло значительное внимание из-за большой вариации органического вещества на всех уровнях. Распределение углерода и азота органического вещества в профиле почв зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются: масса и состав поступающего опада, место его нахождения: в слоях почвы, в подстилочном слое, нахождение без контакта с почвой, интенсивность его разложения, кислотность продуктов разложения, химические свойства почвообразующей породы. Основным лимитирующим фактором роста растений чаще всего является содержание доступного азота в почве. Для решения вопросов рационального использования земель разного срока залежности, необходимо знать состояние и прогнозы трансформации почв, направленность растительных сукцессий [1, 3].

В Ленинградской обл. площадь земель сельскохозяйственного назначения на 1 января 2022 г. составляет 1701,3 тыс. га, не используется в активном сельскохозяйственном обороте – 123,1 тыс. га (34,22 %) [2]. В связи с этим необходимо понимание степени деградации или восстановления почвенного плодородия на участках сельскохозяйственных земель выведенных из активного пользования. Несмотря на наличие данных о запасах углерода органического вещества в почвах различных растительных экосистем возобновившихся на бывших сельскохозяйственных землях Северо-Запада России полной картины по данному вопросу нет. Поэтому целью проводимого исследования было проанализировать трансформации в постагрогенных почвах на различных стадиях восстановления растительности по таким параметрам как содержание углерода органического вещества и общего азота.

Обследование участков постагрогенных земель различного срока залежности проведено в юго-западной части Ленинградской области в Гатчинском и Волосовском административных районах.

В Гатчинском р-не преобладающие почвы супесчано-суглинистого гранулометрического состава, подстилаемые красноцветными моренными валунными суглинками. Данные почвы занимают в регионе исследования около 40 % земель сельскохозяйственного назначения и лесного фонда.

Изучение участков пашни разного срока залежности показало, что содержание органического вещества в почвенном комплексе находиться на достаточно высоком уровне относительно средних данных для региона исследования [6]. После выведения пахотных почв из сельскохозяйственного оборота на них начинает развиваться сорная растительность, которая со временем должна сменится естественным фитоценозом. На первоначальных этапах зарастания увеличивается поступление большего количества свежего органического материала в виде растительного и корневого опада так как отсутствует отчуждения биомассы в виде убираемого урожая. Все это способствует накоплению углерода органического вещества в бывшем пахотном горизонте.

На залежном участке после 12 лет снятия антропогенной нагрузки (распашки) на участке произошло восстановление аборигенной мелколиственной растительности с преобладанием березы и ивы. В живом напочвенном покрове преобладают как луговые, так опушечные лесные виды растений. По мере зарастания пашни травянистыми и кустарниковыми видами растений наблюдается увеличение содержания органического вещества в верхнем горизонте постагрогенных почв (рис. 1).

На участках с преобладанием хвойных и лиственных пород сроком залежности 25 лет в настоящее время сформировались сомкнутые насаждения. Густота древесных видов со средней высотой от 3 до 4 м на опытных объектах варьирует от 5 тыс. штук до 8 тыс. штук на гектар. Наблюдается более низкие показатели pH верхнего горизонта постагрозема, чем для нижележащего (табл. 1). Анализ показателей гумуса на данных участках показывает среднюю степень обеспеченности. Однако показатели соотношение органического углерода и валового азота имеет широкие приделы, что является процессом иммоби-

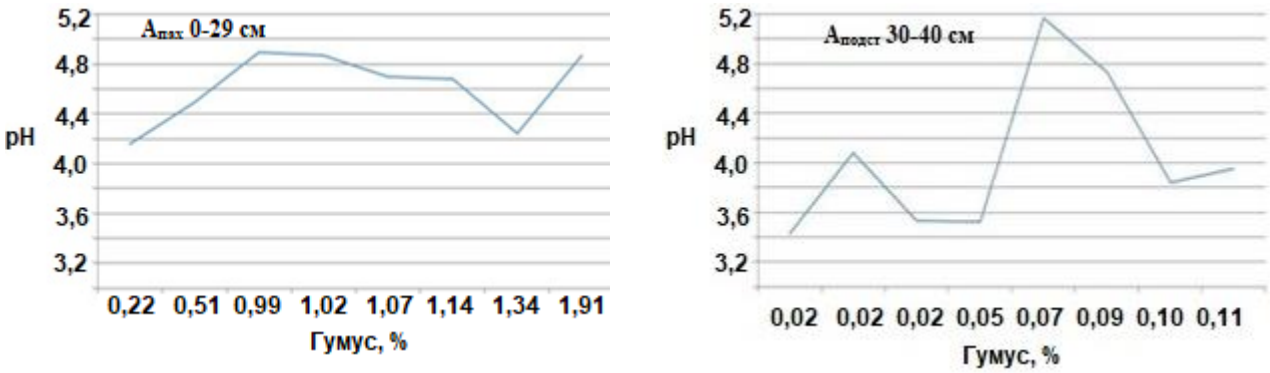


Рис. 1. Соотношение содержания гумуса и уровня pH в бывшем пахотном и подпахотных горизонтах на залежном участке (12 лет)

лизации азота – трансформации микроорганизмами его минеральных форм в органические вещества микробных клеток и их метаболитов. Очень высокое соотношение (18-20) свойственно бедным азотом грубогумусным горизонтам лесных почв [1]. Однако на данных участках невысокое содержание общего азота в почвенных горизонтах на данных участках связано с отчуждением его из почвы на построение древесной фитомассы возобновившейся растительности имеющую высокую густоту на данных участках.

Таблица 1

Агрохимические показатели постагрогенных почв 25-летнего срока залежности, на участках с преобладанием хвойных и лиственных пород

Почва	Горизонт, $\frac{A_{пах}}{A_2}$,	Плотность сложения почвы, г/см^3	pH_{KCl}	Гумус, %	$C_{орг}$, т/га	$N_{общ}$, т/га	C/N
Преобладание сосны и ели							
Постагроземы дерново-подзолистые легкосуглинистые, на моренных отложениях девонских пород	20	1,10	3,9	4,58	58,5	3,1	18,7
	20	1,15	4,1	3,34	44,6	1,8	24,6
Преобладание ивы древовидной и кустарниковой, березы, осины							
Постагроземы дерново-подзолистые легкосуглинистые, на моренных отложениях девонских пород	20	1,11	3,9	4,36	60,7	3,4	18,1
	20	1,15	4,1	4,58	66,5	3,2	20,9

Для участков с большим сроком залежности – более 35-40 лет после длительной кустарниково-луговой стадии в настоящее время сформировались древесно-кустарниковые фитоценозы. Они состоят так же из аборигенных бореальных видов лиственных пород с участием хвойных пород – сосна и ель, но имеют меньшую степенью сомкнутости возобновления. Характер распределения органического углерода и общего азота в почвах на данных участках отличен от залежи меньшего возраста. Анализ почвенных образцов по горизонтам показал, что содержание органического вещества на данных участках постагрогенных земель

можно характеризовать, как низкое относительно средних показателей (1,7-3,1 %) зональных пахотных дерново-подзолистых почв региона (табл. 2). Показатель pH на данных почвах не имеет большого разброса показателей и характеризует их как слабокислые. Органическое вещество почвы содержит основную массу азота, который является одним из основных источников роста и развития растений, который не может быть полноценно заменен техническим азотом без риска ухудшения состояния окружающей среды и качества продукции. Поддержание определенного уровня обеспеченности почвы потенциально минерализуемым углеродом является важным условием включения содержащегося в почве минерального азота во внутрипочвенный иммобилизационно-реминерализационный оборот. Содержание общего азота в данных почвах составляет от 5 до 7,4 т/га. Отношение C : N, которое характеризует обогащенность гумуса азотом, для большинства агроземных горизонтов данных почв составляет 9,0-11,8, что отвечает высокой и средней степени обеспеченности этим элементом.

Таблица 2

Агрохимические показатели постагрогенных почв (залежь 35-40 лет) на участках восстановления древесной растительности на объектах исследования в Гатчинском р-не

Почва	Горизонт, $\frac{A_{пах}}{A_2}$	Плотность сложения почвы, г/см^3	pH_{KCl}	Гумус, %	$C_{орг}$, т/га	$N_{общ}$, т/га	C/N
Постагроземы сильноподзолистые тяжелосуглинистые на моренных отложениях девонских пород	25	1,13	4,6	2,8	56,3	4,8	11,7
	25		4,3	0,4	5,1	0,5	10,2
Постагроземы супесчаные на моренных отложениях девонских пород	30	1,27	5,3	2,7	54,0	5,1	10,6
	20		4,9	1,4	21,1	1,9	11,1
Постагроземы дерново-подзолистые глееватые легкосуглинистые на моренных отложениях девонских пород	25	1,12	5,2	1,9	35,6	3,1	11,5
	25		5,2	1,0	18,8	1,6	11,8
Постагроземы дерново-подзолистые легкосуглинистые, на моренных отложениях девонских пород	30	1,14	5,2	1,9	37,5	3,2	11,7
	20		5,0	1	14,5	1,4	10,4
Постагроземы дерново-слабо-подзолистые суглинистые оглеенные на краснобурой супесчаной морене	35	1,14	5,9	2,0	56,8	4,9	12,0
	15		5,9	1,0	11,3	1,2	9,1

Участок исследования постагрогенных почв в Волосовском р-не Ленинградской обл. представляет собой земельный массив с пересеченным рельефом. Ранее использовался под пропашные культуры и имеет хорошо окультуренный бывшее пахотный горизонт. Возраст залежи более 25 лет. Происходит восста-

новление древесиной растительности с разной долей участия хвойных и лиственных пород. В живом напочвенном покрове преобладают злаковые виды трав рудерального и культурного происхождения. На данном участке были подобраны контрастные по гранулометрическому составу почвы с разной степенью выщелочности (табл. 3). На объектах исследования участках бывший пахотный горизонт потагрогенных почв по классам степени гумусированности для Северо-Западного региона может быть отнесен к среднегумусированным и сильногумусированным РФ [6].

Таблица 3

Агрохимические показатели постагрогенных почв на участках восстановления древесной растительности в условиях на выщелоченных почвах Волосовского р-на

Почва	Горизонт, $\underline{A_{пах}}$, $A_{2под.}$	Плотность сложения почвы, г/см^3	pH_{KCl}	Гумус, %	$C_{орг}$, т/га	$N_{общ}$, т/га	C/N
Постагроземы на выщелоченных валунных суглинках, на возвышенности	35	1,14	4,7	5,02	115,7	14,5	8,0
	20		4,3	2,58	34,1	4,1	8,3
Постагроземы на супесях на возвышенности	30	1,22	4,7	2,09	44,4	8,3	5,4
	20		4,9	0,69	9,8	3,4	2,8
Постагроземы на выщелоченных валунных суглинках	35	1,13	4,1	5,91	135,6	14,9	9,1
	25		4,1	2,18	35,7	6,1	5,8

Подводя итоги проведенного сравнительного анализа физического и агрохимического состояния постагрогенных земель различного срока залежности можно отметить, что, несмотря на предшествующее антропогенное воздействие, агроземный горизонт сохраняет высокое содержание органического вещества и общего азота относительно естественных аналогов лесных почв. Критического ухудшения свойств постагрогенных почв на исследуемых участках не происходит и трансформации в сторону природных лесных почв региона не наблюдается. Относительно используемых в активном обороте сельскохозяйственных земель постагрогенные почвы в незначительной степени утратили (биологическая минерализация) трансформируемое органическое вещество.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов, Д. А. Трансформации в почвенном комплексе в насаждениях сосны и ели на постагрогенных землях Ленинградской области / Д. А. Данилов, С. Ю. Януш, А. А. Вайман // Агролесомелиорация и опустынивание: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, 21-23 июл. 2022 г. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2022. – С. 9-16.

2. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке постагрогенное восстановление растительности и почв / Д. И. Люри, С. В. Горячкин, Н. А. Караваева [и др.]. – М.: ГЕОС, 2010. – 416 с. – ISBN 978-5-89118-500-5.

3. Доклад о состоянии и использовании земель в Ленинградской области в 2020 году. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. Управление федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по ленинградской области. – 2021. – 67 с.

4. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство)» / Под ред. А. И. Бедрицкого. – М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, ГЕОС, 2018.– 286 с

5. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)» / Под ред. Р. С.-Х. Эдельгериева. – М.: ООО «Изд-во МБА», 2019. – Т. 2. – 476 с.

6. Рекомендации по интегрированному применению минеральных удобрений в системах земледелия с учетом региональных особенностей производства сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации. Разработаны специалистами Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д. Н. Прянишникова. – М., 2019. – 171 с.

УДК 634.958

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ESG-РЭНКИНГА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

А. В. Кошелев, к. с.-х. н.; **В. А. Веденеева,** к. с.-х. н.; **М. О. Шатровская; Ю. Н. Поташкина**

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Освещен вопрос лесомелиоративного обустройства сельскохозяйственных земель как способа увеличения ESG-рэнкинга агропромышленных предприятий. Отмечена важность создания мелиоративных защитных лесных полос как наиболее эффективного инструмента достижения углеродной нейтральности.

Deals with the issue of forest reclamation of agricultural land as a way to increase the ESG-ranking of agro-industrial enterprises. The importance of reclamation protective forest belts as the most effective tool to achieve carbon neutrality is noted.

Впервые принципы ESG предложил генеральный секретарь ООН Кофи Аннан в 2004 г., обращаясь к пятидесяти руководителям крупнейших мировых компаний с призывом переориентации компаний на экологию и социальное развитие. Международные принципы ESG, которые компании должны соблюдать при ведении бизнеса – это защита окружающей среды, забота о сотрудниках и обществе, ответственное корпоративное управление (Enviromental, Social, Governance) [1, 3].

В начале 2000-х годов в США ESG-рэнкинг был у 20 компаний, к 2020 г. их количество возросло почти до 800. В нашей стране принципы ESG менее распространены, но их уже постепенно внедряют в бизнес. Крупнейшее в России рейтинговое агентство с 20-летней историей RAEX также использует ESG-рэнкинг компаний, основная цель которого содействовать развитию климатической повестки в стране. Это помогает понять текущее развитие и важность для российского бизнеса темы борьбы с изменением климата, найти ориентиры и

определить основные действия по его защите. Рэнкинг ESG показывает зрелость предприятия – это форма нефинансовой отчетности, создающая предприятиям положительный имидж среди клиентов и партнеров. Предприятия, демонстрирующие ориентацию на защиту окружающей среды, бережное отношение к природным ресурсам, защиту законных прав человека становятся более привлекательными для инвесторов. Со временем принципы ESG стали учитывать инвестиционные фонды и банки при принятии решений о финансировании и субсидировании бизнес проектов [6].

Вместе с тем агропромышленные предприятия, согласно доклада ООН, входят в пятерку отраслей, чья деятельность больше всего влияет на экологическую ситуацию [11]. Разработка и внедрение сбалансированных моделей землепользования, технологий почвозащитного и ресурсосберегающего земледелия предотвращают или позволяют снижать этот ущерб.

Поднятие ESG-рэнкинга компаний, занимающихся выращиванием сельскохозяйственной продукции возможно с помощью агролесомелиорации. Агролесомелиорация – это средство улучшения условий ведения сельского хозяйства с помощью лесонасаждений различного функционального значения. Одновременно с этим агролесомелиоративные насаждения имеют значение, выходящее за рамки только агроэкологической их роли и экономического эффекта, оказывая разностороннее воздействие на социальную среду жизни и работы людей [2, 10].

Более чем 150-летний опыт агролесомелиорации показал, что в комплексе мер по стабилизации и улучшению экологической обстановки, борьбе с эрозией и засухой, повышению продуктивности сельского хозяйства, защитное лесоразведение является самым эффективным долговременно действующим мероприятием, а в ряде случаев, например, в борьбе с опустыниванием – единственным средством [7, 4].

Защитное лесоразведение способствует улучшению климатических и гидрологических условий местности, рациональному освоению земельных и водных ресурсов, вовлечению в продуктивное хозяйственное использование бросовых земель, обогащению флоры и фауны, улучшению биодизайна агроландшафтов, созданию благоприятных условий жизни и труда человека, повышению продуктивности сельскохозяйственных угодий и животных [7, 5].

В настоящее время становятся популярными продвижение и реализация лесоклиматических проектов в регионах России для снижения выбросов парниковых газов за счет увеличения поглощающей способности лесов. Наиболее эффективным инструментом достижения углеродной нейтральности считается создание климатических проектов по лесоразведению – создание новых лесов и систематизация подходов к их реализации от разработки до выпуска углеродных единиц [9, 12]. Исследования по депонированию углерода и секвестрации CO_2 проводятся не только в естественных лесах, но и агролесомелиорированной территории. Существующая методология позволяет определять за счет лесомелиоративного обустройства сельскохозяйственных земель аккумуляцию органического углерода и биофильных элементов в почвах защитных полос и межполосном пространстве, фитомассе ЗЛН и прибавку урожая выращиваемых культур. Доказана эколого-энерго-экономическая эффективность от мелиоративного влияния ЗЛН [8]. Сле-

довательно, агролесомелиорация и защитное лесоразведение могут выступать как экологический фактор ESG-рэнкинга агропромышленных компаний в совокупности с проводимыми организационно-хозяйственными, лесокультурными и лесоводственными мероприятий по созданию, выращиванию и использованию насаждений из деревьев и кустарников для защиты почвы сельскохозяйственных угодий, дорог, водоемов, каналов, населенных пунктов, животноводческих помещений и других аграрных и промышленных объектов от неблагоприятных природных явлений и в борьбе с глобальное потепление климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермаков, В. С. Внедрение принципов ESG-менеджмента АПК в условиях цифровизации экономики / В. С. Ермаков, Д. Я. Родин // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы 77-й науч.-практ. конф. студентов по итогам НИР за 2021 г.: в 3-х ч., Краснодар, 1 март. 2022 г. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, 2022. – Ч. 2. – С. 139-141.

2. Захарова, А. В. Эко-бренд как отражение ESG-принципов в бизнесе / А. В. Захарова, Е. Ю. Кармалова // Брендинг как коммуникационная технология XXI века: материалы VIII Международ. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 1-2 март. 2022 г. / Под ред. А. Д. Кривоносова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2022. – С. 56-58.

3. Каганов, В. В. Изменение экосистемных запасов углерода при облесении в степной и полупустынной зонах европейской части России / В. В. Каганов // Проблемы региональной экологии. – 2012. – № 4. – С. 7-12.

4. Кретинин, В. М. Агролесомелиоративное почвоведение: развитие, достижения, задачи / В. М. Кретинин, К. Н. Кулик, А. В. Кошелев // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 1. – С. 23-26. – DOI 10.30850/vrsn/2020/1/23-26.

5. Кулик, К. Н. Лесомелиорация – основа создания устойчивых агроландшафтов в условиях недостаточного увлажнения / К. Н. Кулик, А. М. Пугачёва // Лесотехнический журнал. – 2016. – Т. 6. – № 3 (23). – С. 29-40. – DOI 12737/21677.

6. Курченков, В. В. ESG-принципы как инструмент комплексного устойчивого развития сельских территорий / В. В. Курченков, Д. А. Конева, О. В. Фетисова // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. – 2022. – Т. 24, № 3. – С. 128-137. – DOI 10.15688/ek.jvolsu.2022.3.10.

7. Павловский Е. С. Концепция современной агролесомелиорации / Е. С. Павловский. – Волгоград, 1992. – 7 с.

8. Резванов, Р. И. Национальная «зеленая» таксономия и вызовы ESG- трансформации в агропромышленном секторе России / Р. И. Резванов // Ученые записки Международного банковского института. – 2023. – № 1(43). – С. 142-167. – DOI 10.2139/ssrn.4458227.

9. Рыбаков, В. В. Перспективы поддержки российских экспортных ESG-проектов на внешних рынках / В. В. Рыбаков // Российский внешнеэкономический вестник. – 2022. – № 9. – С. 43-61. – DOI 10.24412/2072-8042-2022-9-43-61.

10. Саввиди, С. М. Применение ESG-принципов как современный элемент развитие экологического менеджмента российских предприятий / С. М. Саввиди, Е. Б. Шелудько // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2021. – Т. 11, № 4-1. – С. 173-177. – DOI 10.34670/AR.2021.38.26.020.

11. Emissions Gap Report. – 2019 / https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30797/EGR2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

12. Han, X. Understanding soil carbon se-questration following the afforestation of former arable land by physical fractionation / X. Han, F. Zhao, X. Tong, J. Deng, L. Chen, D. Kang // Catena. – 2017. № 150. P – 317-327. – DOI 10.1016/j.catena.2016.11.027.

УДК 631:634.93

ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ НА ЗАТОПЛЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

В. М. Кретинин, д. с.-х. н.; **А. В. Кошелев**, к. с.-х. н.
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Проанализирована эффективность 5 способов освоения залежных земель при введении в сельскохозяйственный оборот в зоне черноземных почв Волгоградской области. Выявлено, что наиболее рентабельными в 146 и 153 %являются варианты прямого посева и 2-кратного дискования с посевом яровой пшеницы.

The effectiveness of 5 methods of development of fallow lands when introduced into agricultural turnover in the zone of chernozem soils of Volgograd region is analyzed in the article. It was found that the most profitable 146 and 153 % are variants of direct seeding and 2-fold discing with sowing of spring wheat.

Человек издавна селился у воды в поймах рек на луговых, лесных, угодьях, превращая их в сельскохозяйственные. В конце XVIII начале XIX вв. Сибирь и Дальний Восток активно заселяется выходцами из западной России, и в настоящее время участниками федеральной программы «Дальневосточного гектара».

Крупнейший за 100 лет паводок на Амуре был в 2013 г. 15 тыс. домов, 100 тыс. людей пострадали. Ущерб составил 527 млрд руб. В 2019 г. паводок и ущерб повторились. Многие климатологи [2, 7] предсказывают потепление и увлажнение климата. Однако антропогенный фактор загрязнения природной среды также активно оказывает неблагоприятное влияние [3, 6].

Землепользование на затопляемой территории своеобразно. В пойме рек и на первой надпойменной террасе развивается лесоводство, луговодство, овощеводство, жилищное строительство здесь недопустимо, должно быть запрещено юридически. На границе первой и второй террасах предлагается создать земляной, каменный, бетонный вал высотой 5-15 м, в зависимости от подъема потока.

Незатопляемая площадь обычно больше затопляемой в 2-10 раз. Большой водосбор на склонах водораздела и верхних надпойменных террасах создает угрозу для развития эрозия почвы и подтопления пойменных земель. Землепользование, земледелие здесь должны быть почвозащитным и контурным. Размещение полей, лесных полос производится перпендикулярно к направлению склонов. Нижняя сторона лесной полосы обваливается [1]. На крутых склонах ограничиваются только сплошным облесением. Основная цель противоэрозионных мероприятий задержать поверхностный сток воды и превратить его во внутрипочвенный.

В степных зонах задержание и распределение поверхностного стока на межполосных полях улучшает водный режим, повышает увлажнение почв, формирует антропогенные грунтовые воды. Например, на Тимашевском опорном пункте ВНИАЛМИ высота снежного покрова была на 20 см выше и запас воды в снеге на 56 мм больше, чем на незащищенных. За 60 лет уровень грунтовых вод в агроландшафте повысился на 210 см [5].

Под полезащитными лесными полосами в почве увеличивается содержание гумуса, биогенных элементов, повышается урожайность сельскохозяйственных культур [4].

На затопленной территории спрямляют основное русло реки, очищают донные наносы, тем ускоряет поток паводковых и дождевых вод.

Трудное землепользование в населенных пунктах, городах, например в Тулуне, Комсомольске на Амуре. Здесь придется поднимать укреплять фундамент зданий, поднимать ограды, дренировать сходную площадь, откачивать воду.

Сложная и трудоемкая проблема землепользования в горной затопляемой местности в Северном Кавказе, Крыме, где развиваются сели, обвалы. Гидротехнические мероприятия должны опережать события (эрозию почв и грунтов, землетрясения).

Землепользование на затопленных территориям на равнинах степных зон не изучено. Затопление здесь совершается весной при таянии твердых атмосферных осадков. Строительство гидростанций резко изменяет объем и сброс стока талых вод, ухудшается условия оплодотворения икры и созревания мальков. В прудах и водохранилищах технология землепользования более управляема и эффективна. Предлагаем разработать закон о запрете жилищного строительства на затопляемой территории.

В администрации каждого населенного пункта с помощью гидротехники заблаговременно определяются накопление, объемы сроки таяния и выпадения атмосферных осадков, а с помощью геодезиста - граница жилищного фонда в натуре на местности и картосхеме. Глава администрации несет ответственность за организацию и нарушение жилищного строения на затопляемой территории. Имеется необходимость в разработке закона о запрете жилищного строительства на заболоченных территориях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агролесомелиорация / В. Г. Юферев, Л. Б. Щербакова, В. Д. Шульга [и др.]. – 5-е изд., перераб. и доп. – Волгоград: Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации, 2006. – 746 с.

2. Будыко, М. И. Климат в прошлом и будущем / М. И. Будыко. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 352 с.

3. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды 2-е изд. / Ю. А. Израэль. – Л.: Гидроиздат, 1985. – 560 с.

4. Кретинин, В. М. Агролесомелиорация почв / В. М. Кретинин. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2009. – 198 с.

5. Кретинин, В. М. Формирование и режим грунтовых вод в агроландшафте Среднего Поволжья / В. М. Кретинин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 13-15.

6. Федоров, Е. К. Изменение климата и стратегия человечества / Е. К. Федоров // Метеорология и гидрология. – 1979. – № 7. – С. 12-24.

7. Arrhenius, S. Lehrbuch der kosmischen physic / S. Arrhenius. – Hirzel, Leipzig, 1903. – 1026 p.

УДК: 633.11.631.89

ВЛИЯНИЕ МИКРО И МАКРО УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЮЖНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ*

Е. В. Семинченко; А. В. Гузенко; А. Ю. Гузенко

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Дана сравнительная оценка озимой пшеницы и ярового ячменя по различным факторам в засушливых условиях Волгоградской, Самарской и Орловской областях. Анализ данных показал, что использование макро- и микроудобрений помимо существенной прибавки по урожаю, также оказывает положительный эффект на продуктивный стеблестой и урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя.

A comparative assessment of winter wheat and spring barley by various factors in the arid conditions of the Volgograd, Samara and Oryol regions is given. The analysis of the data showed that the use of macro- and micro-fertilizers, in addition to a significant increase in yield, also has a positive effect on the productive stem and yield of winter wheat and spring barley.

В Волгоградской обл. посевы озимой пшеницы ежегодно расширяются и в настоящее время достигли более 1,5 млн га. Эта культура в севообороте высевается в основном по лучшему предшественнику – чистому пару. Результаты работы хозяйств за последние два десятка лет показывают, что звено севооборота пар – озимая пшеница является наиболее эффективным, особенно в острозасушливых агроклиматических условиях Волгоградского региона, обеспечивая до 60-75 % валового сбора зерна в области [1-3, 5].

Цель: изучение продуктивного потенциала новых сортов озимой пшеницы и ярового ячменя разных селекционных центров с учетом различных агроклиматических условий.

Новизна – в различных почвенно-климатических условиях изучаются новые сорта озимой пшеницы и ярового ячменя разного климатипа с учетом агролесоландшафтов для определения их продуктивного потенциала.

Исследования по влиянию микро- и макроудобрений на урожайность зерновых колосовых, в частности озимой пшеницы и ярового ячменя, проводились на опытных участках ФНЦ агроэкологии РАН в различных условиях: в Волгоградской (каштановые почвы), Самарской (черноземные почвы) и Орловской (серые лесные почвы) обл. в 2021-2022 годах.

Схема опыта. Предпосевная обработка семян озимой пшеницы и ячменя осуществлялась баковой смесью, состоящей из двухкомпонентного инсектицидного протравителя «Имидор ПРО» 1 л/т, фунгицидного протравителя «Гераклион» 0,8 л/т, удобрения органоминерального «Биостим старт» 0,5 л/т. По озимой пшенице глубина заделки семян составила 3-4 см, норма высева – 4,0-

*Работа выполняется в рамках Государственного задания № 122020100448-6 «Создание новых конкурентноспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации».

5,0 млн всхожих семян на 1 га. По яровому ячменю глубина сева составила 4-5 см, норма – 3,5-4,0 всхожих семян на га. Посевы проводились в зависимости от участка сеялкой селекционной СС-11 «Альфа» (Камышинский р-н Волгоградской обл., Орловская обл.), СЗС-2,1 «Омичка» (Городищенский р-н Волгограской обл. и Самарская обл.). Сроки сева: Самарская обл. – 05.09; Волгоградская – 10-15.09; Орловская – 09.10. Предшественник – черный пар. Ширина делянок составляла 4 м, длина 200 м.

В испытания были включены 8 новых сортов озимой пшеницы и 8 новых сортов ярового ячменя.

Все учеты и наблюдения проводились согласно общепринятым методикам [4, 6, 7].

На формирование оптимальной густоты продуктивного стеблестоя влияет вся агротехнология, но наиболее существенно – норма высева, срок, способ и глубина посева, качество семян и равномерность их распределения на площади. От правильного их выбора зависит продуктивность фотосинтеза, величина и качество урожая (табл. 1).

Таблица 1

Показатели продуктивности новых сортов ярового ячменя в разных климатических зонах за 2021-2022 г, среднее

Сорт	Продуктивный стеблестой, шт./м^2		Урожайность, т/га	
	Волгоград	Орел	Волгоград	Орел
Медикум 139	385	578	3,01	3,33
Медикум 200	453	578	2,91	4,03
Камышинский 23	502	574	3,10	4,37
Новониколаевский	414	579	2,76	3,83
Азимут	501	632	3,33	4,23
Ратник	406	546	2,62	4,25
Формат	408	553	2,78	3,92
Федос	393	596	2,76	4,14

Количество продуктивных стеблей перед уборкой на 1 единицу площади зависит не только от проводимых мероприятий (норма высева, глубина заделки семян, своевременное внесение питательных элементов), но также и от самого сорта. Продуктивный стеблестой у ярового ячменя существенно варьирует как в зависимости от сорта, так и зоны выращивания. При этом урожайность имеет прямую зависимость от продуктивного стеблестоя, чем он выше, тем выше урожайность. В условиях Волгоградской обл. наибольшая урожайность, более 3,0 т/га, отмечена на сортах Медикум 139 , Камышинский 23 и Азимут. В условиях Орловской обл. большая урожайность, свыше 4,0 т/га, отмечена на сортах Медикум 200, Камышинский 23, Ратник, Азимут и Федос.

Высокие показатели продуктивного стеблестоя не всегда коолерируются с высокими показателями урожайности (табл. 2). Это говорит о том, что формирование высокого урожая происходит не только за счет высокого продуктивного стеблестоя, но и за счет более выполненного зерна.

Таблица 2

Показатели продуктивности новых сортов озимой пшеницы в разных климатических зонах, 2021-2022 г, среднее

Сорт	Продуктивный стеблестой, шт./м^2		Урожайность, т/га	
	Волгоград	Самара	Волгоград	Самара
Рубин Дона	452	417	4,03	5,3
ДФ 20-20	390	427	3,08	5,5
Система	453	394	4,41	4,9
Изумруд Дубовицкого	489	430	3,80	5,1
Ермоловка	403	426	3,02	6,2
Камышанка 4	403	394	3,00	4,5
Камышанка 6	423	403	2,78	5,2
Д 20-21	364	351	4,31	4,8
Донская степь	446	418	4,71	4,6

Наибольший продуктивный стеблестой и урожайность озимой пшеницы отмечены на участке в Самарской обл., что характеризует данную зону как наиболее благоприятную для выращивания озимой пшеницы. Вместе с тем прослеживаются различия по сортам. Наибольшая урожайность озимой пшеницы получена в Самарской обл. у сорта Ермоловка – 6,2 т/га, этот сорт обладает более интенсивным типом роста и при благоприятных условиях формируют более выполненное зерно. Другие сорта уступали от 11 до 27 %. В Волгоградской обл. сорт Донская степь сформировал высокий урожай – 4,71 т/га, другие сорта обладают менее интенсивным типом, формируют зерно менее выполненное и у данных сортов более четко прослеживается зависимость урожайности от продуктивного стеблестоя.

Таким образом, изучение различных сортов зерновых колосовых культур в разных климатических условиях показало существенные различия в зависимости от зоны выращивания как по продуктивной кустистости, так и по урожайности. Причем не у всех сортов озимой пшеницы высокая продуктивная кустистость способствовала увеличению урожайности. Основное влияние на зависимость урожайности от продуктивной кустистости оказывали как условия произрастания, так и тип сорта. Максимальную урожайность по всем зонам выращивания показали сорта Система, Донская степь. По яровому ячменю лучший результат на всех участках отмечен на сортах Медикум 139, Камышинский 23 и Азимут.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимова, О. И. Формирование элементов структуры урожайности озимой пшеницы в весенне-летний период / О. И. Алимова // Вестник Алтайского государственного университета. – 2009. – № 8. – С. 17-23.

2. Балашов, В. В. Реакция сортов озимой пшеницы на засуху в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области / В. В. Балашов, А. К. Агафонов // Вестник Нижневолжского агроуниверситета: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 1. – С. 3-7.

3. Динамика посевных площадей и урожайности ярового ячменя в РФ / Г. А. Филенко, Т. И. Фирсова, Ю. Г. Скворцова [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 5(53). – С. 20-25.

4. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для выс. с.-х. уч. заведений / Б. А. Доспехов. – М.: Альянс, 2014.

5. Маркова, И. Н. Перспективы создания адаптивных сортов твердой пшеницы для Волгоградской области / И. Н. Маркова, А. Ю. Гузенко, А. В. Солонкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 3(63). – С. 141-151. DOI 10.32786/2071-9485-2021-03-14. – EDN TYHEVU.

6. Матюшенко, Л. В. Методика определения силы роста семян. / Л. В. Матюшенко, З. М. Калюшина, Б. С. Лихачев. – М.: МСХ СССР, Государственная семенная инспекция, 1983.

7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Подгот. М. А. Федин [и др.] // Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур. Вып. 2: Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – М.: Б. и., 1989. – 194 с.

УДК 631/635; 502/504; 911

ПРОБЛЕМЫ АГРОЭКОЛОГИИ И АГРОЛЕСОЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ В XXI ВЕКЕ

И. А. Трофимов[1, 2], д. геогр. н.; **Л. С. Трофимова**[1], к. с.-х. н.; **Е. П. Яковлева**[1]; **А. В. Емельянов**[2], д. б. н.; **Е. В. Скрипникова**[2], к. с.-х. н.; **А. С. Горбунов**[3], к. геогр. н.; **О. П. Быковская**[3], к. геогр. н.

[1]*ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса»,* г. Лобня, РФ

[2]*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина», Институт естествознания,* г. Тамбов, РФ

[3]*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,* г. Воронеж, РФ

Решению проблем агроэкологии и агроландшафтоведения в XXI в. способствует формирование экологического мышления в государстве и обществе, рациональное природопользование в сельском хозяйстве, сохранение продуктивного долголетия агроландшафтов.

The formation of ecological thinking in the state and society, rational use of natural resources in agriculture, preservation of productive longevity of agricultural landscapes contributes to solving the problems of agroecology and agro-landscape studies in the XXI st century.

В. В. Докучаев в своих трудах показал и на деле доказал, что в природе человек имеет дело не с отдельными природными телами, а с их сложным комплексом, целостной системой, "единым живым организмом". Он установил природные закономерности почвообразования, влияние сельскохозяйственной деятельности на почвообразование, заложил основы системного подхода к изучению почв, изучению природы, управлению сельскохозяйственными землями и агроландшафтами [1, 7].

Его последователи В. Р. Вильямс, Л. Г. Раменский, Ф. Н. Мильков, В. Б. Сочава, М. И. Лопырев, В. А. Николаев и др. продолжили развитие теоретических и прикладных основ агроландшафтоведения [3, 5, 6].

Изучение пространственного распределения ландшафтных, биологических, экологических и экономических закономерностей является необходимой основой развития рационального природопользования с целью создания высокопродуктивного, устойчивого и экологически чистого сельского хозяйства.

Устойчивым и экономически эффективным сельское хозяйство становится только когда оно максимально приспособлено к природным условиям (адаптивно), т. е. регионально-, ландшафтно- и экологически дифференцировано.

Главным направлением в адаптации является районирование территории по природным условиям для сельского хозяйства. Важно также для адаптации создавать и осваивать регионально-, ландшафтно- и экологически дифференцированные агроландшафты и агроэкосистемы, сорта сельскохозяйственных культур, применять адаптивные (природоподобные) приемы и технологии. Человек в своей деятельности должен следовать законам природы и гармонично с ней взаимодействовать [2].

Развитие земледелия зависит от состояния, устойчивости и использования сельскохозяйственных земель и агроландшафтов. Центральное Черноземье (ЦЧР), один из наиболее распаханных районов степных агроландшафтов России, которые на протяжении многих лет испытывают нерациональное антропогенное использование. В результате сельскохозяйственные земли деградируют, подвержены эрозии, дефляции, дегумификации.

Земли Центрального Черноземья представляют особую ценность для государства и здесь, прежде всего, должно быть обеспечено развитие устойчивых агроландшафтов с высокопродуктивным, экологически чистым сельским хозяйством, воспроизводством плодородия почв и сбалансированным подходом к использованию природных ресурсов.

Компромисс экономики и экологии в настоящее время особенно актуален, потому что в ЦЧР наблюдается огромный дисбаланс между природой и экономикой. В настоящее время и в перспективе должен совершаться переход только к оптимальному природопользованию. Такое природопользование может осуществляться в рамках комплексного сбалансированного сочетания трех основных подсистем (экономической, ландшафтно-экологической и социальной) пространственной общественной системы ЦЧР.

В ЦЧР доминируют природно-сельскохозяйственные ландшафты, которые столетиями интенсивно используются в земледелии и растениеводстве. Сельскохозяйственное использование агроландшафтов ЦЧР осуществлялось с целью увеличения площадей продуктивных агроэкосистем (в основном зерновые, картофель). Но осуществлялось оно за счет сокращения протективных площадей экологического каркаса агроландшафтов, сведения лесов, распашки сенокосов и пастбищ, склонов балок, пойм рек, земель водоохранных зон и других защитных экосистем агроландшафта, определяющих его устойчивость [10, 11].

В XXI в. важнейшей проблемой агроэкологии и агроландшафтоведения является использование бережного, комплексного, междисциплинарного подхода к изучению и управлению агроэкосистемами и агроландшафтами, который характерен для В. В. Докучаева, В. Р. Вильямса и других ученых.

Сельское хозяйство и агроландшафты должны быть сбалансированными. В них оптимально должны сочетаться поле, луг, лес и воды. Не один какой-то объект, а все они необходимы в единой геоэкосистеме. Комплексные мелиорации агроландшафтов с использованием научного системного подхода к объектам исследования и управления являются важнейшей проблемой агроэкологии и агролесоландшафтоведения в XXI в. Агролесоландшафтоведение вносит зна-

чительный вклад в комплексную мелиорацию агроландшафтов. Создание агролесомелиоративных систем направлено на решение общей задачи повышения продовольственной и экологической безопасности страны [4, 8, 9].

Но это только часть общей комплексной проблемы. Значительный вклад в комплексную мелиорацию агроландшафтов вносят также виды и сорта сельскохозяйственных культур, удобрения, техника, обработка почвы, водный и воздушный режимы, сбалансированная структура агроландшафтов с научно обоснованным размещением на ней лугов, полей, лесов, полезащитных лесных насаждений и водоемов. Многолетние травы, многолетняя травянистая растительность имеют для сохранения и обводнения степных и лесостепных агроландшафтов не меньшее значение, чем лес.

Все это необходимые компоненты комплексной мелиорации агроландшафтов. Все они имеют важнейшее значение для создания высокопродуктивного и устойчивого сельского хозяйства.

Решению проблем агроэкологии и агроландшафтоведения в XXI в. способствует формирование экологического мышления в государстве и обществе, рациональное природопользование в сельском хозяйстве, сохранение продуктивного долголетия агроэкосистем и агроландшафтов для настоящих и будущих поколений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Докучаев, В. В. Наши степи прежде и теперь / В. В. Докучаев. – М.: Сельхозгиз, 1953. – 152 с.

2. Жученко, А. А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке / А. А. Жученко. – Саратов: ООО "Новая газета", 2000. – 275 с.

3. Лопырев, М. И. Основы агроландшафтоведения / М. И. Лопырев. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1995. – 180 с.

4. Мелихов, В. В. Защитное лесоразведение как основной элемент комплексных мелиораций и фактор экологической и продовольственной безопасности РФ / В. В. Мелихов, К. Н. Кулик // Орошаемое земледелие. – 2020. – № 1. – С. 6-7.

5. Мильков, Ф. Н. Рукотворные ландшафты / Ф. Н. Мильков. – М.: Мысль, 1978 – 86 с.

6. Они открывали Землю! Вильямс Василий Робертович. URL: http://i.geo-site.ru/node/190. (Дата обращения 11.06.2023).

7. Они открывали Землю! Докучаев Василий Васильевич. http://i.geo-site.ru/node/203. (Дата обращения 11.06.2023).

8. Постановление Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 года. URL: https://ru.wikisource.org/wiki/ (Дата обращения 11.06.2023).

9. Рулев, А.С. Формирование новой агролесомелиоративной парадигмы / А. С. Рулев, А. М. Пугачёва // Вестник Российской академии наук. – 2019. – Т. 89. – № 10. – С. 1044-1051.

10. Трофимов, И. А. Природа, сельское хозяйство и глобализация / И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева // Век глобализации. – 2022. – № 2 (42). – С. 86-99.

11. Трофимов, И. А. "Тихий кризис" агроландшафтов Центрального Черноземья / И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева // Земледелие. – 2014. – № 1. – С. 3-6.

4. КОМПЛЕКСНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ

УДК 631.4

ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ НА ЗАСОЛЕННЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ

М. М. Абдулгалимов
ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан",
г. Махачкала, Республика Дагестан.

Приводятся способы мелиорации, обработки и промывки тяжелых почв на засоленных агроландшафтах, которые предотвращают образование почвенной корки, препятствующей выходу всходов на поверхность, а также улучшают структуру почв и их водно-физические свойства и благоприятно влияют на рассоление и повышение плодородия почв.

Presents methods of reclamation, treatment and washing of heavy soils on saline agricultural landscapes, which prevent the formation of a soil crust that prevents the emergence of seedlings to the surface, as well as improve the structure of soils and their water-physical properties and favorably affect the salinization and increase soil fertility.

Одним из видов антропогенного ландшафта является аграрный ландшафт. Урочищами и фациями аграрного ландшафта служат поля, сенокосы, пастбища, лесные полосы и т. п. и средоформирующие системы и элементы, как каналы, гидротехнические сооружения, насосные станции, дождевальные установки и прочее. Кроме этого в составе агроландшафтов остаются и природные компоненты: почвы, рельеф, вода, воздух, животный и растительный миры.

Наиболее интенсивным средством увеличения природно-ресурсного потенциала и повышения устойчивости агроландшафтов является мелиорация, как составная часть ландшафтного земледелия.

В Республике Дагестан под солонцеватыми и солончаковатыми почвами заняты треть территории сельхозугодий. По долям площади почв здесь распределяются: луговые солонцеватые и солончаковатые – 17 %, лугово-каштановые солонцеватые и солончаковатые – 9,1 %, светло-каштановые солонцеватые и солончаковатые – 5,7 %, засоленные и солонцеватые маршевые – 0,6 %, лугово-болотные солончаковатые и солонцеватые – 0,5 %, засоленные пойменные – 0,5 %, неупорядоченно-пятнистые комплексы бурых солонцеватых почв и солонцов – 0,1 % [3].

Освоение засоленных почв под сельскохозяйственные нужды тесно связано с выполнением сложного комплекса специальных мелиоративных мероприятий по рассолению. При орошении незасоленных земельных массивов важную роль играет разработка комплекса мероприятий по предупреждению вторичного засоления.

Особое значение в мелиоративном отношении имеют такие засоленные почвы как солонцы и солонцеватые почвы, солончаки, солончаковатые и солончаковые почвы [5].

Почвы, засоленные с поверхности, содержащие в верхней 10-сантиметровой толще легкорастворимые (токсичные) соли в количестве не менее 1 % (по данным водной вытяжки), относятся к солончакам. Они чаще всего формируются в условиях аридного и субаридного климата степной, сухостепной и полупустынной зон, в отрицательных элементах рельефа: котловинах, впадинах, поймах и дельтах рек, а также на приозерных террасах, берегах морей и озер. В условиях неглубокого залегания минерализованных грунтовых вод при выпотном или периодически выпотном водном режиме реализуется накопление солей. На территориях, подверженных подтоплению и орошению, возможно образование вторичных солончаков при подъеме уровня засоленных грунтовых вод и поступлении в почву солей в количестве, превышающем их вынос поливными водами. Растительность на солончаках сильно изрежена, представлена специфическими галофитными видами. Засоленность почв можно определить по наличию таких индикаторов, как солерос и солянка. В сельском хозяйстве солончаки используются только после проведения мелиоративных работ. При рассолении солончаков требуется большое количество пресной воды и строительство дорогостоящих дренажных сооружений сложной конструкции, поэтому мелиорируют солончаки лишь там, где это крайне необходимо.

К наиболее сложному числу для сельскохозяйственного использования почв относятся солонцы. Они малопродуктивны в естественном состоянии, а наиболее злостные корковые солонцы, часто практически бесплодны. Однако на средних и глубоких солонцах с мощностью надсолонцового гумусированного слоя более 10-15 см в благоприятные по увлажнению годы урожаи зерновых могут приближаться к урожаю на окружающих зональных почвах, что свидетельствует о том, что они обладают высоким плодородием и их нужно ввести в сельскохозяйственный оборот. С мелиорацией солонцов не только возрастает урожай сельскохозяйственных культур, но и повышается качество сельхозпродукции.

На естественное плодородие солонцов влияют ряд лимитирующих факторов, такие как наличие легкорастворимых солей в токсических для растений количествах, щелочная реакция среды и неблагоприятные агрофизические свойства.

Целью настоящих исследований является разработка способов вовлечения в сельскохозяйственный оборот значительной площади неиспользуемых засоленных земель, улучшение их мелиоративного состояния и повышение плодородия за счет поэтапного внесения мелиоранта и промывки почв пресной водой.

На засоленных почвах пользуются следующими методами мелиорации:

- механический способ мелиорации – при котором солевую корку удаляют за пределы участка путем сгребания;

- физический способ – растворенные с водой соли удаляются из почвы в результате промывки, проводимой при низком стоянии грунтовых вод и наименьшем испарении воды с поверхности почвы в осенне-зимний период. При этом только промывка малоэффективна, так как, во-первых, она требует очень много пресной воды, пропустить которую через плотный солонец прак-

тически невозможно; во-вторых, почвенно-поглощающий комплекс легко разрушается при насыщении водородом, сама почва ухудшается, а длительные промывки солонцовых почв приводит к их осолодеванию;

- самомелиорация – улучшение проводят, используя внутрипочвенные запасы кальциевых солей, извлекаемых глубокими мелиоративными обработками из подсолонцовых горизонтов;

- агротехническая мелиорация – физические свойства улучшают за счет послойных обработок без дополнительного внесения кальциевых солей с сохранением естественной глубины залегания горизонтов;

- землевание – когда на поверхность солонцов наносится гумусированный горизонт почвы;

- фитомелиорация – посев культур, способствующих прямым выносом солей из верхнего слоя почвы рассолению почв. Кроме того, произрастающие растения выполняют следующие благоприятные функции:

– уменьшают испарение воды с поверхности, затеняя почву;

– способствуют уменьшению притока солей к поверхности, перехватывая влагу корневой системой;

– обогащают почву органическими веществами и улучшают ее структуру за счет корневой массы [4, 5];

- химическая мелиорация – вытеснение поглощенного натрия или снижение его содержания путем внесения кальцийсодержащих (гипс, фосфогипс) и других мелиорирующих веществ в почву.

Для освоения засоленных агроландшафтов нами разработаны «Способ мелиорации солончаков» (автор М. М. Абдулгалимов) [1] и «Способ мелиорации земель» (авторы М. М. Абдулгалимов, С. А. Теймуров) [2], на которые получены патенты на изобретения RU № 2693889 и RU № 2792673 соответственно.

Изобретения относятся к области сельского хозяйства, в частности к мелиорации. Способ мелиорации солончаков включает заделку семян в заранее нарезаемые на глубину посева бороздки, засыпаемые смесью песка с перегноем. Ежегодную перепашку участка проводят с увеличением глубины пахоты от 13-15 до 22-25 см и изменением направления посева, при этом нарезку борозд, высев семян и засыпку проводят за один проход агрегата. Способ обеспечивает предотвращение образования почвенной корки для улучшения структуры почвы.

Способ мелиорации земель может быть использовано при освоении тяжелых засоленных почв под различные сельскохозяйственные культуры. Для продления срока службы дренажной сети, улучшения водно-физических свойств, повышения водопроницаемости и рассоления почвогрунтов на тяжелых засоленных землях, после прокладки постоянных глубоких дрен и планировки участка, параллельно этим дренам нарезают щели на глубину не менее 70 см через интервал в 1 м, одновременно заполняя их пористым материалом, в качестве которого используют крупный песок. Заполнение щелей осуществляют путем нагнетания предварительно насыщенным водой пористым материалом (песком). Перпендикулярно щелям канавокопателем нарезают временные дрены-собиратели на глубину более 70 см. Полосы между временными дренами-

собирателями вспахивают и засевают сельскохозяйственной культурой, после чего участок затопляют. Вода с растворенными солями отводится по щелям к временным дренам-собирателям, откуда поступает в глубокие постоянные дрены. При перепашке песок из верхней части щелей смешивается с почвой, улучшая ее водно-физические свойства и водопроницаемость. На следующий год щели нарезают посередине между щелями, нарезанными в предыдущем году. А в последующие два года нарезку щелей производят по той же схеме, как и в первые два года, но перпендикулярно постоянным дренам и без временных дрен-собирателей. За 4 года освоения участка при ежегодной перепашке улучшится структура почвы, а в подстилающих горизонтах образуется «сетка» размером 50 × 50 см из щелей, наполненных пористым материалом (песком), позволяющая провести на многие годы промывки засоленных земель. Данный способ мелиорации земель решает одновременно две задачи – ускоренное рассоление орошаемых земель путем полива повышенными нормами сельскохозяйственных культур в вегетационный период и улучшение структуры почвы.

Таким образом, способ мелиорации солончаков позволяет нам без строительства сложных дренажно-сбросных систем для промывки пресной водой, а также применения химических, агромелиоративных и иных способов, ускоренно с первого же года получить гарантированные урожаи и освоить земли с солонцово-солончаковыми почвами. Хороший эффект будет иметь такой способ при подсеве сельскохозяйственных культур (фитомелиорантов), способствующих рассолению и рассолонцеванию почв на деградированных землях Кизлярских пастбищ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулгалимов, М. М. Описание изобретения к патенту № 2693889 RU «Способ мелиорации солончаков», Бюл. № 19, 2019 г.

2. Абдулгалимов, М. М., Теймуров С. А. Описание изобретения к патенту № 2792673 RU «Способ мелиорации земель», Бюл. № 9, 2023 г.

3. Аграрная интернет-энциклопедия России. Республика Дагестан.

4. Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв. Учебник / Ф. Р. Зайдельман. – 3-е изд. – М.: МГУ, 2003.

5. Каллас, Е. В. Мелиорация засоленных почв и методы их изучения. Учебно-метод. пособие / Е. В. Каллас, Т. А. Марон. – Томск, 2018.

УДК 631.6

ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ РАЦИОНАЛЬНОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ НА АГРОЛАНДШАФТАХ

В. В. Конаш[1]; В. Н. Щедрин[2], д. т. н, проф., акад. РАН
[1]*ФГБУ ВПО ВГАУ,* г. Волгоград, РФ
[2]*ФГБНУ «ВНИИГи М им. А. Н. Костякова»,* г. Москва, РФ

Представлены материалы, раскрывающие особенности компоновки и функционирования оросительных систем на агроландшафтах. Приведены расчеты, отражающие эффективность функционирования звеньев оросительных систем нового поколения. Приведены

технические мероприятия на оросительных системах, которые увязываются с совокупностью организационно-экономических и агротехнических мероприятий сельхозтоваропроизводителя.

Presents materials that reveal the features of the layout and functioning of irrigation systems in agricultural landscapes. Calculations reflecting the efficiency of the functioning of the links of irrigation systems of a new generation are given. Technical measures on irrigation systems are given, which are linked with a set of organizational, economic and agrotechnical measures, agricultural producers.

Одним из интенсивных объектов фундаментальных исследований является агроландшафт – природно-предпринимательский комплекс, сформированный под антропогенным воздействием. В агроландшафтах морфологическая структура исходного природного ландшафта, в той или иной степени, сохраняется, служит функциональной платформой для грядущих изменений. По одному из определений агроландшафт – это природно-сельскохозяйственная система с нарушенными естественными механизмами саморегуляции, низким порогом экологической безопасности [1]. В узком смысле под агроландшафтом понимают пространственную единицу, используемую для сельскохозяйственной деятельности; в широком – как совокупность объектов: сельскохозяйственных полей, лесополос, дорог, хозяйственных построек в пределах административно-территориальной единицы, например, региона [8]. Дискуссии последних лет по развитию агроландшафтов все чаще обращают наш взор к Докучаево-Берговскому периоду, когда агроландшафт рассматривался с позиции проявляющихся режимов: энергетического, водного, теплового [2, 6].

Вопросам устойчивого развития агроландшафтов посвящены работы видных ученых: И. П. Айдарова, А. А. Викснэ, М. С. Григорова, Б. М. Кизяева, К. Н. Кулика, Б. Б. Шумакова, В. Н. Щедрина. Академиком РАН И. П. Кружилиным были разработаны условия функционирования орошаемых ландшафтов на юге России. История развития мелиорации в России показывает, что она способна обеспечивать устойчивое производство сельхозпродукции и развитие сельских территорий на длительный период. Интегральным показателем эффективности оросительных мероприятий выступает биопродуктивность и экологический след [9].

При проектировании оросительных систем (ОС) должны соблюдаться принципы минимизации нагрузок на почвы, адаптации к климатическим изменениям, использования природосберегающей техники и технологий, рационального распределения водных ресурсов.

Важным источником информации при проектировании ОС является монография «Оросительные системы России: от поколения к поколению», подготовленная под руководством академика РАН В. Н. Щедрина [7].

Задача достижения экономической эффективности в сельском хозяйстве определяется необходимостью применения ОС нового поколения [3, 5]. При проектировании энергоэффективных оросительных систем требуется сложная многовариантная проработка различных технологических и конструктивных решений с целью выбора оптимумов.

Ресурсосбережение и рационализация водопользования в сельском хозяйстве предполагают снижение потребления и потерь водных ресурсов на оросительной системе, связанное с забором, подачей и использованием воды на оро-

шаемом поле, и может рассматриваться только через применение экологически обоснованных режимов орошения, обеспечивающих снижение оросительных норм на 15-20 %.

При имитационном моделировании ОС преследуется конечная цель – бесперебойная подача воды на поля. Эффективность функционирования ОС за определенное время (*t*) определяется суммарным значением эффективности элементов каждого n-го яруса по формуле:

$$E = \sum_{i=1}^{n} E_i = \sum_{i=1}^{n} K_{Гi}\varphi_i \,, \tag{1}$$

где E_i – эффективность функционирования *i*-го выходного элемента ОС; $K_{Гi}$ – коэффициент готовности *i*-го выходного элемента ОС; φ_i – производительность *i*-го выходного элемента ОС.

В качестве интегрального показателя может использоваться коэффициент «сохранения эффективности», который является отношением показателя эффективности функционирования ОС за определенное (*t*) к номинальному значению этого показателя, вычисленному при бесперебойном функционировании ОС:

$$КСЭ = \frac{E}{E_0} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_{Гi}\varphi_i}{\sum_{i=1}^{n} \varphi_{i0}} . \tag{2}$$

Из выражения (2) можно сделать вывод, что в случае идентичных исполнительных элементов (равенство по производительности), $\varphi_1 = \varphi_2 = ...\varphi_n$, а также равенство показателей надежности элементов каждого яруса, т. е.:

$$КСЭ = K_Г = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{1}{K_{Гi}} - 1\right)} . \tag{3}$$

Расчет эксплуатационной эффективности основных элементов ОС производится на основе статистических данных.

Мелиоративные системы в техническом отношении выполняют две функции: превращение воды из состояния тока в каналах в состояние нужной почвенной влажности на орошаемых поля или наоборот – удаление излишней почвенной влаги на осушаемых землях путем превращения ее в состояние токов; транспортирование этих водных токов по каналам системы в нужном количестве и в нужные сроки – от источника орошения к орошаемым площадям, при осушении – от осушаемых площадей к водоприемнику [2, 3, 9, 10]. Основные элементы оросительной системы в рис. 1.

Технические мероприятия на оросительных системах должны быть неразрывно увязаны с совокупностью соответствующих организационно-предпринимательских и агротехнических мероприятий.

Исследование показывает, что на межхозяйственной сети удельный вес технически исправленной системы должен составлять не менее 40-50 % от всей протяженности сети, а срок службы – не менее 50 лет.

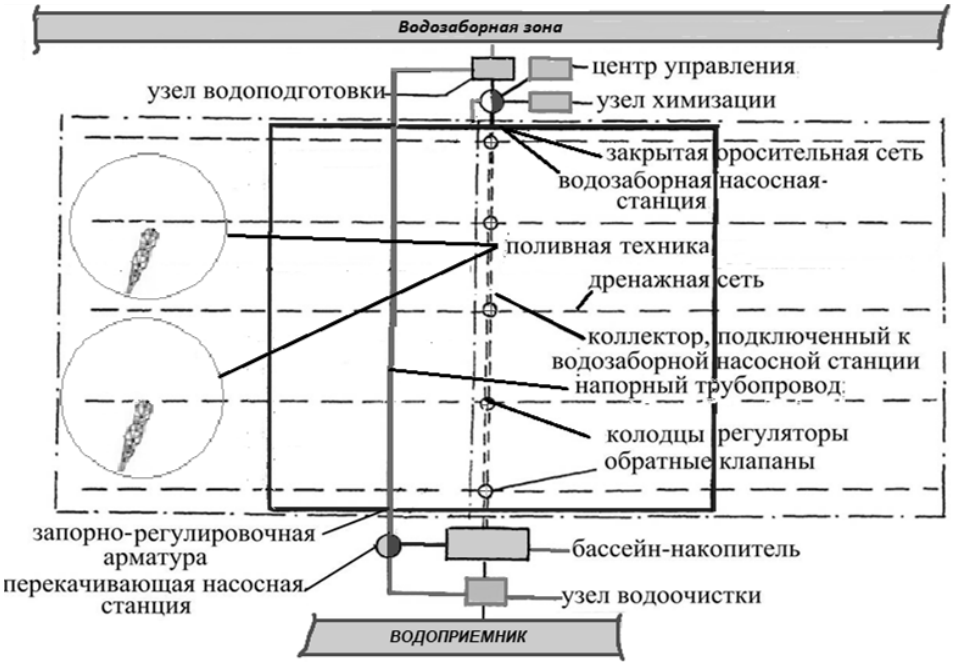


Рис. 1. Инфраструктура оросительной системы

Межхозяйственная сеть, имеющая вид открытых распределительных каналов в противофильтрационной облицовке, должна иметь КПД от 0,93 до 0,98.

На внутрихозяйственной оросительной сети удельный вес технически совершенной сети в облицовке, лотках и трубопроводах должен составлять не менее 70 %, срок службы не менее 25-30 лет, КПД – 0,95-0,98.

ОС представляет собой комплекс гидротехнических сооружений, предназначенных для забора, транспортирования и распределения воды по поливным участкам с обеспечением водного, питательного, теплового, химического режимов [7].

Основные требования к техническим характеристикам оросительных систем в таблице.

Таблица

Основные требования к техническим характеристикам оросительных систем

Показатель	Значение
Коэффициент полезного действия сети КПД:	Не менее
с каналами в земляном русле	0,80
с облицованными каналами	0,85
с внутрихозяйственной сетью в лотках	0,85
с внутрихозяйственной сетью в трубах	0,90
Глубина залегания грунтовых вод, м	Более 1,5-3,5
Уровень автоматизации системы, %	Не менее 70
Коэффициент использования воды на поле (КИВ)	Не менее 0,8-0,95
Коэффициент земельного использования (КЗИ)	0,93-0,97
Количество сооружений на 1000 га	Не менее 50-60
Удельная протяженность трубопроводов, м/га	20-35
Показатель эксплуатационной надежности	Не менее 0,90
Показатель обеспечения заданных гидромодулей	Не менее 0,90

Источник: ФГБНУ РОСНИИПМ.

Для стабильного функционирования оросительной системы необходим учет производственных ресурсов и возможностей сельхозтоваропроизводителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айдаров, И. П. Пути перехода сельского хозяйства страны к устойчивому развитию / И. П. Айдаров // Природообустройство. – 2014. – № 5. – С. 9-12.

2. Кирейчева, Л. В. Теоретические подходы к обоснованию систем комплексных мелиораций / Л. В. Кирейчева, В. М. Яшин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2019. – № 5. – С. 30-35.

3. Краснощеков, В. Н. Система показателей оценки эффективности использования сельскохозяйственных земель / В. Н. Краснощеков, В. А. Семендуев // Природообустройство. – 2010. – № 2. – С. 106-112.

4. Кружилин, И. П. Орошение – гарант устойчивого земледелия в засушливых зонах России / И. П. Кружилин // Вестник Россельхозакадемии. – 2000. – № 5. – С. 17-21.

5. Манжина, С. А. К вопросу привлечения инвестиций в мелиорацию через формирование платы за подачу воды сельскохозяйственным водопотребителям / С. А. Манжина, Л. Н. Медведева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2019. – № 2(34). – С. 215-229.

6. Мелихов, В. В. Мелиорация земель: стратегия на перспективу / В. В. Мелихов // Орошаемое земледелие. – 2019. – № 3.– С. 6-7.

7. Оросительные системы России: от поколения к поколению / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев [и др.] // Новочеркасск: Геликон. – 2013. – 590 с.

8. Сизов, Ю. И. Природные и мелиоративные концепции формирования агроландшафтов / Ю. И. Сизов, Л. Н. Медведева // Орошаемое земледелие. – 2022. – № 4. – С. 62-67.

9. Стратегический подход к развитию мелиорации в условиях меняющегося климата / В. Н. Щедрин, Р. С. Масный, С. А. Манжина [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство. – 2022. – № 2. – С. 11-17.

10. Meliorative institutional environment: The area of state interests / V. N. Shchedrin, S. M. Vasilyev, A. V. Kolganov [et al.]. – 2018. – Vol. 39. – PP. 28-36.

УДК 631.1:631.6

СТРАТАГЕМЫ ИДЕАЛЬНОГО ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Л. Н. Медведева, д. э. н.
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, г. Волгоград, РФ

Для повышения эффективности сельскохозяйственного производства стратегическое значение имеет введение в оборот новых орошаемых земель. Стратагемы позволяют выстроить систему идеальных решений, направленных на решение проблемных вопросов. Предлагаемые модели оптимального землепользования на орошаемых землях позволяют рассчитать инвестиции (строительство и реновация водохозяйственных систем, тыс руб), прогнозирование экономических результаты (получение сельскохозяйственной продукции, тонн) за определенной период (год).

To increase the efficiency of agricultural production, the introduction of new irrigated lands into circulation is of strategic importance. Stratagems allow you to build a system of ideal solutions aimed at solving problematic issues. The proposed models of optimal land use on irrigated lands allow calculating investments (construction and renovation of water management systems, thousand rubles), forecasting economic results (obtaining agricultural products, tons) for a certain period (year).

Стратагемы – это базовые положения, которые присутствуют в любой системе, обеспечивают при решении задач, получать положительные результаты. Первые **с**тратагемы стали разрабатываться в Китае, предписывали, как в государственном управлении, добиваться предсказуемых результатов. Перенеся стратагемы в сельское хозяйство, мы можем получить «идеальные решения» в области орошаемого земледелия. Для примера:

Стратагема № 1 – «Создание оптимальных условий на агроландшафтах позволяет сохранить естественное плодородие».

Стратагема № 2 – «Рациональный полив позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур и сохранить плодородие почвы».

Стратагема № 3 – «Разумное сочетание агробиологических и агротехнических мероприятий с чередованием культур в посевах – доказывает эффективность орошаемого земледелия».

Стратагема № 4 – «Обеспечение равнозначимости факторов (света, тепла, воздуха, воды и питания) способствует росту растений и формированию устойчивых агроландшафтов».

Стратагема № 5 – «Величина урожая сельскохозяйственной культуры определяется фактором, который находится на минимуме на данном этапе развития растения».

Стратагема № 6. – «Следование режимам орошения обеспечивает поддержание нормального увлажнения почвы и удовлетворяет потребности растений в воде».

Стратагема № 7 – «Правильное установление оросительной и поливной норм в природной зоне – позволяет добиться эффективности сельскохозяйственном производстве».

С помощью экономико-математического моделирования можно определять параметры *оптимального землепользования на орошаемых землях.* Формула для расчета[1, 3]:

$$\psi(u) = \max_{x_l,\, y} \left\{ \sum_{l \in L} C_l(y) \cdot x_l - C_0 \left[\left(\frac{y}{\theta} \right)^{4{,}35} - 1 \right] - \left(C_1 \left(\frac{y}{\theta} \right)^{4{,}35} + C_2 \right) \cdot \delta \right\}, \qquad (1)$$

где $\psi(u)$ – целевая функция, определяющая наибольший эффект при оптимальном землепользовании, руб.; u – уровень водоподачи в систему, м^3; x_l – искомая площадь орошения под l – севооборот; l – индекс севооборота; y – общий коэффициент полезного действия оросительной системы; L – множество севооборотов, включающее подмножества $L_i, i \in [1, n]$, определенных видов сельскохозяйственной продукции; $C_l(y)$ – стоимость продукции с единицы орошаемой площади для l – севооборота, руб./га; C_0 – приведенные капитальные затраты на строительство оросительных систем, руб.; θ – КПД всей оросительной системы, $\theta \le y \le 1$; C_1 – приведенные капитальные затраты на строительство оросительного канала в земляном русле, руб.; C_2 – приведенные капитальные затраты на строительство оросительного канала бетонном русле в сопоставимых ценах, руб.;δ – бинарная переменная, определяемая из зависимости:

$$\delta = \begin{cases} 0, & \text{если } \sum_{j \in J^+} u_j \le u_j^0, \\ 1, & \text{если } \sum_{j \in J^+} u_j > u_j^0, \end{cases} \qquad (2)$$

где u_j – пропускная способность проектируемого перспективного -го отрезка оросительного канала, м^3; u_j^0 – пропускная способность существующего j -го отрезка ОС, м^3.

Рентабельность производства сельхозкультуры на орошаемых землях можно рассчитать по формуле:

$$Р_{ПРОИЗ} = \sum_{i=1}^{N} \frac{\Delta П_i}{\Delta С_i} \cdot 100, \qquad (3)$$

где $Р_{ПРОИЗ}$ – рентабельность производства продукции на орошаемых землях, %; $\Delta П$ – прирост прибыли i-го сельскохозяйственного предприятия, полученный за счет орошения земель, руб; $\Delta С$ – прирост текущих затрат, связанный с производством дополнительного объема сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях, содержанием оросительной системы i-го сельскохозяйственного предприятия, руб.; N – число сельскохозяйственных предприятий, шт.

Размер выручки от реализации сельскохозяйственной продукции, полученной на орошаемых землях, рассчитывается по формуле [8, 9]:

$$\Delta В_i = \sum_{j=1}^{n} \Delta(У_{ji}^{после} - У_{ji}^{до}) \cdot F_{мелi} \cdot \alpha_{ji} \cdot К_{зиi} \cdot ц_j, \qquad (4)$$

где $У_{ji}^{после}$ – фактическая урожайность j-ой сельскохозяйственной культуры на орошаемых землях в i-ой сельскохозяйственной организации, ц/га; $У_{ji}^{до}$ – фактическая урожайность j-ой сельскохозяйственной культуры на богарных землях в i-ой сельскохозяйственной организации, ц/га; $F_{мелi}$ – орошаемая площадь в i-ой сельскохозяйственной организации, га; $K_{зиi}$ – коэффициент земельного использования в i-ой сельскохозяйственной организации, в относительных единицах; n – число сельскохозяйственных культур, шт.; α_{ji} – доля орошаемых земель, занятая j-ой сельскохозяйственной культурой, в i-ой сельскохозяйственной организации, в относительных единицах; u_j – цена реализации j-ой сельскохозяйственной культуры, руб./ц.

Владея инструментарием экономико-математического моделирования, сельхозтоваропроизводители могут определять параметры эффективного орошаемого земледелия и планировать несколько вариантов севооборотов на юге России [5, 7]:

- вариант № 1: зерновые – 35,0 % (кукуруза – 50 %, пшеница – 30 %, соя – 20 %); кормовые – 52,0 % (кукуруза на силос – 40 %, травы на сено – 50 %, корнеплоды – 10 %); овощные – 9 %; сады, виноградники – 4 %;

- вариант № 2: зерновые – 20 % (кукуруза – 50 %, пшеница, ячмень, горох – 50 %); кормовые 80 % (травы, сенокосы, пастбища);

- вариант 3: зерновые – 30 % (кукуруза – 50 %, пшеница, ячмень, горох – 50 %), кормовые 60 % (травы, сенокосы, пастбища); овощные 10 %.

На рис. 1, 2 представлена эффективность орошаемого земледелия от типа полива.

Являясь естественным условием интенсификации земледелия, орошение обеспечивает выполнение Продовольственной безопасности Российской Федерации, способствует росту урожайности сельскохозяйственных культур, развивает экономический потенциал сельских территорий.

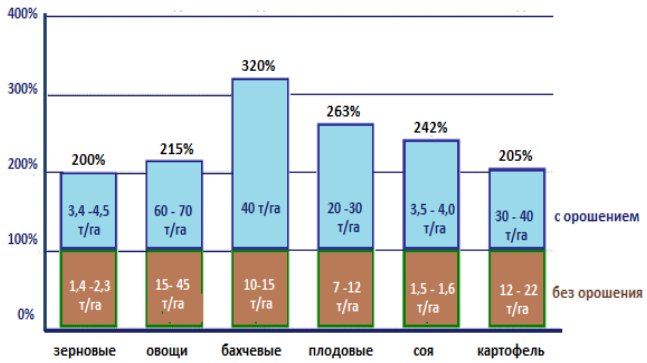


Рис. 1. Эффективность орошаемого земледелия на основе дождевания

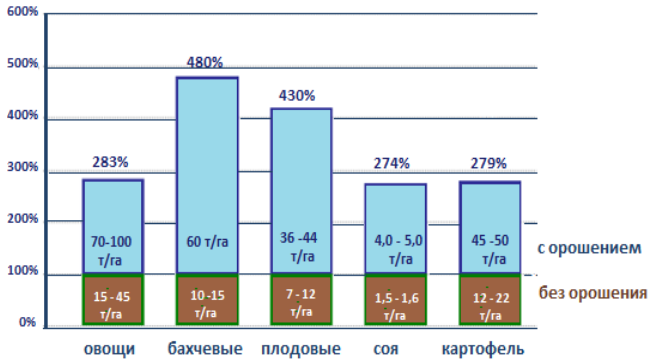


Рис. 2. Эффективность использования капельного орошения при возделывание сельскохозяйственных культур

Применение экономико-математического моделирования позволяет рассчитать эффективность сельскохозяйственного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев, С. М. Математические методы прогнозирования в мелиорации / С. М. Васильев, В. М. Игнатьев, В.Н. Щедрин // Современное состояние и приоритетные направления развития аграрной экономики. – 2016. – С. 151-158.

2. Водно-физические свойства каштановых почв при разных способах мелиоративной обработки / Н. Н. Дубенок, А. Е. Новиков, А. А. Поддубский [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2023. – Т. 1. – С. 45-58.

3. Гурина, И. В. Стратегическая платформа преобразований в агропромышленном комплексе в условиях меняющейся внешней среды / Л. Н. Медведева, И. В. Гурина // Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. – Курган, 2022. – С. 141-144.

4. Кирейчева, Л. В. Теоретические подходы к обоснованию систем комплексных мелиораций / Л. В. Кирейчева, В. М. Яшин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2019.– № 5. – С. 30-35.

5. Кружилин, И. П. Орошение – гарант устойчивого земледелия в засушливых зонах России / И. П. Кружилин // Вестник Россельхозакадемии. – 2000.– № 5. – С. 17-21.

6. Медведев, А. В. Повышение инновационно-предпринимательского потенциала орошаемого земледелия Юга России / А. В. Медведев // Russian Economic Bulletin. – 2020. – № 3. – С. 149-154.

7. Мелихов, В. В. Мелиорация земель: стратегия на перспективу / В. В. Мелихов // Орошаемое земледелие. – 2019. – № 3. – С. 6-7.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018661741. «Экономико-математическое моделирование эффективности участия сельхозтоваропроизводителя в мелиоративном парке» / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, М. В. Власов, С. В. Куприянова, Л. Н. Медведева. – 2018.

9. Novikov, A. A. Organization of water accounting and water saving of irrigation water based on world experience in the conditions of changing climate / A. A. Novikov, T. S. Sharova, L. N. Medvedeva [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 577(1).

УДК 631.614

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИЕМЫ ВОВЛЕЧЕНИЯ В ОБОРОТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

А. И. Осипов, д. с.-х. н.
ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,
г. Санкт-Петербург, РФ

В последнее время Министерство сельского хозяйства России уделяет повышенное внимание вовлечению в оборот неиспользуемых земель, что является ключевым фактором интенсивного развития АПК. Для их комплексной оценки целесообразно использовать радиоуправляемых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). С помощью БПЛА по разработанным методикам можно определить степени зарастания полей древесно-кустарниковой растительностью, ее густоту, породу деревьев. Рассчитать объемы надземной части древесины, выдать рекомендации о механизированной их уборке и утилизации.

Recently, the Ministry of Agriculture of Russia has been paying increased attention to the involvement of unused land in the turnover, which is a key factor in the intensive development of the agro-industrial complex. For their comprehensive assessment, it is advisable to use radio-controlled unmanned aerial vehicles (UAVs). With the help of UAVs, according to developed methods, it is possible to determine the degree of overgrowth of fields with tree and shrub vegetation, its density, and tree species. Calculate the volumes of the aboveground part of the wood, issue recommendations on their mechanized harvesting and disposal.

Россия обладает колоссальным потенциалом для развития АПК, занимая первое место в мире по земельному фонду (более 1,7 млрд га), третье место по площади пашни (116 млн га) и пятое место по наличию сельскохозяйственных угодий (192,7 млн га). В настоящее время около 56 млн га земель, предназначенных для ведения сельского хозяйства в связи с их целевым назначением, оказались выведенными из оборота [9]. Как правило, они расположены на землях, малопригодных для ведения сельского хозяйства, однако с наиболее благоприятными условиями для выращивания леса. Сокращение площадей сельскохозяйственных угодий характерно практически для всех субъектов Российской Федерации. На неиспользуемых землях происходит естественный процесс сукцессии растительных сообществ, который приведет к восстановлению исходной растительности и существенным изменениям состояния старопахотных почв. Многочисленными исследованиями установлено, что территория зарастает сначала травянистой, потом кустарниковой и древесной растительностью, представленной преимущественно сосной, ольхой, березой и ивой. Отмечено, что земли, вышедшие из сельхозпользования, имеют выровненный пахотный горизонт, более высокий класс бонитета. Кислотность этих почв также меньше, чем лесных, что делает более доступными элементы минерального питания для древесных пород [1-3]. В настоящее время количество площадей, покрытых древесной растительностью, на землях ранее бывших в сельскохозяйственном пользовании, возрастает. Причины данного процесса имеют под собой социальную основу и вызваны рядом экономических и политических факторов. Вывод земель из сельскохозяйственного оборота является обычной практикой стран с рыночной экономикой. В Западной Европе за период 1961-2003 гг. из

сельскохозяйственного оборота выведено более 25 млн га земель, в США – 35,6 млн га, в Австралии-40,8 млн га, в целом по всему миру – 223 млн га [6]. Во многих европейских странах использование бывших сельскохозяйственных земель под выращивание искусственных древостоев имеет сформировавшуюся практику землепользования и отражает упадок в традиционной деятельности. Это часто происходит на территории неудобных для пастбищ, возделывания сельскохозяйственных культур, на участках с крутыми склонами, бедными почвами или слаборазвитой дорожной инфраструктурой. С переводом земель с одного типа пользования на другой меняются система оценок и способы технологий их использования. Если плодородие сельскохозяйственных площадей поддерживается, главным образом, проведением комплекса агротехнических и агрономических приемов, то плодородие лесных земель оценивается по продуктивности леса, являющегося интегральным показателем взаимодействия почвообразующей породы, условий дренажа, растительности и климата. Лесная экосистема обеспечивает себя необходимыми элементами питания. Критерии, используемые для оценки земель в сельском хозяйстве и лесных почв, различны. Сложность прогнозирования возможной продуктивности лесных насаждений состоит в том, что нет показателей, от которых бы напрямую зависело плодородие земель, тем более, имеющих предысторию различного хозяйственного использования. Показатели, которые являются общими при оценке лесных и сельскохозяйственных площадей связаны с почвообразующей породой и гидрологическим режимом. По данным Голубевой Л. В. [2], при различии путей формирования почвы на 20 сельскохозяйственных и лесных площадях общим показателем плодородия для них является содержание органического вещества в верхнем слое почвы. Процессы лесовозобновления на участках, выбывших из сельхозоборота, изучались в различных субъектах Российской Федерации [5, 6, 10]. Значительные по площади земли, которые с правовой точки зрения являются пашней, но при этом на них в течение 8-12 лет не велось сельское хозяйство, они переходят в перелог, и формируют начальную стадию залежи**.** Леса, имеющие то или иное отношение к землям сельскохозяйственного назначения, исходя из их современного правового положения в России, можно разделить на три основные категории. Во-первых, это мелиоративные защитные лесные насаждения, специально выращенные для защиты сельскохозяйственных земель от неблагоприятных факторов окружающей среды – их в нашей стране около 6 млн га, их правовой статус регулируется недавно внесенными поправками в федеральный закон "О мелиорации земель". Во-вторых, это бывшие колхозные и совхозные леса, их в нашей стране около 40 млн га, большинство из них сейчас находится на разных стадиях перевода из земель сельскохозяйственного назначения в земли лесного фонда. В-третьих, это леса, выросшие на выбывших из использования сельскохозяйственных угодьях. До недавнего времени оставался не урегулированным правовой режим лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения. Законным образом использовать лес на данных землях невозможно, так как соответствующая деятельность не регламентирована, а если не использовать, то это является нарушением требований по охране земель сельхозназначения [6]. В настоящее время появи-

лись четкие правила использования лесов, растущих на сельхозземлях. Владельцы таких участков до 1 октября 2022 г. или в течение двух лет со дня регистрации права на земельный участок должны направить уведомления о виде использования лесов в орган управления агропромышленным комплексом субъекта РФ, Россельхознадзор и Росреестр. В этом случае зарастание участка древесно-кустарниковой растительностью не будет являться признаком неиспользования его по целевому назначению или использования с нарушением законодательства Российской Федерации. Правообладатель может в любой момент принять решение о прекращении использования лесов, расположенных на соответствующем земельном участке и вовлечении такого земельного участка в сельскохозяйственный оборот. Об этом решении он должен уведомить те же органы, что и о решении, об использовании лесов. Однако если бывшая пашня не обрабатывалась более десяти лет, то переход ее к активной агрономической деятельности невозможно без проведения культуртехнических работ и агрохимической мелиорации. В последнее время Министерство сельского хозяйства России повышенное внимание уделяет вовлечению в оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения, что является ключевым фактором обеспечения интенсивного развития агропромышленного комплекса. Эффективное управление этими землями позволит решить важнейшие задачи в области обеспечения продовольственной безопасности и наращивания экспортного потенциала. По данным органов управления АПК в 2019 г. в целом по стране введено в оборот 1,07 млн га неиспользуемой пашни. С 2021 г. данная задача выполняется в рамках Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации. К концу 2030 г. Минсельхоз планирует вовлечь в оборот не менее 12 млн га земель сельхозназначения, чему будут способствовать инструменты господдержки. Эта работа позволит обеспечить ежегодный прирост объемов производства зерна на 1 млн т.

Сотрудники Агрофизического института на протяжении ряда лет проводит научные исследования по применению дистанционных методов обследования сельскохозяйственных земель с использованием беспилотных летательных аппаратов [12]. Дистанционное зондирование земли (ДДЗ) представляет собой процесс получения информации без непосредственного контакта с изучаемым объектом. При помощи специальных приборов регистрирующих отраженные и излучаемые земной поверхностью электромагнитные волны. Измеряя собственное или отраженное излучения сельскохозяйственного поля в оптическом или радиолокационном диапазонах, можно определить свойство посевов, почв и оценить состояние мелиоративных систем. По оптическим характеристикам растений, управляют их водным, пищевыми режимами и защитой посевов от сорняков, вредителей и болезней. Применение автоматизированных метеорологических измерений, анализаторов качества стоков воды с полей, измерение уровня грунтовых вод, использование георадаров и других средств измерений в режиме контроля и фиксации географических координат места проведения исследований по установленной программе позволяет повысить производительность труда и получить более достоверные показатели обследования. Расшифровка аэрофотоснимков, полученных

в различных диапазонах света беспилотными летающими аппаратами, а также информация со спутников, позволяет получить требуемые данные о состоянии сельхозугодий, в т. ч. и вышедших из оборота. Для комплексной оценки, вышедших из оборота сельскохозяйственных земель, по мнению специалистов АФИ, целесообразно использовать автоматизированный летательный аппарат типа «коптер», который показал более высокую эффективность и охват широкого круга задач. Новые технологии позволяют получать высокоточные цифровые модели рельефа, что невозможно сделать традиционными методами.

Целесообразно также отметить экономическую сторону данной проблемы. Применение автоматизированной системы существенно сокращает время, затрачиваемое на обследование заросших угодий, а также позволяет избежать значительных трудозатрат, связанных с визуальным осмотром данных полей [11, 12]. Обследование вышедших из оборота земель с помощью БПЛА по действующим методикам позволяет определить степени зарастания полей древесно-кустарниковой растительностью, ее густоту, породу деревьев и толщину стволов по снимкам, сравнивая их со снимком модельного участка, заросшего подобной растительностью. Рассчитать объемы надземной части древесины, выдать рекомендации о механизированной их уборке и утилизации. Определить объемы корчевки (удаления) пней, корней, а также камней и рекомендовать способы их удаления с полей. На осушенных мелиорированных землях определяются локальные неисправности мелиоративной системы, включая водоприемники, транспортирующие каналы и другие гидротехнические сооружения. Рассчитываются координаты вымочек, их площади, выдаются рекомендаций по устранению неисправности и использованию неисправного мелиорированного участка. Определяют геометрические размеры каналов, объемы донных отложений по цифровой модели местности. После проведения культуртехнических работ на вновь вводимых в оборот землях необходимо проводить известкование, которое является важнейший прием повышения плодородия почв и эффективного применения минеральных удобрений [7, 8].

С 2019 г. для внесения химических мелиорантов в Ярославле фирмой ПК «Ярославич» выпускаются современные машины УРМ-10 и УРМ-10М (универсальный распределитель материалов). Они доказали свое превосходство по отношению других машин, обладая большей производительностью и надежностью в работе, высоким качеством внесения мелиорантов, а также возможностью работать по точному земледелию с электронными картами полей, позволяющими учитывать пестроту почвенной кислотности.

Для реализации программы повышения плодородия почв и увеличения площадей по известкованию в Ленинградской обл. компания ООО «Инко-Балт» в 2021 г. ввела в эксплуатацию две линии по производству мелиорантов для химической мелиорации кислых почв ДСМ (доломит сыромолотый мелкозернистый) и ПДМ (пылевидная доломитовая мука), которые в 2023 г. прошли государственную регистрацию. Наряду с данными мелиорантами в последнее время большое внимание уделяется фосфогипсу, полученному из апатитового концентрата с Кольского полуострова. Данный химический мелиорант необходим для полноценного развития возделываемых культур, поскольку наряду с кальцием содержит фосфор, серу, кремний и цинк.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов, А. А. Культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) целевого назначения на вышедших из-под сельскохозяйственного пользования землях в условиях лесного северного Заволжья / Белоусов Александр Александрович: диссертация …к. с.-х. н. – Йошкар-Ола, 2015. – 213 с.

2. Голубева, Л. В. Лесоводственно-экологическая трансформация постагрогенных земель на карбонатных отложениях в подзоне средней тайги Архангельской области / Голубева Любовь Владимировна: диссертация … к. с.-х. н. – Архангельск, 2015. – 157 с.

3. Кази, И. А. Исследование конкурентных отношений между древостоем и подростом в насаждениях, сформированных рубками ухода / Кази Ирина Александровна: диссертация … к. с.-х. н. – Санкт-Петербург, 2016. – 175 с.

4. Мандрыкин, С. С. Особенности возобновительных процессов древесных пород на постагрогенных землях Северо-Западного региона/ Мандрыкин Сергей Сергеевич: диссертация ... к. с.-х. н. – Санкт-Петербург, 2019. – 210 с.

5. Новоселова, Н. Н. Формирование древесной растительности на бывших сельскохозяйственных угодьях / Н. Н. Новоселова, С. В. Залесов, А. Г. Магасумова. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. – 106 с.

6. О наступлении лесной растительности на сельскохозяйственные земли в верхнем Поволжье / А. И. Уткин, Т. А. Гульбе, Я. И. Гульбе [и др.] // Лесоведение. – 2002. – № 5. – С. 44-52.

7. Осипов, А. И. История и практические аспекты известкования кислых почв в России / А. И. Осипов // Агрохимический вестник. – 2019. – № 3. – С. 28-36.

8. Осипов, А. И. Химизация в России и научные основа ее улучшения / А. И. Осипов // Здоровье-основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2022. – Т. 17, № 2. – С. 734-743.

9. Оценка состояния лесных и постагрогенных почв Ленинградской области и перспективы интенсивного лесовыращивания на этих территориях / Д. А. Данилов, А. В. Жигунов, Б. Н. Рябинин [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2018. – Вып. 223. – С. 43-67.

10. Перспективы выращивания лесных насаждений на землях, вышедших из сельскохозяйственного оборота / А. Н. Красновидов, Д. А. Данилов, Б. Н. Рябинин [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2014. – № 209. – С. 80-91.

11. Петрушин, А. Ф. Опыт использования БПЛА для мониторинга состояния сельскохозяйственных земель / А. Ф. Петрушин, Е. П. Митрофанов // Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. – 2015. – С. 81-84.

12. Якушев В. П. Получение, обработка и использование данных дистанционного зондирования для мониторинга мелиоративного состояния сельскохозяйственных полей / В. П. Якушев, А. Ф. Петрушин // Агрофизика. – 2013. – № 10. – С. 52-58.

УДК 631/635; 502/504; 911

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ – ОСНОВА ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЛАНА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДЫ

И. А. Трофимов[1, 2], д. геогр. н.; **Л. С. Трофимова**[1], к. с.-х. н.; **Е. П. Яковлева**[1]

[1]*ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса»,* г. Лобня, РФ

[2]*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина», Институт естествознания,* г. Тамбов, РФ

Важнейшее государственное, социальное и научное значение имеет Государственный план преобразования природы, который является хорошим примером ответственного госу-

дарственного отношения к сохранению наших земель и плодородия почв для настоящих и будущих поколений на основе достижений науки.

The most important state, social and scientific importance is the State Plan for the Transformation of Nature, which is a good example of a responsible state attitude to the preservation of our lands and soil fertility for present and future generations on the basis of scientific achievements.

Важнейшее государственное, социальное и научное значение имеет Государственный или Сталинский план преобразования природы, который является хорошим примером ответственного государственного отношения к сохранению наших земель и плодородия почв для настоящих и будущих поколений на основе достижений науки. В 2023 г. ему исполняется 75 лет. По своей сути это принятая на государственном уровне комплексная программа научного регулирования природы в СССР. Основой Государственного плана преобразования природы являются комплексные мелиорации агроландшафтов с использованием научного системного подхода к объектам исследования и управления.

Совет Министров СССР и Центральный Комитет ВКП(б) приняли постановление от 20 октября 1948 г. № 3960 «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоёмов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР». Реализация Плана была рассчитана на период 1949-1965 гг. [9].

В Постановлении отмечались следующие предпосылки необходимости преобразования природы:

1. Часто повторяющиеся засухи и суховеи в степных и лесостепных районах европейской части СССР, которые наносят значительный ущерб сельскому хозяйству этих районов;

2. В то же время наукой доказано, а практикой передовых колхозов, совхозов, МТС и районов подтверждено, что при правильном ведении земледелия в этих районах имеются все возможности получать высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур и создать прочную кормовую базу для развития животноводства;

3. Для этого необходимо всем колхозам и совхозам степных и лесостепных районов на основе многолетнего опыта ряда научно-исследовательских институтов, передовых колхозов и совхозов, начиная с 1949 г., приступить к планомерному и широкому внедрению системы агрономических мероприятий по подъему земледелия, основанной на учении виднейших русских агрономов В. В. Докучаева, П. А. Костычева и В. Р. Вильямса, получившей название травопольной системы земледелия.

Опыт освоения травопольной системы земледелия, показанный на примере ряда хозяйств в степных и лесостепных районах европейской части СССР, подтверждает, что эта система является широкодоступной и высокоэффективной. Она позволяет ежегодно получать высокие урожаи зерновых культур на 30-70 % выше, чем соседние хозяйства, не имеющие лесопосадок и не осваивающие правильных севооборотов.

В целях обеспечения высоких и устойчивых урожаев при любых условиях погоды и создания прочной кормовой базы для развития животноводства органы

государственной власти требуют от профильных министерств, руководителей субъектов СССР и хозяйств степных и лесостепных районов европейской части СССР принятия мер к организации в широких размерах работ по полезащитному лесонасаждению и быстрейшему освоению травопольной системы земледелия.

В 1953 г. со сменой политического руководства изменился политический курс государства и его отношение к природе. От курса, взятого на сохранение земель и плодородия почв для настоящих и будущих поколений, наша страна перешла к курсу на покорение природы, истощительное природопользование и бесконтрольное использование земельных ресурсов. Задачей нового курса стало не ждать, а быстро взять у природы ее земельные ресурсы, распахать целинные земли, не задумываясь о последствиях. Но, как известно, того, кто не задумывается о далеких трудностях, непременно поджидают близкие неприятности. Так и случилось [4].

В настоящее время нам остро не хватает бережного комплексного, междисциплинарного подхода к изучению и управлению природой, который характерен для В. В. Докучаева, В. Р. Вильямса и других ученых. Они оказали глубочайшее влияние на развитие агрономической науки и агроландшафтоведения, частью и зеркалом которого является почва [2, 6, 7].

Сельское хозяйство и агроландшафты должны быть сбалансированными. В них оптимально должны сочетаться поле, луг, лес и воды. Не один какой-то объект, а все они необходимы в единой геоэкосистеме. Комплексные мелиорации агроландшафтов с использованием научного системного подхода к объектам исследования и управления – вот что важно.

Значительный вклад в комплексную мелиорацию агроландшафтов вносит Травопольная система земледелия В. Р. Вильямса, которую он назвал именами своих учителей – «Докучаева – Костычева – Вильямса». Она включает учение о восстановлении и повышении плодородия почвы, системе обработки почвы, удобрений и учение об организации всей сельскохозяйственной территории (агроландшафтах) с научно обоснованным размещением на ней лугов, полей, лесов, полезащитных лесных насаждений и водоемов [1, 3, 8].

Не лесом единым, не удобрением единым создается благополучие сельского хозяйства. Лес – это только часть общей комплексной проблемы. Лес, так же как виды и сорта сельскохозяйственных культур, удобрения, техника, обработка почвы, водный и воздушный режимы – необходимый компонент системы комплексной мелиорации агроландшафтов. Все они имеют важнейшее значение для создания высокопродуктивного и устойчивого сельского хозяйства.

Многолетние травы являются единственной группой сельскохозяйственных культур, способствующей расширенному воспроизводству органического вещества в почве. В этом состоит их важнейшее преимущество по сравнению с однолетними культурами, особенно пропашными. В среднем по России плодородие почв (содержание гумуса) возрастает под многолетними травами (0,2-0,6 т/га в год) и снижается под однолетними культурами (0,4-1,0) и чистыми парами (1,5-2,5) [10].

Понимание важности агролесомелиорации для современных сельскохозяйственных ландшафтов стало толчком к формированию на базе сочетания

сельскохозяйственной и ландшафтно-экологической идеологий устойчивых и долговечных агролесомелиоративных систем в субаридных ландшафтах. Возможно создать многофункциональные высокопродуктивные агролесомелиоративные системы в зонах критического земледелия [5].

Создание агролесомелиоративных систем призвано повышать лесистость земель агролесомелиоративного фонда в среднем с 1,7 до 3,8 %, пашни – с 1,23 до 2,5 %. С увеличением облесения пашни будет получен дополнительный объем растениеводческой продукции, который, по прогнозным расчётам, составит 30 млн т в зерновом эквиваленте [11].

Многолетние травы, многолетняя травянистая степная растительность имеют для сохранения и обводнения степи не меньшее значение, чем лес. Лучшие почвы мира – черноземы образовались под многолетней степной растительностью [12].

Государству, ученым и обществу, регионам и сельхозпроизводителям необходимо объединить свои усилия и уделить большее внимание рациональному природопользованию в сельском хозяйстве, сохранению продуктивного долголетия наших земель, агроландшафтов, плодородия почв для настоящих и будущих поколений и формированию экологического мышления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вильямс, В. Р. Собрание сочинений: В 12 т. / В. Р. Вильямс – М.: Сельхозгиз, 1948-1953.

2. Докучаев, В. В. Наши степи прежде и теперь / В. В. Докучаев. – М.: Сельхозгиз, 1953. – 152 с.

3. История науки. Василий Робертович Вильямс / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева. – М.: Угрешская типография, 2011. – 76 с.

4. Конфуций цитата. URL: https://ru.citaty.net/tsitaty/472591-konfutsii-togo-kto-ne-zadumyvaetsia-o-dalekikh-trudnostiakh-ne/ (Дата обращения 11.06.2023).

5. Мелихов, В. В. Защитное лесоразведение как основной элемент комплексных мелиораций и фактор экологической и продовольственной безопасности РФ / В. В. Мелихов, К. Н. Кулик // Орошаемое земледелие. – 2020. – № 1. – С. 6-7.

6. Они открывали Землю! Вильямс Василий Робертович. URL: http://i.geo-site.ru/node/190. (Дата обращения 11.06.2023).

7. Они открывали Землю! Докучаев Василий Васильевич. http://i.geo-site.ru/node/203. (Дата обращения 11.06.2023).

8. Полынов, Б. Б. Роль В. В. Докучаева и В. Р. Вильямса в естествознании и сельском хозяйстве / Б. Б. Полынов // Академик Б. Б. Полынов. Избранные труды. − М.: Изд-во АН СССР, 1956. − С. 726-740.

9. Постановление Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 года. URL: https://ru.wikisource.org/wiki/ (Дата обращения 11.06.2023).

10. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова [и др.]. – М.: РАН, 2018. – 132 с.

11. Рулев, А. С. Формирование новой агролесомелиоративной парадигмы / А. С. Рулев, А. М. Пугачёва // Вестник Российской академии наук. – 2019. – Т. 89. – № 10. – С. 1044-1051.

12. Трофимов, И. А. "Тихий кризис" агроландшафтов Центрального Черноземья / И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева // Земледелие. – 2014. – № 1. – С. 3-6.

УДК 631/635; 502/504; 911

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Л. С. Трофимова, к. с.-х. н.
ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», г. Лобня, РФ

Решение проблем сельского хозяйства и экологии изучаемой территории возможно только в результате комплексной мелиорации агроландшафтов Восточной Сибири и Дальнего Востока на основе агроландшафтно-экологического районирования.

The solution of the problems of agriculture and ecology of the studied territory is possible only as a result of complex reclamation of the agricultural landscapes of Eastern Siberia and the Far East on the basis of agricultural landscape-ecological zoning.

Обширность территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, их значительная региональная, ландшафтная и экологическая дифференциация, богатство и разнообразие природно-климатических ресурсов являются нашими важнейшими стратегическими преимуществами.

Изучение пространственного распределения ландшафтных, биологических, экологических и экономических закономерностей является необходимой основой развития рационального природопользования с целью создания высокопродуктивного, устойчивого и экологически чистого сельского хозяйства, которое является одним из важнейших национальных приоритетов развития России.

В условиях отсутствия государственного учета и контроля состояния сельскохозяйственных земель десятилетиями ведется истощительная бесконтрольная эксплуатация земельных ресурсов.

Агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий Восточно-Сибирского и Дальневосточного природно-экономических районов России выполнено на базе разработанных нами методологических основ агроландшафтно-экологического изучения и оценки агроэкосистем в целях оптимального информационного обеспечения управления территорией.

В качестве контурной основы агроландшафтно-экологического районирования использованы материалы Почвенно-экологического районирования Российской Федерации [2].

Использовались также природно-сельскохозяйственное и ландшафтно-экологическое районирования территории, эколого-географические, геоботанические карты и пояснительные записки к ним, Национальный атлас почв РФ, данные государственного земельного учета, литературные и фондовые материалы, данные наземных и дистанционных наблюдений [1, 3, 4 и др.].

На территории Восточной Сибири выделено 136 единиц районирования, в том числе, 11 крупных (зоны: Арктическая, Арктотундровая, Тундры и лесотундры, Северотаежная, Среднетаежная, Южнотаежная, Лиственнолесная, Лесостепная, Степная, Сухостепная и Горные территории), 34 средних (22 равнинных и 12 горных провинций) и 91 мелких (49 равнинных и 42 горных округа).

В структуре земельных угодий Восточно-Сибирского природно-эконо-

мического района преобладают леса и лесные насаждения, не входящие в лесной фонд, на их долю приходится 62 % площади района. Болота занимают 7 %, под водой находится 4 %, менее 0,5 % в сумме занимают земли застройки, под дорогами и нарушенные, 22% приходится на прочие земли, по данным на 01.01.2020 г. [1]. Сельскохозяйственные угодья занимают около 6% площади Восточно-Сибирского природно-экономического района, при этом 2 % занимает пашня, 4 % приходится на сенокосы и пастбища.

В результате агроландшафтно-экологического районирования Дальнего Востока выделено 162 единицы районирования, в том числе, 9 крупных (зоны: Арктическая, Арктотундровая, Тундровая, Северотаежная, Среднетаежная, Разреженных лесов и редколесий Камчатки, Дальневосточная таежно-лесная, Дальневосточная зона широколиственных лесов и Горные территории), 32 средних (19 равнинных и 13 горных провинций) и 122 мелких (60 равнинных и 62 горных округа).

В структуре земельных угодий Дальневосточного природно-экономического района преобладают леса и лесные насаждения, не входящие в лесной фонд, на их долю приходится 56 % площади района. Болота занимают 7 %, под водой находится 3 %, менее 0,2 % в сумме занимают земли застройки, под дорогами и нарушенные, 32 % приходится на прочие земли.

В результате проведенного нами районирования, агроландшафтно-экологического анализа и оценки состояния изучаемой территории выявлены следующие закономерности [5, 6, 7]:

- разбалансированность сельского хозяйства (земледелия, растениеводства, животноводства);
- в агроландшафтах мало средостабилизирующих элементов, составляющих их экологический каркас;
- разбалансированность структуры посевных площадей (значительное преобладание экономически привлекательных культур);

нарушение севооборотов, переход к севооборотам с короткой ротацией и даже монокультуре.

Для сельского хозяйства Восточной Сибири и Дальнего Востока характерно широкое распространение возделывания ограниченного числа видов растений, генетически однотипных сортов и гибридов.

Разбалансированность продуктивных и защитных экосистем в нарушенной инфраструктуре агроландшафтов, структуре посевных площадей и севооборотов приводит к колебаниям урожайности агроэкосистем и неустойчивости сельскохозяйственного производства. На значительной части территории отмечается деградация сельскохозяйственных земель, развитие негативных процессов эрозии, дефляции, дегумификации и др.

Решение проблем сельского хозяйства и экологии изучаемой территории возможно только в результате комплексной мелиорации агроландшафтов Восточной Сибири и Дальнего Востока на основе агроландшафтно-экологического районирования.

В сложившейся стратегии интенсификации сельского хозяйства, в т. ч. земледелия, растениеводства и животноводства, деятельности сельскохозяйственных производителей доминируют не естественнонаучные приоритеты

развития устойчивого, экологически чистого сельского хозяйства и сохранения продуктивного долголетия агроэкосистем, а конъюнктурно-рыночные приоритеты получения быстрой выгоды.

Рискованность земледелия, растениеводства и неурожайные годы определяются природно-климатическими условиями Восточной Сибири и Дальнего Востока, которые усиливаются в результате нерациональной сельскохозяйственной деятельности. С другой стороны, их богатейшие воспроизводимые природные почвенные и растительные ресурсы, в т. ч. кормовые, являются перспективными для устойчивого развития животноводства.

Перспективно сбалансированное развитие агроландшафтов, посевных площадей и севооборотов, земледелия и растениеводства, животноводства и кормопроизводства, наиболее адаптированных к условиям Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Решение проблемы устойчивого развития сельского хозяйства, в т. ч. земледелия, растениеводства, кормопроизводства, животноводства должно базироваться на максимальном использовании природно-климатических ресурсов, биологических и экологических факторов

Предлагаемое районирование предназначено для комплексной мелиорации агроландшафтов Восточной Сибири и Дальнего Востока, разработки и устойчивого развития сельского хозяйства, рационального природопользования и охраны окружающей среды.

Обеспечить стабильность сельскохозяйственного производства, защитить его от засух, разрушения эрозией и дефляцией, повысить плодородие почв в полной мере может только рациональное природопользование и охрана окружающей среды – это необходимые условия для обеспечения продуктивного долголетия агроэкосистем и агроландшафтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году. – М.: Росреестр, 2021. – 197 с.

2. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2 500 000 / Науч. ред.: Г. В. Добровольский, И. С. Урусевская. Авторы: Урусевская И. С., Алябина И. О., Винюкова В. П., Востокова Л. Б., Дорофеева Е. И., Шоба С. А., Щипихина Л. С. – М.: Талка+, 2013. – 16 л.

3. Национальный атлас почв Российской Федерации. – М.: Астрель: АСТ, 2011. – 632 с.

4. Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР. Карта, масштаб 1 : 8 000 000 / МСХ, ГИЗР. – М.: ГУГК, 1984. – 1 л.

5. Трофимов, И. А. Земля и сельское хозяйство Дальнего Востока / И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева // Жизнь Земли. – 2022. – Т. 44. – № 2. – С. 192-201.

6. Трофимов, И. А. Районирование Дальнего Востока для оценки перспектив развития сельского хозяйства / И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – № 4. – С. 61-65.

7. Трофимов, И. А. Сельскохозяйственное природопользование в Прибайкальской горной провинции Восточной Сибири / И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – Т. 86. – № 5. – С. 779-787.

5. СОХРАНЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ АГРОЭКОСИСТЕМ В СОВРЕМЕННОЙ ПАРАДИГМЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

УДК 633.2.03

СОХРАНЕНИЕ ПРОДУКТИВНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ СЕНОКОСНЫХ И ПАСТБИЩНЫХ ЛУГОВ

М. В. Власенко, к. с.-х. н.
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН», г. Волгоград, РФ

Представлен состав травостоя на сенокосных лугах, пастбищных лугах и лугах комбинированного пользования, при наличии которого целесообразно вести использование угодий. Проанализированы основные приемы использования пастбищных лугов, которые повышают их производительность и сохраняют продуктивное долголетие.

The composition of grass stands on hay meadows, pasture meadows and meadows of combined use, in the presence of which it is advisable to use the land, is presented. The main methods of using pasture meadows, which increase their productivity and preserve productive longevity, are analyzed.

Организация кормовой базы определяет необходимость правильного использования сельскохозяйственных угодий и культур в соответствии с их природными свойствами и особенностями [1]. Так как производственная ценность фитомассы зависит от видового состава произрастающих на лугу или пастбище трав, одинаковые по весу урожаи, но различные по видовому составу, имеют неодинаковое количество питательных веществ, разное качество и производственную ценность. Поэтому, изучая растительность, необходимо знать хозяйственную географию наиболее ценных и распространенных кормовых трав, их встречаемость, обилие, кормовые достоинства, морфологическую конструкцию, экологические свойства и особенности видов. Важно знать: в каких условиях местообитания вид показывает наивысшую степень развития, жизнестойкости и урожайности [2, 4-6].

Луговые фитоценозы представляют собой стабильные саморегулирующиеся сообщества. Рационально организованные сенокошение и выпас скота на них не приводят к негативным экологическим последствиям [3].

В степной зоне для сенокосов пригодны луга лиманные и разливные среднего и низкого уровней, приозерные среднего и выше среднего увлажнения, степные влажные и сырые балочные луга, поймы степных рек низкого и среднего уровней, достаточно обеспеченные влагой и не резко засоленные. Эти территории в корневищной и корневищно-рыхлокустовой стадии развития наиболее ценны именно при сенокошении. При пастбищном пользовании быстро нарастающая

фитомасса используется неполно. Травы быстро перерастают, остаются неиспользованными. При выпасе слабо задернованная почва таких лугов неравномерно уплотняется, а кормовая продуктивность снижается.

Пастбищные луга в течение вегетационного периода используются 3-6 раз. Ко времени каждого очередного стравливания травостой пастбищного луга доходит до полного и мощного отрастания листовых прикорневых побегов и начала образования стеблевых частей: у злаков – до начала выхода в трубку, у бобовых и разнотравья – до образования стеблевых побегов от корневой шейки, от оснований сгрызенных стеблей. В степной зоне для пастбищ используются междолинные степные пространства и сухая мелко-злаковая типцовая и типцово-ковыльная степь, сухая пятнистая степь, долинно-балочные суходолы, высокие лиманы и разливные луга и поймы высокого и среднего уровней. Лучшие места – широкие, сухие и умеренно влажные речные долины. Фитоценоз пастбищного луга состоит из видов способных быстро и мощно отрастать за счет кущения и образования новых вегетативных побегов (низовые злаки, съедобное разнотравье, бобовые). Луг должен быть покрыт умеренно плотной, связной, но проницаемой и упругой дерниной из живых надземных и подземных частей растений, что защищает почву от уплотнения.

Луга комбинированного пользования в степной зоне – возвышенная черноземная разнотравная степь, сухие луга плоскодонных балок, влажные балочные луга, долинно-балочные засоленные суходолы, долинно-влажные засоленные луга, высокие лиманные и разливные луга, поймы среднего и низкого уровней. Они дают в первую половину вегетационного периода один полноценный укос на сено, спустя 25-30 дней (при отрастании травы на 12-15 см) используются как пастбище. Выпас прекращается за 3-4 недели до конца вегетации, так как до заморозков травы должны несколько отрасти.

Состав травостоя на сенокосных, пастбищных и лугах комбинированного пользования, при наличии которого целесообразно вести использование угодий, представлен в таблице.

Таблица

Состав травостоев кормовых угодий

Состав травостоя	Сенокосный луг	Пастбищный луг	Луг комбинированного пользования
Злаков верховых лучших и среднего кормового достоинства (овсяница луговая, лисохвост луговой, ежа сборная)	≥ 40 %	10-20 %	≥ 40 %
Злаков низовых среднего и выше среднего кормового достоинства	≤ 10 %	≥ 30 %	10-20 %
Бобовых клеверного типа (кустовых)	≤ 10 %	≥ 10 %	10-20 %
Бобовых цепляющихся, корневищных (горошки, чина)	≥ 3 %	3-5 %	3-5 %
Разнотравье	≤ 20 %	10-20 %	≤ 15 %
Осоки	5-10 %	≤ 5 %	≤ 5 %

К основным приемам использования пастбищ, которые повышают производительность и сохраняют их продуктивное долголетие, можно отнести:

1. Соблюдение пастбищеоборота, что улучшает качество фитомассы, увеличивает мощность отрастания растений. В апреле – первой половине мая стравливают степные луга (типчаково-ковыльные, типчаковые, типчаково-полынные). Во вторую очередь (до июня) стравливают пастбища типчаковые в сухой степи, типчаковые на пониженных местах и на западинах – полынно-злаковые. С июля по август основными пастбищами являются: типчаково-ковыльные на пониженных местообитаниях, полынно-злаковые и полынно-злаково-лебедовые – на солончаках и корковых солонцах. Дополнительными пастбищами являются отавы полынных степных сенокосов, отавы луговых (пырейно-костров о-житняковых) и лиманных сенокосов. С сентября по октябрь основными пастбищами являются типчаково-ковыльная и типчаковая степь, типчаковая степь в понижениях рельефа. Дополнительные участки пастьбы в это время – отавы залежных степных сенокосов и самые низкие части лиманов. Основными пастбищами с ноября по декабрь являются типчаковые и типчаково-ковыльные участки степи, полынно-злаковые и полынно-злаково-лебедовые на солончаках и корковых солонцах, низкие части лиманов. В пастбищеобороте степной зоны ценно сочетание природных и сеянных однолетних и многолетних пастбищ и выпасов по отавам природных и сеянным сенокосных лугов. Пастбищами первой очереди в таком случае будут целинные и сухие степи; второй очереди – пониженные участки и залежи. В последующие очереди включаются сеяные однолетние и многолетние пастбища, затем – отавы сенокосных лугов и осенние отавы пастбищ первой очереди.

2. Установление режима использования пастбищ в условиях принятого пастбищеоборота позволяет добиться на каждом пастбище наименьшего проявления вредного влияния выпаса скота, обеспечить своевременное и мощное отрастание отавы, дать большое число циклов стравливания. Режим использования предполагает установление календаря стравливания, определение числа загонов и числа дней стравливания, способ пастьбы, применение последовательного выпаса производственных групп скота и т. д.

3. Отчуждение травостоя каждый раз производится в фазе полного развития листовых (укороченных) побегов и выхода стеблей в трубку. Растительность должна восстановить зеленую массу и листовую поверхность. При этом идет процесс расходования запасов пластических веществ на восстановление ассимилирующей поверхности, что ослабляет развитие корневой массы и узлов кущения.

4. Многократное стравливание отросшей молодой отавы сопровождается усиленным отчуждением из почвы всех питательных веществ, в особенности азота, фосфора и калия. При пастбищном использовании луга их расходуется всегда значительно больше, чем при сенокосном. Удобрение пастбищ проводится с целью повышения урожайности, регулирования отрастания отавы, максимального повышения содержания белков в пастбищной траве, максимального увеличения мощности кущения и побегообразования трав, снижения испаряемости растениями и почвой воды. Пастбищное пользования обусловливает пребывание трав все время в стадии кущения. В связи с этим необходимо постоянное присутствие в почве запаса фосфора, т. е. систематическая подкормка трав фосфорными удобрениями. Удобрение пастбищ кальцием, фосфором и калием повышает содержание минеральных солей в травостое, что особенно важно для молодняка.

5. Самообсеменение пастбища возможно только при наличии в травостое пастбища ценных трав, при хорошем развитии у них генеративных побегов и хорошем наливе семян. Самообсеменение проводят в годы отдыха угодий, когда травостой остается до полного созревания семян. При сильной выбитости травостоя пастбище без использования оставляют два вегетационных периода. Подготовительный период к этому включает подкашивание зарослей сорняков для предупреждениях их обсеменения и удобрение пастбища осенью, предшествующей семенному году, смесью фосфора и калия в количестве P_2O_5 – 60-90 кг/га и K_2O – 30-45 кг/га. После полного созревания семян их сбивают шевелением травы, подкашиванием, прикатыванием или выгоном отары овец на пастбище.

6. Подсев трав производят при неудовлетворительном видовом составе фитоценоза или обилие в нем сорных и малоценных трав. Участок исключают из пастбищеоборота на 1-2 года. В год, предшествующий отдыху, после последнего стравливания, участок боронуют и вносят основное удобрение. Весной следующего года высевают злаково-бобовые травосмеси. При злаковом составе травостоя подсеваются только бобовые травы 6-8 кг/га. Если в следующий за подсевом год травы плохо развиваются и растут, то травостой с весны для выпаса не используют, а подкашивают на зеленый корм или в период полного цветения – на сено. После отрастания трав на 15-18 см пастбище используется под выпас. В первый год пользования подсеянный травостой осенью используют под выпас в последний раз раньше обычно, чтобы травы окрепли перед зимовкой.

7. Уход за пастбищем предполагает такие мероприятия как, прочищение водостоков и канав, разравнивание кротовых, муравьиных и землеройковых куч, уборка мусора в пойме; прикатывание дернины, когда верхний слой высохнет, тяжелым катком для улучшения укоренения травы, предохранения ее от вымерзания, высыхания и вытаптывания.

Итак, для создания кормовой базы необходимо знать свойства и особенности растений, пользоваться технологиями по восстановлению деградированных угодий. Соблюдение пастбищеоборота улучшает качество фитомассы и увеличивает мощность отрастания растений. Пастбищу необходимо достаточно времени (не менее 25 дней) для отрастания и отдыха после последнего стравливания. Поздний осенний выпас ослабляет растения, снижает урожаи следующего года. Кроме того, пастбищу предоставляют через 4-5 лет полный отдых до возможности самообсеменения или обсеменения его подсевом трав. Самообсеменение пастбищ проводят в годы отдыха угодий, когда травостой остается до полного созревания семян. Подсев трав производят при неудовлетворительном видовом составе фитоценоза или обилие в нем сорных и малоценных трав.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булахтина, Г. К. Изучение адаптивного потенциала кормовых кустарниковых растений для использования в восстановлении деградированных полупустынных пастбищных экосистем / Г. К. Булахтина // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 1(216). – С. 2-11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-2-11

2. Власенко, М. В. Перспективы развития селекции и семеноводства многолетних кормовых лугопастбищных трав в аридных условиях Нижнего Поволжья / М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Вестник мясного скотоводства. – 2015. – № 3(91). – С. 119-125.

3. Запивалов, С. А. Влияние многовариантных систем ведения долголетних сенокосов на ботанический состав и качество корма / С. А. Запивалов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 5. – С. 131-146.

4. Методические рекомендации по фитомелиоративной реконструкции деградированных и опустыненных пастбищ Российской Федерации инновационными экологически безопасными ресурсосберегающими технологиями // А. Беляев, К. Кулик, В. И. Петров [и др.] – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2021. – 68 с. – ISBN: 978-5-6044587-9-2

5. Пещанская, Е. В. К вопросу об урожайности восстановленных лугово-степных формаций / Е. В. Пещанская, В. И. Кожевников // Кормопроизводство. – 2019. – № 11. – С. 12-16.

6. Технология создания устойчивых кормовых фитоценозов в условиях орошения Северо-Западного Прикаспия // В. П. Зволинский, В. А. Федорова, Т. В. Мухортов [и др.] // Адаптивное кормопроизводство. – 2016. – № 1. – С. 68-75.

УДК 630.90; 712.23

ПРОБЛЕМЫ СОХРАННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ В КОЛЛЕКЦИЯХ ДЕНДРАРИЯ «ФНЦ АГРОЭКОЛОГИИ РАН» В УСЛОВИЯХ АКТИВНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В. В. Вишнякова

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Представлен анализ антропогенных воздействий на дендрологические коллекции дендрария ФНЦ Агроэкологии РАН, рассмотрены проблемы сохранности биологического разнообразия объекта в условиях урбанизированной среды.

Presents an analysis of anthropogenic impacts on the dendrological collections of the arboretum of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, the problems of preserving the biological diversity of the object in an urbanized environment are considered.

Дендрарий ФНЦ агроэкологии РАН (ВНИАЛМИ) был основан в 1962 г. под руководством П. В. Чернявского, профессора отдела биологии ВНИАЛМИ. На базе дендрария реализовывались масштабные задачи по интродукционным испытаниям древесных растений в целях обогащения дендрофлоры аридных регионов России. Экспозиции дендрария были сформированы по географическому принципу, выделены сектора: Северная Америка, Европа, Азия. В отдельные годы в коллекционных фондах насчитывалось свыше 600 видов, форм и разновидностей древесных растений [2,5]. Территория дендрария занимает участок площадью 27,7 га и находится в географическом центре г. Волгограда. В непосредственной близости к дендрарию расположены жилые комплексы Советского и Кировского р-нов, кампус Волгоградского государственного университета, ТРЦ «Акварель», гипермаркеты «Лента» и «Спортмастер».

Современные градостроительные системы сформированы в условиях активного воздействия антропогенных и техногенных факторов. В концепции перехода к устойчивому развитию одной из главных задач является повышение

качества окружающей среды, в т. ч. улучшение экологической ситуации за счет совершенствования системы озеленения в городах. Системность в данном вопросе проявляется в формировании природно-экологического каркаса города, неотъемлемой частью которого является зеленая инфраструктура. Понятие «зеленая инфраструктура» («Green infrastructure») [1, 4] используется в практике городского планирования с целью акцентуации экологического значения территории и определяет комплексный подход к формированию объектов озеленения. Развитие зеленой инфраструктуры способствует сохранению биоразнообразия, реализации климато- и водорегулирующих функций, перехват и последующую очистку поверхностного водного стока, сохранение и восстановление природных ландшафтов, формирование рекреационных зон вблизи мест проживания, сокращение площади запечатанных почв [3].

Дендрарий встроен в природно-экологический каркас города и является важным элементом его зеленой инфраструктуры, что определяет актуальность вопросы о сохранности его биоресурсных коллекций.

Анализ современного распределения элементов дендрологической коллекции на территории дендрария показал существенное их сокращение. Относительно показателей 2004 г., где площадь, занимаемая древесными насаждениями, составляла около 55 % от всей территории дендрария. На текущий момент она составляет всего лишь 25 %. В табл. 1 представлены количественные показатели изменения площадных характеристик насаждений на территории дендрария за последние 20 лет.

Таблица 1

Изменение площади дендрологической коллекции

Площадь, га	2004 г.	2007 г.	2015 г.	2019 г.	2022 г.	2023 г.
Занятая насаждениями	15,08	13,90	4,75	4,96	7,25	7,25

Причиной деградации дендрологической коллекции дендрария являются факторы антропогенного и техногенного воздействия в течение длительного периода. В условиях засушливого летнего периода важным лимитирующим фактором для выращивания зеленых насаждений является режим увлажнения. Недостаточное орошение деревьев и кустарников на территории приводит к их усыханию и деградации. Для современной городской среды характерным признаком является загрязнение воздушного бассейна. Территория дендрария расположена между двумя городскими автомобильными магистралями, что определяет активное воздействие на дендрологические коллекции автотранспортных выбросов.

Кроме проблем, связанных с состоянием окружающей природной среды важной проблемой сохранности коллекции является несанкционированная рекреация. Традиционно озелененные территории в городской застройке выполняют роль рекреационных пространств. Усугублению проблемной ситуации способствует отсутствие элементов инфраструктуры и благоустройства на территории дендрария. Разрушены или совершенно отсутствуют ограждения, не сформирована буферная зона, на территории отсутствуют элементы благоустройства и знаки

регламентации пользования. При возрастающих темпах освоения прилегающих районов под застройку все эти факторы обуславливают негативные последствия. В результате отмечается несанкционированная рекреация и, как следствие, следы вандализма, наличие бытовых отходов и мусора на территории, пожары.

Пожары являются одной из основных причин деградации коллекции дендрария. Оценка воздействия пирогенной ситуации на дендрологические коллекции приведена в табл. 2.

Таблица 2

Результаты пирогенных воздействий на территории дендрария

Площадь, га	2014 г.	2016 г.	2017 г.	2020 г.	2022 г.
Выгоревшие участки	12,86	1,19	17,1	2,43	0,22

Анализируя показатели табл. 1 и 2 можно увидеть прямую зависимость снижения площади насаждений на территории дендрария от пирогенных воздействий.

Современные градостроительные системы испытывают серьезные антропогенные и техногенные нагрузки. Дендрологические образования в городах формируют основу природно-экологического каркаса и являются значимым элементом всей экосистемы. Одним из важнейших показателей динамики развития и сохранения экосистем является их устойчивость, т. е. способность возвращаться к исходным показателям после снятия внешнего воздействия. Устойчивость экосистемы обеспечивается, прежде всего, биологическим разнообразием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климанова, О. А. Оценка геоэкологических функций зеленой инфраструктуры в городах Канады / О. А. Климанова, Е. Ю. Колбовский, А. В. Курбаковская // География и природные ресурсы. – 2016. – № 2. – С. 191-200.

2. Мобилизация дендрологических ресурсов и пути сохранения их биоразнообразия в малолесных регионах / А. В. Семенютина, И. П. Свинцов, А. Ш. Хужахметова [и др.]. Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук. – 2021. – 288 с.

3. Морозова, Г. Ю., Дебелая И. Д. Зеленая инфраструктура как фактор обеспечения устойчивого развития Хабаровска / Г. Ю. Морозова, И. Д. Дебелая // Экономика региона. – 2018. – Т. 14, вып. 2. – С. 562-574

4. Подойницына, Д. С. Критический анализ концепции «Зеленая инфраструктура» / Д. С. Подойницына // Architecture and Modern Information Technologies. – 2016. – № 1(34). – 12 с.

5. Семенютина, А. В. Дендрофлора лесомелиоративных комплексов [Электронный ресурс] / А. В. Семенютина; под ред. И. П. Свинцова. – Электрон. текстовые данные. – Волгоград: Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт, 2013. – 268 с. – 978-5-900761-75-6 (дата обращения 20.05.2023) URL: Дендрофлора лесомелиоративных комплексов (vuzdoc.org).

УДК 58.018

СОХРАНЕНИЕ ИНТРОДУЦЕНТОВ РОДА *GLEDITSIA* В КОЛЛЕКЦИЯХ ФНЦ АГРОЭКОЛОГИИ РАН*

К. А. Мельник

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Агроэкологические мероприятия в Волгоградской области ведутся в исключительно жестких климатических условиях. Родовой комплекс *Gleditsia* L. в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН имеет большую ценность и интерес для обогащения дендрофлоры лесомелиоративных комплексов хозяйственно ценными древесными и кустарниковыми растениями. Завезено 6 ценных видов Волгоградскую область: *G. texana, G. caspica, G. triacanthos, G. aquatica, G. sinensis, G. japonica* на данный момент сохранилось только три вида и одна форма в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН:*G. texana, G. caspica, G. triacanthos, G. triacanthos*, f. inermis. Цель – сохранение интродукцированных потенциально ценных видов, и приспособленных к комплексу неблагоприятных природных факторов региона. Изучен опыт интродукции, выявлены особенности на рост и развития древесных растений в условиях стресс факторов; уменьшение межвидового разнообразия таксонов *Gleditsia* в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН.

Agroecological activities in the Volgograd region are carried out in extremely harsh climatic conditions. The generic Gleditsia L complex in the collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences is of great value and interest for enriching the dendroflora of forest-reclamation complexes with economically valuable woody and shrubby plants. 6 valuable species were imported to the Volgograd region: *G. texana, G. sasrisa, G. triacanthos, G. aquatica, G. sinensis, G. japonica* at the moment, only three species and one form have been preserved in the collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences: *G. texana, G. sasrisa, G. triacanthos, G. triacanthos*, f. inermis. The goal is to preserve the introduced potentially valuable species, and adapted to the complex of unfavorable natural factors of the region. The experience of introduction was studied, the peculiarities of growth and development of woody plants under stress factors were revealed; the decrease in the interspecific diversity of *Gleditsia* taxa in the collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences.

В Советском р-не г. Волгограда в 60-е годы сотрудники Всероссийского НИИ агролесомелиорации создали дендрарий, в коллекционных фондах которого насчитывалось свыше 600 видов форм и разновидностей древесных растений [2, 3].

К роду *Gleditsia* относят около 12 видов, в культуре еще известны некоторые формы и гибриды. Род гледичия распространен в Северной и Южной Америке и Восточной Азии. Известен в таких странах как Япония, Китай, Корея и Монголия. В Волгограде этот экзот культивируется с 1972 г., было завезено 6 ценных видов (*G. texana, G. caspica, G. triacanthos, G. aquatica, G. sinensis, G. japonica*). На данный момент сохранилось только три вида и одна форма в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (G. *texana, G. caspica, G. triacanthos, G. triacanthos*, f. inermis) [1].

*Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № FNFE-2021-0001 «Научные основы и технологии обогащения дендрофлоры лесомелиоративных комплексов хозяйственно ценными древесными и кустарниковыми растениями в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий» (Регистрационный номер: 121041200197-8). Финансирование Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. Научный руководитель: Хужахметова Алия Шамильевна.

Объектами родового комплекса *Gleditsia* являлись *G. sinensis, G. aquatica, G. japonica*, требующие восстановления в кластерных дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (таблица).

Таблица

Интродуцированные виды рода *Gleditsia* L., требующие восстановления в кластерных дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН 1972-1973 годов посадки

Гледичия	Область естественного распространения	Откуда получены семена
Водяная (*G. aquatica* Marsh)	Северная Америка	Ашхабад
Китайская (*G. sinensis* Lam.)	Малая Азия, Западная Европа	Ташкент
Японская (*G. japonica Miq.)*	Северная Америка, Малая Азия	Корея, Китай

Gleditsia japonica Miq. высотой до 25 м, ствол и ветви покрыты немногочисленными простыми или ветвистыми колючками от 5 до 10 см длиной, может повреждаться морозом (отмерзает до 30 % годового прироста).

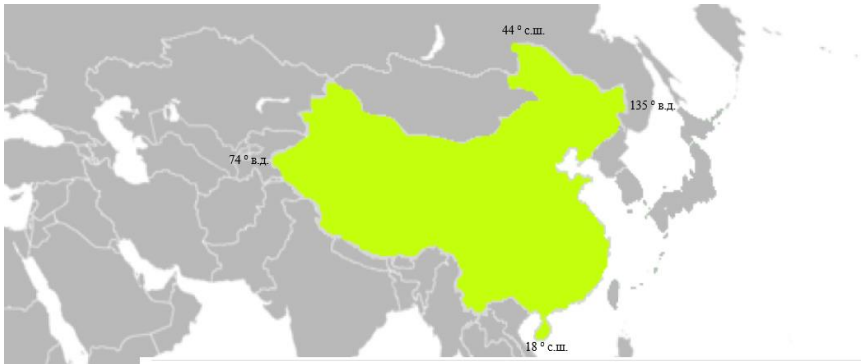
G. sinensis Lam. высотой до 15 м, с толстыми коническими не сплюснутыми, часто разветвленными колючками. Относительно устойчива к низким температурам.

Рис. 1. Ареалы естественного распространения видов рода *Gleditsia* на территории Северной Америки (1) *G. triacanthos,* 2) *G. aquatica,* 3) *G. texana)*

G. aquatica Marsh. Обычно в природе дерево достигает 20 м высоты. Ствол с хорошо развитыми, простыми или разветвленными колючками, длинной 10-20 см, ветви несут обильные саблевидные колючки длиною 8-10 см.

G. aquatica распространена в юго-восточной части Северной Америки, от Техаса до Флориды, на север до Кентукки и Северной Каролины, встречается в Арканзасе, Тенесии, в южной части Миссисипи и Миссури, Иллиане и Индиане, редко – в восточной части Миссисипи. Данный вид произрастает во влажных условиях: в поймах рек, по берегам болот и озер. *G. aquatica* в диапазоне 6б-9б находится по USDA-зонам и выдерживает средние минимальные температуры от –19 до –2,5 ºС. Из североамериканских видов самый большой ареал имеет *G. triacanthos* и выдерживает до –28 ºС. Самый маленький природный ареал имеет вид гибридного происхождения *G. texana* (рис. 1).

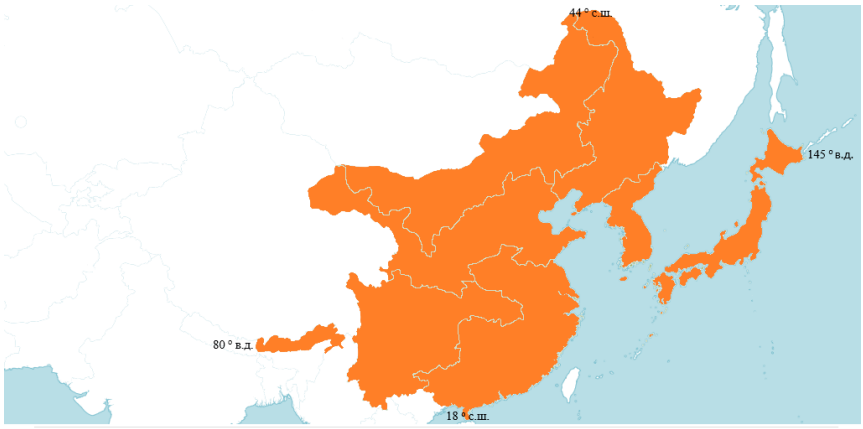
В условиях ФНЦ агроэкологии РАН фаза «распускание почек» у *Gleditsia* происходит при температуре ≥ 15 ºС. Позднее всех распускаются почки у *Gleditsia sinensis*. *Gleditsia sinensis* начинает вегетацию в оптимальные сроки (во второй декаде апреля), однако по отношению к дате (сере-дина апреля) этот вид имеет позднее начало вегетации [1, 5]. Данная особенность объясняется географическим происхождением представителей и считается теплолюбивыми видами (рис. 2).



	Декабрь	Январь	Февраль
Средняя максимальная температура	+2 °C	+1 °C	+4 °C
Средняя минимальная температура	-6 °C	-11 °C	-3 °C
Количество солнечных часов (в день)	6 ч	7 ч	7 ч
Количество дождливых дней (в месяц)	3 дн	4 дн	5 дн
Осадки в мм (за месяц)	3 мм	4 мм	5 мм

Рис. 2. Ареалы естественного распространения *Gleditsia sinensis*

Областью природного распространения *G. japonica* являются азиатские страны (Япония; Китай; Корея и т. д.). Средняя минимальная январская температура в этих странах в основном не превышает –15 °С. В особо суровые зимы Волгоградской обл. при температуре –35 °С может полностью вымерзать, поэтому *G. japonica* пригодна больше в южных районах (рис. 3).



	Декабрь	Январь	Февраль
Средняя максимальная температура	+11 °C	+8 °C	+9 °C
Средняя минимальная температура	+1 °C	-2 °C	-1 °C
Количество солнечных часов (в день)	5 ч	6 ч	6 ч
Количество дождливых дней (в месяц)	5 дн	6 дн	7 дн
Осадки в мм (за месяц)	60 мм	50 мм	75 мм

Рис. 3. Ареалы естественного распространения *G. japonica*

В 2014 г. дендрарий сильно пострадал от ландшафтных пожаров. Многие ценные и перспективные виды исчезли, в т. ч. и *G. japonica, G. sinensis, G. japonica* (рис. 4).

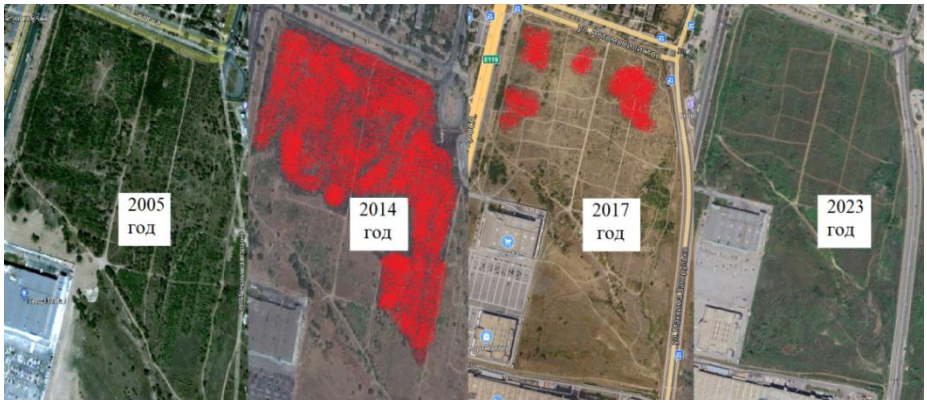


Рис. 4. Дендрологический парк в ФНЦ агроэкологии РАН от 2004 г. до 2023 г.

На данный момент проведена масштабная работа по разработке проекта реконструкции дендрария, чтобы сохранить уникальные дендрологические коллекции ФНЦ агроэкологии РАН. Для восстановления уточнен видовой состав: *G. aquatica, G. sinensis, G. japonica*. Определен перечень мероприятий по привлечению семенного материала. *G. aquatica* следует выращивать в оврагах и балках, где достаточно будет влажности. *Gleditsia sinensis и G. japonica* следует восстанавливать больше в южных районах, так как они являются теплолюбивыми видами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельник, К. А. Феноритмика представителей родового комплекса Gleditsia в условиях интродукции / К. А. Мельник, А. Ш. Хужахметова // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 3(118). – С. 75-80. – DOI 10.34736/FNC.2022.118.3.011.75-80.

2. Мобилизация дендрологических ресурсов и пути сохранения их биоразнообразия в малолесных регионах / А. В. Семенютина, И. П. Свинцов, А. Ш. Хужахметова [и др.]. – Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2021. – 288 с.

3. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022622375 Российская Федерация. Возрастная структура интродукционных ресурсов Камышинского дендрария для разработки реестра растений, требующих сохранения и восстановления: № 2022622205: заявл. 13.09.2022: опубл. 29.09.2022 / А. И. Беляев, А. В. Семенютина, А. Ш. Хужахметова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук».

УДК 631.9

РОСТ И РАЗВИТИЕ *FORESTIERA NEOMEXICANA* A. GRAY В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. И. Передриенко

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН», г. Волгоград, РФ

На сегодняшний день основная задача интродукции, предполагающей введение в культуру ценных растений за пределами их природных ареалов – это обогащение данного региона биоразнообразием древесных насаждений. Цель работы – оценить перспективность культуры *Forestiera neomexicana* A. Gray в условиях Волгоградской обл.

To date, the main task of introduction, involving the introduction of valuable plants into the culture outside their natural areas, is to enrich this region with the biodiversity of tree plantations. The purpose of the work is to evaluate the prospects of the culture of *Forestiera neomexicana* A. Gray in the conditions of the Volgograd region.

Forestiera neomexicana A. Gray – род *Forestiera* Poir, семейство *Oleaceae* Hoffmanns. & Link. Многоствольный кустарник, до 3,5 м высотой. Крона обратно яйцевидная. Лист простой, продолговатый или обратно-яйцевидный, серо-зеленого цвета. Листья форестиеры имеют интересную особенность, они поворачиваются по отношению к солнцу таким образом чтобы лучи не попадали на листовую пластину, а только скользили вдоль поверхности листа, тем самым избегая нагревания. Двудомное растение с весьма декоративными плодами. Редко встречаемое в южной регионе России, однако можно полюбоваться в Ростове-на-Дону и в Сочи [2]. Также произрастает в Волгоградской обл. в коллекции Нижнехоперского Природного Парка [1].

Климат Волгоградской обл. весьма суров. Низкая относительная влажность воздуха, высокие температуры и недостаток влаги в почве, суховеи, засоленность почв. Для климатических условий Волгоградской области необходимо вовлечение малоизученных перспективных видов, разновидностей древесных растений.

Форестиера произрастает в Волгоградском Кировском лесничестве (рис. 1).

Рис. 1. Участок произрастания *Forestiera neomexicana* A. Gray, г. Волгоград

Данные по росту и развитию форестьеры говорят, что растение устойчиво к климатическим условиям Волгоградской обл. (табл. 1).

Начало вегетации фиксируется в первой половине апреля. Облиствение так же в апреле, только уже во второй половине месяца. После полного облиствения, начинается цветение. Мелкие, неприметные цветки, зеленоватого цвета, мужские цветки распускаются раньше на 2-3 дня, чем женские, и выделяются длинными ярко-желтыми тычинками. Продолжительность вегетационного периода длиться около 180 дней. Осенний листопад начинается в начале октября.

Таблица 1

Сезонный ритм развития *Forestiera neomexicana* A. Gray

Фенологические фазы	Средние многолетние данные
Распускание почек	10.04
Полное облиствение	17.04
Цветение	24.04
Созревание плодов	27.07
Листопад	11.10

Forestiera neomexicana A. Gray обильно цветет и плодоносит. Прирост за 2023 год в среднем составил 11 см.

В 2023 г. плоды изучаемого кустарника сформировались более крупного размера, относительно среднемноголетних данных, за счет благоприятных условий, сложившихся в период вегетации. Масса 1000 шт. плодов составила 55,6 г, что выше на 3,2 г (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика плодов

Масса 1000 шт. плодов, г		Размер плодов, мм			
средняя за 3 года	2023 г	средняя за 3 года		2023 г	
		длина	ширина	длина	ширина
52,4	55,6	5,8	3,7	6,1	4,2

На основании представленных данных, можно утверждать, что *Forestiera neomexicana* A. Gray, относящаяся к субтропическим растениям, способна произрастать в сухостепной зоне.

Это вполне зимостойкое растение, засухоустойчиво. Неприхотливое растение, солеустойчиво. Хорошо растет на переувлажненных и на сухих бедных почвах (табл. 3).

Таблица 3

Эколого-биологическая характеристика *Forestiera neomexicana A. Gray*

Высота, м	Зимостойкость	Засухоустойчивость	Цветение	Плодоношение	Жизненность
2,5-3,0	Не обмерзает (1 балл)	Не реагирует на засуху (1 балл)	Обильное – на растении 100 % распустившихся цветков или соцветий (5 баллов)	Полное, обильное – после обильного цветения почти все 100 % цветков завязали плоды, которые вызрели (5 баллов)	Хорошая, растение хорошо развито, имеет здоровый вид, хорошо развитые побеги, почки и листья, нормализует их окраску, обильно или хорошо цветет и плодоносит (5 баллов)

Кустарник хорошо размножается как вегетативным, так и генеративным способом. Семенное размножение не требует особой предварительной обработки, можно высевать поздней осенью и ранней весной. Одной из положительной особенностью является то, что куст не имеет корневой поросли [3].

Растение приспособлено к Волгоградском жаркому климату, хотя это весьма экзотический субтропический вид. Таким образом можно сказать, что *Forestiera neomexicana* A. Gray подойдет для озеленения участков непригодных для общего землепользования, на пастбищных угодьях и использовании в защитном лесоразведении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бялт, В. В. Природная и адвентивная дендрофлора Нижнехоперского природного парка / В. В. Бялт, В. А. Сагалаев, Г. А. Фирсов // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2012. – № 3(198). – С. 35-45. – EDN TKOVYL.

2. Рекомендации по обогащению агролесомелиоративных комплексов кустарниками многоцелевого назначения / А. В. Семенютина, Т. И. Острая, А. А. Долгих [и др.]. – М.: Российская академия сельскохозяйственных наук Государственное научное учреждение научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 1999. – 63 с. – EDN XIOPXV.

3. Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народного хозяйства: материалы Международ. науч. конф., посвящ. 75-летию со дня образования Центрального ботанического сада НАН Беларуси. В 2-х т., Минск, 12-15 июн. 2007 г. / Редколлегия: В. Н. Решетников, И. К. Володько, Е. А. Сидорович [и др.]. Т. 1. – Минск: Общество с ограниченной ответственностью "Эдит ВВ", 2007. – 376 с. – ISBN 978-985-6787-13-6. – EDN HEXGVF

УДК 631.468

КОЗЛОВСКАЯ ЛЕСНАЯ ДАЧА КАК УНИКАЛЬНЫЙ РЕФУГИУМ МАКРОПЕДОФАУНЫ*

Е. В. Пятина, к. б. н.
Центральный музей почвоведения имени В. В. Докучаева – филиал ФГБНУ Федерального исследовательского центра "Почвенный институт имени В. В. Докучаева", г. Санкт-Петербург, РФ

Приведены результаты почвенно-зоологических исследований макрофауны почв полезащитного лесного массива Волгоградской обл. Показано, что ширина и возраст лесонасаждений в условиях засушливого климата играют положительную роль в поддержании биоразнообразия.

The results of soil-zoological studies of the macrofauna of the soils of the protective forest of the Volgograd region are presented. It is shown that the width and age of planted forests in arid climates play a positive role in maintaining biodiversity.

*Исследования проведены в рамках проекта № 22-16-20056 «Вклад линейных защитных лесных насаждений в депонирование органического углерода в почвах Волгоградской области» при финансовой поддержки Российского научного фонда и Администрации Волгоградской обл.

Искусственные лесонасаждения в степных экосистемах являются важным фактором экологической оптимизации агроэкосистем. Почвенно-экологические исследования необходимы для разработки мер по оздоровлению и сохранению лесонасаждений, как основы устойчивого землепользования. Одним из показателей состояния почв, служит состояние макропедофауны. Ее изучению в Волгоградской обл. уделено недостаточно внимания. Основные исследования направлены на рассмотрение энтомофауны (полезная и вредная) лесозащитных полос и окружающих их агроценозов.

В качестве объекта исследования был выбран Козловский лесной массив, расположенный на территории бывшего Белопрудского стационара АН СССР (Руднянский р-н Козловского сельского поселения, Волгоградская обл.). Лесной массив был создан 125 лет назад с целью изучения условий произрастания древесных насаждений полезащитного лесоразведения [1]. В настоящее время территория относится к ООПТ: государственный ботанический памятник природы республиканского значения "Козловская лесная дача". Растительность лесного массива представлена кленовником с примесью вяза шершавого и ясеня обыкновенного. Подлесок не развит, в условиях большой затененности травяной покров отсутствует практически полностью, а проективное покрытие единичных экземпляров не превышает 1%. Исключение составляют небольшие прогалины, занятые ландышем майским. Лесная подстилка мощная и рыхлая. На территории лесополосы встречаются участки, где древостой сильно разрежен, много валежника, сухостоя, пней. Почвы участка представлены черноземами текстурно-карбонатными постагрогенными [4].

Характеризуя макропедофауну Козловской лесной дачи в 2022 г. был изучен видовой состав, численность и распределение крупных почвенных беспозвоночных по трофическим группам. Почвенно-зоологические исследования проведены на трех площадках Козловского лесного массива, сопряженных с почвенными разрезами (площадка 1 (Р 14-22), площадка 2 (Р 10-22), площадка 3 (Р 11-22)), по общепринятой методике ручной разборки проб [2]. Размер пробы 25 см × 25 см (1/16 $м^2$). Взято по 12 проб на площадку до глубины встречаемости беспозвоночных (в среднем 30-40 см). Для более полной характеристики фауны геобионтов был обследован валеж в пределах изучаемого трансекта.

За доминанты принимали классы, составляющие 25 % и выше общей численности всех беспозвоночных; к субдоминантам – составляющие 3-10 %.

В результате было собрано более 200 экз. гео- и герпетобионтов из 36 почвенных проб и четырех точек (дупла). Семейство дождевых червей представлено 4 видами (*Lumbricus rubellus* (Hoffmeister, 1843), *Aporrectodea caliginosa caliginosa* (Savigny, 1826), *Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826), *Eisenia nordenskioldi nordenskioldi* (Eisen, 1873)). Касс губоногих многоножек – 6 видами (*Lithobius proximus* (Sseliwanoff, 1880), *Lithobius steppicus* (Farzalieva et Zalesskaja, 2003), *Lithobius curtipes* (C. L. Koch, 1847), *Lithobius crassipes* (L. Koch, 1862), *Geophilus proximus* (C. L. Koch., 1847), *Escaryus* retusidens (Attems, 1904)). Один вид двупарноногих многоножек (*Rossiulus kessleri* (Lohmander, 1927)). Комары долгоножки (личинки) – 3 вида (*Anomaloptera sp.*, *Tipula cava* (Riedel, 1913), *Tipula peliostigma* (Schummel, 1833)). Жужелицы – 6 видов (*Calosoma (s. str.) inquisitor*

(Linnaeus, 1758), *Lebia humeralis* (Dejean, 1825), *Harpalus rufipes* (De Geer, 1774), *Harpalus steveni* (Dejean, 1829), *Harpalus pygmaeus* (Dejean, 1829), *Pterostichus strenuus* (Panz., 1797). Один вид чернотелок (*Lagria hirta* (Linnaeus, 1758)). Стафилиниды – 3 вида (*Sepedophilus sp., Aleocharinae sp.sp., Tachyporinae sp.sp.).* Три вида щелкунов (*Agriotes obscurus (Linnaeus, 1758), Athous haemorrhoidalis (Fabricius 1801), Ampedus cinnabarinus (Eschscholtz, 1829)).*По одному виду жуков из семейств пестряки, пластинчатоусые, узконадкрылки, листоеды, мягкотелки и божьи коровки. Семейство муравьи представлено 8 видами (*Formica fusca* (Linnaeus, 1758), *Formica polyctena* (Foerster, 1850), *Formica rufa* (Linnaeus, 1761), *Myrmica ruginodis* (Nylander, 1846), *Temnothorax affinis*(Mayr, 1855), *Camponotus piceus* (Leach, 1825), *Lasius flavus* (Fabricius, 1782), *Dolichoderus quadripunctatus* (Linnaeus, 1771)). Отмечены представители из отрядов кожистокрылых, верблюдок, чешуекрылых, клопов.

Наибольшее групповое разнообразие характерно для лесной площадки № 2, где к доминантному классу относятся насекомые, доля которых составляет 43 %, (рис. 1). Наибольшей плотностью фауны отличается площадка № 1, где так же доминантным классом являются насекомые (42 %). Только на площадке № 3 к доминантному классу относятся дождевые черви, на чью долю приходится 51 % фауна беспозвоночных почвы.

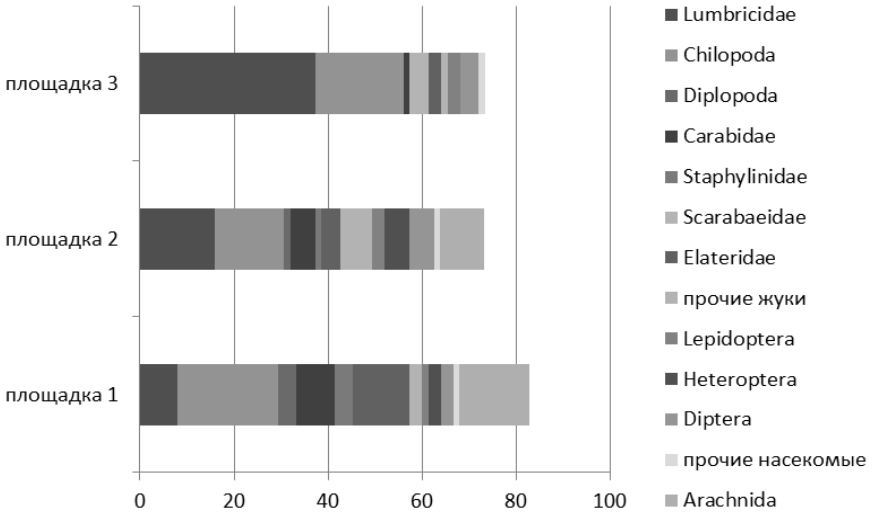


Рис. 1. Таксономический состав и численность макропедофауны (экз./м^2)

Почвенная макрофауна распределена на четыре трофические группы: сапрофаги, зоофаги, фитофаги и полифаги (рис. 2). Трофическая структура макропедофауны площадок в лесном массиве сильно отличаются друг от друга. Просматривается тенденция постепенного уменьшения доли хищников и увеличения доли сапрофагов при рассмотрении с юга на север (площадка 1 – площадка 2 – площадка 3). Доля хищников на первой площадке составила 59 %, на второй – 45,4 % и на третьей – 27,3 %, в то время как доля сапрофагов на первой площадке составила 18 %, далее 30,8 и 56,4 % соответственно.

Такое неравномерное распределение трофических комплексов беспозвоночных животных связано не только с особенностями почвенных условий, но вероятнее всего, с применяемыми технологиями возделывания сельскохозяйственных культур примыкающих к лесу агроугодий.

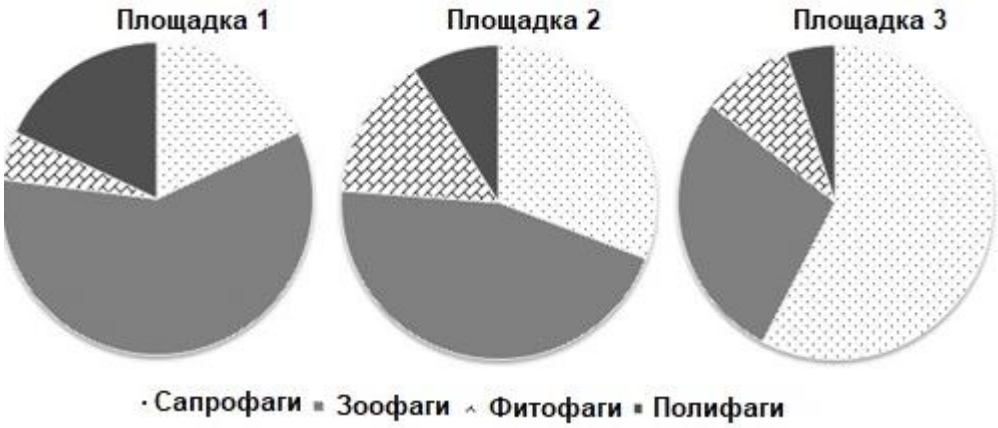


Рис. 2. Трофическая структура макрофауны почв

Для более полной характеристики фауны геобионтов проведено обследование валежа Козловского лесного массива. Из-за сильного иссушения подстилки и древесного опада к началу июня в лесу представителей макропедофауны в валеже не обнаружено. При изучении фауны геобионтов лесов, особенно если они расположены в засушливых регионах, следует обращать внимание еще на наличие микроэкосистем – дупел. Данные по видовому и групповому составу беспозвоночных, обитающих в дуплах представлены в [3].

Рис. 3. *Lucanus cervus* L.

На территории Козловской лесной дачи установлено обитание Красотела пахучего (*Calosoma sycophanta* L.), Жука-оленя (*Lucanus cervus* L.) (рис. 3), Оленька обыкновенного (*Dorcus parallelipipedus* L.), Четырехточечного муравья (*Dolichoderus quadripunctatus* L.) – исчезающие, редкие и занесенные в региональные Красные книги виды.

Видовой состав и трофическая структура макропедофауны Козловской лесной дачи носит уникальный состав, отличный от окружающих агроугодий и узких лесозащитных полос. Ширина, возраст и породный состав лесонасаждений в условиях засушливого климата играют положительную роль в поддержании биоразнообразия и могут рассматриваться в качестве рефугиума сохранения мезофильных и гигрофильных обитателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьева Е. А. Водно-солевой режим обыкновенных и южных черноземов Юго-Востока европейской части СССР / Е. А. Афанасьева. – М.: Наука, 1980. – 216 с.

2. Количественные методы в почвенной зоологии / Под ред. М. С. Гилярова, Б. Р. Стригановой. – М.: Наука, 1987. – 287 с.

3. Макропедобионты специфического местообитания / Ю. Р. Моргач, Е. В. Пятина, М. К. Захарова [и др.] // Почвоведение: горизонты будущего: сб. тез. докл. VI конф. молодых

ученых Почвенного института им. В. В. Докучаева, посвящ. 95-летию Почвенного института им. В. В. Докучаева. – М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2022. – С. 37-38.

4. Структура почвенной макрофауны лесозащитных полос степных агроландшафтов / Е. В. Пятина, Е. В. Мингареева, М. К. Захарова [и др.] // Эволюция почв и развитие научных представлений в почвоведении: сб. науч. тр. Международ. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения Бурлаковой Лидии Макаровны. – Барнаул, 2022. – С. 351-355.

УДК 632.125:910.1:531.3

УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМ

А. Н. Салугин, д. с.-х. н.

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН», г. Волгоград, РФ

Изложена концепция математического моделирования как метода научных исследований деградации растительных сообществ. Основное внимание уделено вопросам стабилизации (устойчивости) их функционирования. Приведены различные приемы математической формализации И моделирования пастбищных почвенно-растительных экосистем (ПРЭ), подверженных процессам деградации. Рассмотрены вопросы экологической устойчивости биоценозов пастбищ, расположенных в аридных зонах юга России. Демонстрируются математические модели в виде обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), Марковских цепей (МЦ) и автономных импульсных процессов (АИП). Обсуждены проблемы устойчивого развития почвенно-растительных сообществ в зонах с повышенной аридностью в контексте устойчивости решений систем дифференциальных уравнений и дискретных моделей, основанных на свойствах Марковских и импульсных процессов.

The concept of mathematical modeling as a method of plant communities degradation scientific research is presented. The main attention is paid to their functioning stabilization issues. Various methods of mathematical formalization and modeling of pastoral soil-plant ecosystems (SPE) subjected to degradation processes are presented. The issues of ecological sustainability of pastoral biocenoses located in arid zones of the south of Russia are considered. Mathematical models in the form of ordinary differential equations (ODES), Markov chains (MC) and autonomous pulse processes (APP) are demonstrated. The problems of soil and plant communities sustainable development in areas with increased aridity in the context of the systems of differential equations and discrete models solutions stability based on the properties of Markov and pulse processes are discussed.

Изложена концепция математического моделирования как метода научных исследований деградации растительных сообществ. Основное внимание уделено вопросам стабилизации (устойчивости) их функционирования. Приведены различные приемы математической формализации и моделирования пастбищных почвенно-растительных экосистем (ПРЭ), подверженных процессам деградации. Рассмотрены вопросы экологической устойчивости биоценозов пастбищ, расположенных в аридных зонах юга России. Демонстрируются математические модели в виде обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), Марковских цепей (МЦ) и автономных импульсных процессов (АИП). Обсуждены проблемы устойчивого развития почвенно-растительных сообществ в зонах с повышенной аридностью в контексте устойчивости решений систем дифференциальных уравнений и дискретных моделей, основанных на свойствах Марковских и импульсных процессов.

Прикаспийский регион является географическим эталоном аридного пояса Российской Федерации. При увеличении аридности с северо-запада на юго-восток происходит смена зон от степной к пустынной. Лимитирующим климатический фактором для растений здесь является недостаток влаги [1, 4,-5, 11-13]. Коренные семейства при этом сменяются производными фитоценозами за счёт сукцессий в зависимости от зональных условий. При этом происходит объединение видового состава растительных сообществ с упрощением структуры проективного покрытия. При перегрузке пастбищ отмечается экзогенная сукцессия регрессивного типа. В засушливых зонах формируются сообщества из ксеротермических видов, более приспособленных к недостатку влаги. При интенсивной деградации доминантами являются однолетние виды, преимущественно семейства злаковых.

Исследования динамики ПРЭ пастбищ при составлении прогнозов наиболее эффективны с привлечением математического моделирования. Математический метод исследования стал основным при решении задач динамики почвенно-растительных сообществ и прогнозирования. Одной из главных экологических проблем является проблема динамической устойчивости растений. Существовать и стабильно функционировать могут только устойчивые экосистемы. Стабильность ПРЭ пастбищ обусловлена нагрузками экзогенного характера, превышение которых приводит к «экологической катастрофе».

Изучение процессов деградации пастбищ на Юге России проводились многими исследователями как в эмпирическом, так и в теоретическом аспектах. Виноградов Б. В. с соавторами использовал концепцию Марковких цепей для моделирования сукцессионных переходов, сопровождающих деградацию Черных земель (ЧЗ). Единой теории устойчивости для ПРЭ до настоящего времени нет. Понятие устойчивости как стабильного пребывания растений в пространстве и времени затруднено сложностью процессов обмена открытой диссипативной ПРЭ с окружающей средой.

В настоящем сообщении приведены основные результаты исследований динамики и некоторые вопросы устойчивости ПРЭ естественных пастбищ ЧЗ, подверженных деградации. ПРЭ описывается системой ОДУ с коэффициентами, определяющими устойчивость. Дискретная парадигма моделирует динамику сукцессионных переходов Нами были изучены четыре вида фитоценозов ПРЭ пастбищ: S_i, i = 1, 2, 3, 4.

Математическая модель динамики этих фитоценозов в виде последовательных сукцессий формально описывается системой обыкновенно-дифференциальных уравнений (ОДУ) [14-15] $\frac{dS_i}{dt} = \sum_{i=1}^{i=4} \alpha_{ij} y S_i + c_{i,}$

где S_i – площадь, занятая i-м фитоценозом, α_{ij} – коэффициенты взаимных переходов, c_i – влияние внешней среды на i-й фитоценоз. Решение моделирует изменение площадей фитоценозов во времени в виде суперпозиции экспонент.

Марковские процессы известны в дискретной математике как модели случайных явлений, протекающих между возможными состояниями сложных систем. При изучении ПРЭ ЧЗ была разработана парадигма многоканальных сукцессий основанная на стохастических свойствах однородных МЦ [6-7, 9].

МЦ позволяют определять времена эволюции фитоценоза в ряду сукцессий при движении их к финальному климаксному состоянию. По данным мониторинга (1954-2018 гг.) были составлены матрицы вероятностей переходов *(P)* для четырех фитоценозов. Сукцессии регистрировались в виде временного ряда вектора состояний пастбищ с интервалами 4-5 лет. Финальные векторы, полученные из МЦ определяли прогнозные площади фитоценозов.

Если предположить, что процессы внутри экосистемы протекают независимо от времени наблюдения (однородный процесс), то через t временных шагов возникает новый вектор состояний: $S_t = P^t S_0^{\mathrm{T}}$ (символ Т означает, что вектор является столбцом). Эта формула является основной для получения прогноза в математических моделях с использованием МЦ. Применение МЦ в исследовании динамики ПРЭ привело к разработке математической парадигмы динамической устойчивости таких систем. Отметим, что МЦ считается заданной, если определены условия стохастических переходов в виде матрицы P и вектора начальных состояний $\boldsymbol{S}(0) = (S_{01}, S_{02}, , S_{03},, S_{04})$. Элементами матрицы P являются вероятности переходов из i-го в j-е состояние.

Анализ матриц тренда (1954-2018 гг.) показал, что процесс деградации является неоднородной МЦ. Неравновесие экосистемы сопровождается нелинейными процессами обмена с окружающей средой. Теория незамкнутых открытых систем [3, 8-10, 16] представляет интерес при изучении динамики биологических сообществ в т. ч. и ПРЭ пастбищных фитоценозов аридных зон РФ.

Автономные импульсные процессы (АИП) использовались как продолжение исследований проблем устойчивости ПРЭ методами ОДУ и МЦ [11-13]. Импульсный процесс использовался для описания эволюции экосистем и поиска устойчивых состояний пастбищ. Знаковый орграф с вершинами $i = 1, 2, \ldots n$, взаимодействующих друг с другом через дуги, вес которых равен единице, а знак – направленность влияния. В начальном состоянии все вершины задаются вектором начального состояния. При внешнем воздействии в вершинах графа возникнет импульс $I(0)$, который по дугам распространяется по орграфу, передавая информацию о возмущении. Для того, чтобы определить состояние ПРЭ в некоторый момент времени надо знать вектор начального состояния и импульс возмущения. Вектор импульса в момент t определяется формулой $I(t) = S(t) – S(t – 1)$ как разность между векторами текущего и предыдущего состояний [10-13].

Нами была предпринята попытка выявить условия динамической устойчивость ПРЭ с точки зрения формальной устойчивости системы ОДУ. Характеристический полином системы для наблюдений 1954-1958 гг. имеет четыре различных корня: $\lambda_1 = 0{,}315$; $\lambda_2 = 0{,}320$; $\lambda_3 = 0{,}679$; $\lambda_4 = –0{,}669$, которые являются «индикаторами устойчивости». Решение системы ОДУ будет устойчивым, когда все действительные части корней ее полинома отрицательны. Наш результат говорит о том, что экосистему следует исследовать в контексте параметрической устойчивости, когда изучается чувствительность её решений к изменению коэффициентов. Изменение решений за счет вариации коэффициентов ОДУ отражает устойчивость пастбищной экосистемы. Вычисление параметров ОДУ, отвечающих устойчивости систем, имеет важное практическое приложение при оптимальном управлении биоресурсами экосистем Поиск таких пара-

метров – одна из задач теории устойчивости. Исследования показали, что для всех точек временного ряда сукцессий ЧЗ два корня положительны. Это означает, что ПРЭ нестабильна. Отрицательные корни указывают на временное динамическое псевдостационарное состояние.

Устойчивость ПРЭ исследовалась с помощью неоднородных МЦ, связанных при дискретном моделировании с параметром $\delta(t) = \sum_{i=1}^{4} |S_i(0) - S_i(t)|$, отражающим степень отклонения экосистемы от равновесного состояния: $S_i(0)$ – исходное значение площади i-го фитоценоза, $S_i(t)$ – стационарное значение, прогнозируемое уравнением $S(t) = P^t \cdot S(0)$.

Результаты автономных импульсных процессов для моделирования динамики привели к тому, что ПРЭ может находиться в стабильном состоянии, когда для неё определены количественные значения элементов соответствующей стохастической матрицы P. Эта матрица была вычислена методом условной оптимизации [13].

Дискретные модели с использованием формализма однородных МЦ, численно характеризующие степень стабильности пастбищ через параметр дестабилизации δ. Этот параметр имеет точки перелома (экстремум), в то время как пастбищной нагрузка $R(t)$ монотонна, без экстремумов. То есть, точка максимальной дестабилизации не связана с животной нагрузкой напрямую и имеет иную природу. Такое поведение экосистем связано с процессом совместного развития фитоценозов. Связь между площадью S_i пастбищ и условной нагрузкой $R(t)$ позволяет оптимизировать на практике использование биоресурсов пастбищ. Абсолютное значение δ отражает возможный диапазон изменению параметров, выводящих ПРЭ из состояния равновесия. В таком приближении требуется формальное определение параметра δ с помощью подбора, выявляя возможные диапазоны его изменений, соответствующих реальности.

На приведенном примере можно рассматривать устойчивость других экосистем и предсказывать их будущее. Аналогичная, но уже глобальная проблема принадлежит разделу экологии, изучающему динамику экосистем биосферы – биотической составляющей литосферы. Особенно это важно для аридных регионов, с повышенными антропогенными нагрузками. Их самовосстановление основано на росте биоразнообразия, обеспечивающее стабилизацию общего баланса биопродукции. Несмотря на очевидную дискретность, АИП адекватно описывают состояния экосистем. Исследователь может подбирать оптимальные параметры модели, для эффективного управления биоресурсами пастбищ. В развитие этой концепции можно предположить, что связь интенсивностей сукцессий с собственными значениями матрицы (корнями ее характеристического многочлена) имеет синергетическую природу, когда внутрисистемная стабилизация протекает через разрушение (хаос), приводящего к возникновению новых фитоценозов. Подобные явления наблюдаются в неравновесной термодинамике диссипативных систем [2-3, 9, 16].

Таким образом, изучены возможности дискретного и непрерывного моделирования для исследования почвенно-растительных экосистем. Установле-

но, что аналитические модели, в виде систем ОДУ тождественны результатам дискретных моделей в виде Марковских цепей или АИП. Исследование пастбищных экосистем на устойчивость с помощью параметрической модели ОДУ приводит к принципиально новому методу решения проблемы. Параметрическая устойчивость адекватно отражает способность системы к самовосстановлению. Модели на автономных импульсных процессах реализованы в виде вычислительного эксперимента. Показана их эффективность для определения условий динамической устойчивости пастбищных экосистем. Применение АИП особенно эффективно в оптимизационных задачах при поиске условий стабильности. Исследования Черных земель Калмыкии показали, что стационарные (финальные) распределения фитоценозов реализуется нелинейно с точками бифуркаций и появлением промежуточных состояний. Появилась возможность определения продолжительности устойчивого состояния растительных сообществ. Выявленная функциональная связь между площадью пастбищ и животной нагрузкой, позволяет определять пределы нагружения на пастбищные ПРЭ. Параметр дестабилизации при этом зависит от пастбищной нагрузки. Такое поведение ПРЭ связано с процессом динамического развития её фитоценозов и описывается неоднородной МЦ, как результат неустойчивости. Функциональная связь между площадью пастбищ и условной нагрузкой позволяет определить оптимальные режимы рационального пользования ПРЭ пастбищ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов, Б. В. Основы ландшафтной экологии / Б. В. Виноградов. – М.: ГЕОС, 1998. – 418 с.

2. Кемени, Д. Д. Конечные цепи Маркова / Д. Д. Кемени, Д. Л. Снелл. – М.: Наука, 1970. – 272 с.

3. Князева, Е. Н, Курдюмов С.П. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов. – СПб.: Алетейя, 2002. – 414 с.

4. Кулик, К. Н. Моделирование дефляции аридных пастбищ с помощью марковских цепей / К. Н. Кулик, А. Н. Салугин // Экосистемы: экология и динамика. – 2017. – № 1(4). – С. 5-22.

5. Куст Г. С. Нейтральный баланс деградации земель – современный подход к исследованию засушливых регионов на национальном уровне / Г. С. Куст, О. В. Андреева, В. А. Лобковский // Аридные экосистемы. – 2020. – Т. 26. – № 2(83). – С. 3-9.

6. Логофет, Д. О. Марковские цепи как модели сукцессии: новые перспективы классической парадигмы / Д. О. Логофет // Лесоведение. – 2010. – № 2. – С. 46-59.

7. Логофет, Д. О. Неоднородные марковские модели сукцессии растительности: новые перспективы старой парадигмы / Д. О. Логофет, Л. Л. Голубятников, Е. А. Денисенко // Изв. РАН. Серия биологическая. – 1997. – № 5.– С. 613-623.

8. Петров, Ю. П. Новые главы теории управления и компьютерных вычислений / Ю. П. Петров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 192 с.

9. Пригожин, И. От существующего к возникающему / И. Пригожин. – М.: Наука, 1985. – 327 с.

10. Робертс, Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам / Ф. С. Робертс; пер. с англ. – М.: Наука, 1986. – 496 с.

11. Салугин, А. Н. Динамическое моделирование деградационных процессов в агроэкологии / А. Н. Салугин: диссертация … д. с.-х. н. – Волгоград, 2006. – 306 с.

12. Салугин А. Н. Динамика и ее прогноз в неравновесных аридных экосистемах / А. Н. Салугин // Экология. – 2007. – № 4. – С. 41-45.

13. Салугин, А. Н. Автономные импульсные процессы / А. Н. Салугин, А. А. Устиченко // Интернет-вестник ВолгГАСУ. – 2013. – С. 259-264.

14. Самарский, А. А. Математическое моделирование в информационную эпоху / А. А. Самарский // Вестник РАН. – 2004. – Т. 74. – № 9. – С. 781-784.

15. Свирежев, Ю. М. 1978. Устойчивость биологических сообществ / Ю. М. Свирижев, Д. О. Логофет. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

16. Pykh Y. A. Distance measures from replicator systems with nonlinear pairwise interactions for environmental risk management / Y. A. Pykh, I. G. Malkina-Pykh // WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2019. – Vol. 237. © 2019 WIT Press to the stability in the Energy and Sustainability VIII 163, www.witpress.com, ISSN 1743-3541 (on-line), doi:10.2495/ESUS190151

УДК 581.522.4:630.17

ОБОГАЩЕНИЕ ДЕНДРОФЛОРЫ КОЛЛЕКЦИОННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ФНЦ АГРОЭКОЛОГИИ РАН ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ И ОЗЕЛЕНЕНИЯ

А. Ш. Хужахметова, к. с.-х. н.

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии,комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Приведен анализ дендрофлоры коллекций ФНЦ агроэкологии РАН, как результат интродукции экономически важных таксонов деревьев и кустарников в засушливые регионы для целей агролесомелиорации и озеленения.

The analysis of dendroflora of collections of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences as a result of introduction of economically important taxa of trees and shrubs in arid regions for the purposes of agroforestry and landscaping is presented.

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (ранее Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт) как головным научным учреждением в области защитного лесоразведения [5] проведен масштабный эксперимент в области интродукции экономически важных деревьев и кустарников на стационарных объектах – полигонах, размещенные в разных природно-климатических зонах европейской и азиатской части страны (Алтайский край, кадастр. № 22:23:010003:14; Волгоградская, № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10, № 34:36:0000:14:0178; Самарская обл., № 63:23:0908001:0002; 63:17:0000000:0236, таблица) [3, 6]. Это во многом определило направления научных исследований и таксономическую структуру дендрологических объектов ФНЦ агроэкологии РАН, которая показывает, что в коллекциях интродуцирована значительная часть таксонов деревьев и кустарников из различных географических зон (Крым, Кавказ, Средняя Азия, Сибирь, Дальний Восток, Америка, Китай, Япония и др.).

Самые большие группы видов, обитающие в Европе и Северной Америке. Наименьшее количество видов с ареалами на Кавказе и в Крыму. Значительную

группу в Волгоградском и Камышинском дендрариях составляют виды из Средней Азии (61 и 40) и Китая, Японии, Кореи (70 и 52). В Кулундинском дендрарии наряду с европейскими и североамериканскими видами, преобладают сибирские и дальневосточные [3].

Таблица

Почвенно-климатическая и гидрологическая характеристика научных объектов [1]

Дендрологические коллекции	Год посадки	Среднемноголетние показатели					Тип почв	% гумуса	Глубина грунтовых вод, м
		температура воздуха, °С	максимальная, °С	минимальная, °С	относительная влажность воздуха, %	осадки, мм			
ФНЦ агроэкологии РАН	1962	7,6	43	–35	41	350	Светло-каштановые среднесуглинистые	0,8-1,2	4-5
Нижневолжская станция по селекции древесных пород	1931	5,4	41	–39	40	386	Темно-каштановые супесчаные	1,5-2,5	> 10
Поволжская АГЛОС	1950	3,7	40	–45	46	395	Обыкновенные среднесуглинистые черноземы	5-6	8-15
Западно-Сибирская АГЛОС	1977	1,9	41	–50	50	270	Каштановые легкосуглинистые	1,4-2,5	5-6

В дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН в общей сложности произрастают 600 видов деревьев и кустарников (рис. 1).

На период 80-х годов прошлого века в дендрариях проходили испытание большое количество растений: в Волгограде – 400, Камышине – 320, Алтае – 120. Дендрологические экспозиции создавались рядовыми посадками, с соблюдением размещения интродуцентов по систематическому принципу. Основные направления исследований базировались на эколого-биологических, фитоценотических, хозяйственно-экономических принципах (рис. 2) с учетом анализа прежнего опыта [8].

В монографических работах [2, 3, 6] обобщены исторические аспекты формирования дендроколлекций и вклад ученых ФНЦ агроэкологии РАН в решение вопросов подбора ассортимента древесных растений для целей защитного лесоразведения и озеленения [8].

Выявлены и рекомендованы для применения 168 видов деревьев и кустарников с высокой степенью адаптации, перспективных для агролесомелиоративного обустройства территорий и 356 видов для озеленения урбанизированных ландшафтов. По практическому использованию виды, обладающие хорошей жизненностью, распределены следующим образом: декоративные – 57,4 %, лекарствен-

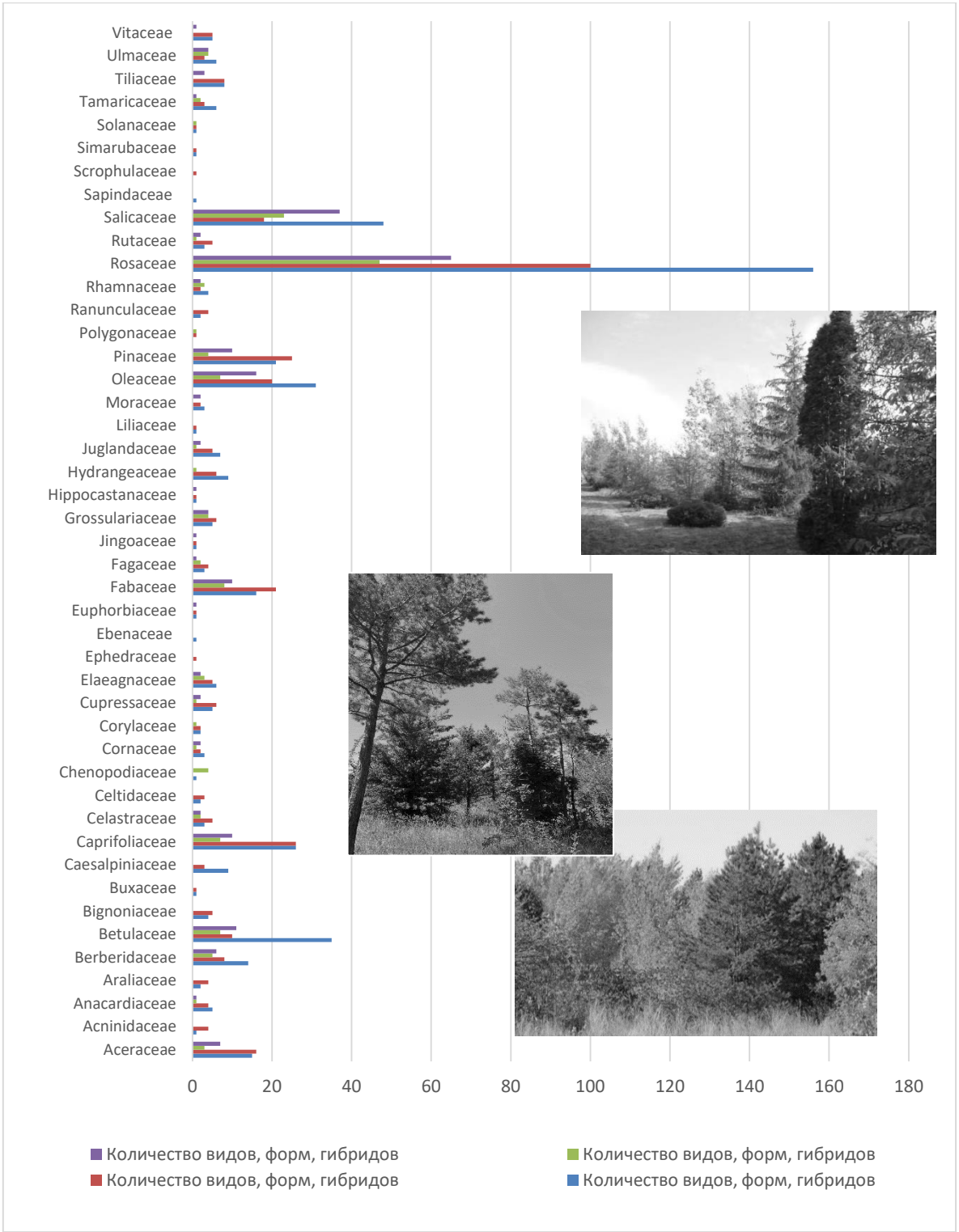
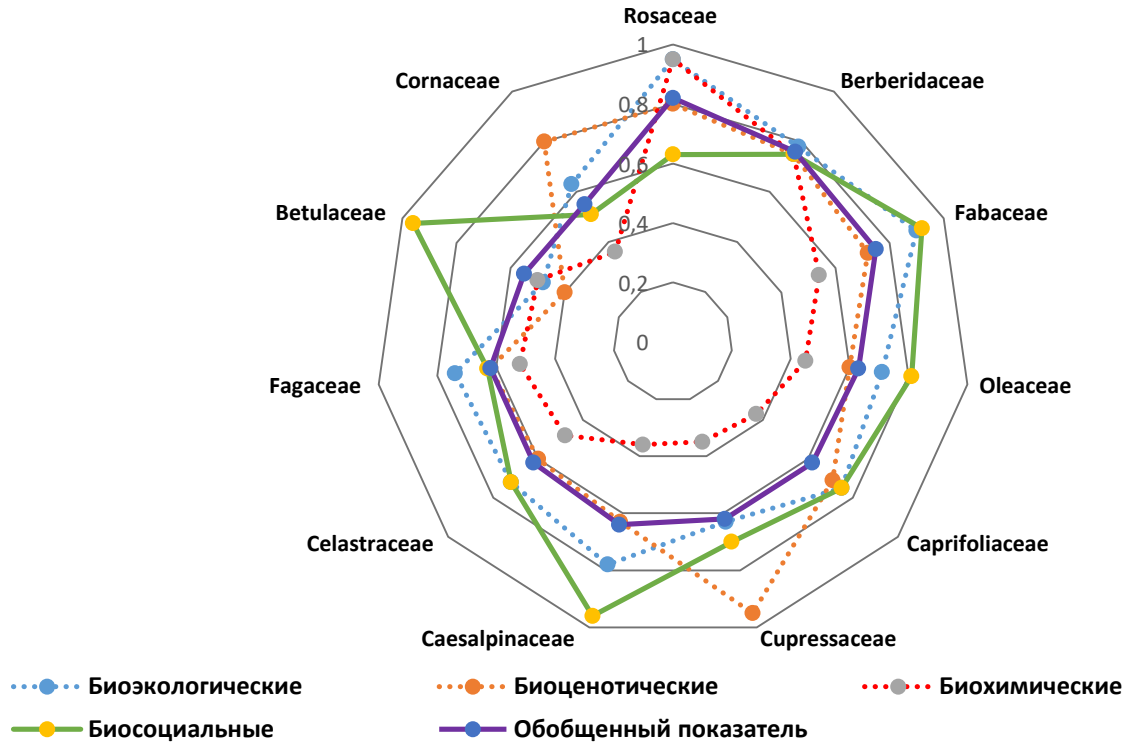


Рис. 1. Распределение коллекционного фонда дендрариев ФНЦ агроэкологии РАН по семействам

ные – 19,1 %, плодовые – 20,1 %, медоносные – 31,1 %, лесомелиоративные – 44,5 %. Большую ценность для агролесомелиорации и озеленения представляют виды родов: *Pinus*, *Picea*, *Larix*, *Juniperus*. Из них наиболее перспективной является лиственница сибирская. Из лиственных растений заслуживают внимание при проведении лесомелиоративных работ и в озеленении виды родов: *Acer*, *Betula*, *Populus*, *Fraxinus*, *Salix*, *Ulmus*, *Tilia*, *Celtis*, *Lonicera*, *Sambucus*, *Spiraea*,

Viburnum. К группе ценных плодовых и ягодных растений относятся виды родов: *Malus, Pyrus, Prunus, Sorbus, Cerasus, Padus, Berberis, Aronia, Crataegus, Amelanchier* и др. Среди деревьев и кустарников много медоносов: *Acer, Cotoneaster, Lonicera, Tilia, Ribes* и др.



Группа признаков: *Биоэкологические* – зимостойкость, засухоустойчивость, солеустойчивость, успешность размножения; *Биоценотические* – жизненная форма, фитоценотическая совместимость и устойчивость, долговечность, почвоулучшающие и почвозащитные свойства, способность образовывать заросли; *Биохимические* – пищевая, кормовая, техническая, лекарственная, медоносная ценности; *Биосоциальные* – декоративные свойства (генеративных и вегетативных органов), декоративность кроны, декоративность сочетания разных видов, многообразие форм

Рис. 2. Биоэкологические принципы обогащения дендрофлоры

В последние десятилетия исследования сосредоточены на разработке технологических элементов и мероприятий по обогащению дендрофлоры лесомелиоративных комплексов с учетом изменений экологической среды и климатических условий, которые влияют на растительные организмы, их долговечность, потенциальные инвазионные качества и определяют границы экологических ниш произрастания растений в будущем.

Длительный период культивирования древесных растений интересен сам по себе, интересны и изменения в видовом составе, происходившие за долгую историю существования дендрологических коллекций. Анализ результатов антропогенного прессы на дендрологические коллекции показывает высокую вероятность развития эколого-опасных ситуаций и нанесения необратимого ущерба окружающей среде. Установлена тенденция увеличения площади открытых пространств на 65 %, что не соответствует оптимальному соотношению

типов объёмно-пространственной структуры (ТПС) объектов исследований. Оценка качества насаждений в дендрологических экспозициях показала необходимость увеличения насаждений I класса до 45-56 % за счет полной или частичной реконструкции насаждений III и IV класса [3].

Постоянная естественная убыль видов из коллекций дендрариев требует необходимость проводить мероприятия по дополнению и охране коллекции. В связи с этим разработаны базы данных дендрофлоры объектов ФНЦ агроэкологии РАН и реестры хозяйственно ценных растений, подвергшихся неблагоприятному воздействию антропогенных факторов и требующих восстановления и сохранения [3, 4], которые позволят иметь актуальную информацию о состоянии биоресурсов, необходимую для обеспечения технологий по обогащению дендрофлоры лесомелиоративных комплексов в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий. Они направлены на формирование и дополнение материалов для эффективного управления биоресурсными коллекциями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ассортимент деревьев и кустарников для мелиорации агро- и урболандшафтов засушливой зоны: науч.-метод. рекомендации / А. В. Семенютина. – М., 2002. – 59 с.

2. Мобилизация дендрологических ресурсов и пути сохранения их биоразнообразия в малолесных регионах: монография / А. В. Семенютина [и др.]. – Волгоград, 2021. – 288 с.

3. Научные основы и этапы формирования полифункциональных кластерных дендрологических экспозиций коллекций ФНЦ агроэкологии РАН / А. В. Семенютина [и др.]. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2022. – 192 с.

4. Свидетельство о регистрации базы данных №2022622363 RU Российская Федерация. Хозяйственно ценные растения Кулундинского дендрария, требующих восстановления и сохранения: №202262204, заявл. 28.09.2022, опубл. от 13.09.2022 / А. И. Беляев, П. М. Подгаецкая, А. А. Долгих, А. В. Семенютина, А. Ш. Хужахметова, заявитель ФНЦ агроэкологии РАН.

5. Стратегия развития защитного лесоразведения в Волгоградской области на период до 2025 года / К. Н. Кулик [и др.]. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – 39 с.

6. Хужахметова, А Ш. Становление и развитие биологических исследований в области защитного лесоразведения / А. Ш. Хужахметова, А. И. Беляев, Д. В. Сапронова // Вопросы истории. – 2022. – № 8-1. – С. 244-250. DOI: 10.31166/VoprosyIstorii202208Statyi22

7. Analysis of bioresource collections on climatic rhythms and phenological processes / A. I. Belyaev, A. V. Semenyutina, A. Sh. Khuzhakhmetova, [et al.] // Ecological Engineering and Environmental Technology. – 2022. – Т. 23, № 3: 87-94. DOI:10.12912/27197050/147152

8. Regulation of increase of biodiversity of woody plants in protective forest plantings of the Volga region / A. B. Семенютина, И. П. Свинцов, А. Ш. Хужахметова [и др.] // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. – 2018. – Т. 8, № 2. – С. 46-59. DOI:10.25726/NM.2018.2.2.005

6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ, СЕЛЬСКОМ И ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

УДК: 528.8: 631.6.02

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

С. А. Антонов, к. г. н.; **С. В. Перегудов**
ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»,
Ставропольский край, РФ

Проведен пространственный анализ защитных лесных насаждений, в ходе которого были выявлены участки, на которых эффективность основных полезащитных насаждений снижена и на которых риск проявления различных деградационных процессов в почвы увеличен.

In the course of the work, an analysis was carried out to identify various degradation processes in enlarged foci, during which foci were identified, during which the main field-protective disturbances were identified.

Во многих аграрных регионах России широко распространена проблема деградации почвенного покрова. Одними из главных факторов, способствующих развитию деградационных процессов в почве, являются изменение климата и увеличение антропогенной нагрузки за счет интенсификации производства. Ставропольский край, являющийся одним из ведущих сельскохозяйственных регионов, не является исключением. Земли сельскохозяйственного назначения составляют более 92 % территории края. Развитие негативных процессов в почвенном покрове тесно связано с отраслевой специализацией сельхозпроизводства [9].

За последние 30 лет в Ставропольском крае произошло смещение специализации в сторону растениеводства, которое считается наиболее рентабельной отраслью. Однако интенсификация производства приводит к неконтролируемой распашке сенокосов и пастбищ, 74 % которых располагаются на склоновых землях. В результате, процессы водной эрозии в Ставропольском крае затрагивают 47 % пашни [2].

Сложная ландшафтная структура Ставропольского края обусловлена его географическим положением. В крае преобладают два основных типа почв: черноземы (38 %), которые преимущественно располагаются в западной части, и каштановые почвы (43 %), которые в основном встречаются на востоке.

В последние 10 лет в Ставропольском крае наблюдается повышение среднегодовой температуры. За этот период температура повысилась на 1,3 °С по сравнению с многолетней нормой (1961-1990 гг.). Основной рост температуры отмечается с января по март и с июня по август, где прирост составляет от +1,6 до +2,3 °С [1].

Количество осадков в крае снизилось за последние 10 лет в среднем с 497 мм до 490 мм. В отдельные месяцы наблюдается рост осадков, причем максимальное значение достигается в мае (+28 %). Однако эти осадки часто имеют ливневый характер, что приводит к значительному смыву почвы [3].

В результате этих изменений в Ставропольском крае растет экстремальность климата и увеличивается вероятность неблагоприятных явлений, таких как пыльные бури, засухи, суховеи [4].

В связи с этим необходимость решения вопросов, связанных с мероприятиями по борьбе с эрозионными и дефляционными процессами, становится все более актуальной. Основным компонентом таких мероприятий является создание каркаса из защитных лесных насаждений (ЗЛН) [5, 6].

Однако защитные лесные насаждения требуют постоянного мониторинга для оценки их сохранности и потенциальной эффективности.

В результате закрытия организаций в 1990-х годах, которые выполняли данные задачи, постоянных наблюдений за защитными лесными насаждениями в крае не ведется. Последняя полноценная инвентаризация защитных лесных насаждений в Ставропольском крае была проведена в 2003 г.

Учитывая, что защитные лесные насаждения занимают обширные территории, наиболее рациональным подходом для их мониторинга является использование новых систем обработки и визуализации данных, таких как географические информационные системы (ГИС) и данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Эти инструменты позволяют эффективно собирать, анализировать и визуализировать информацию о состоянии и изменениях в защитных лесных насаждениях.

Для проведения исследования нами были разработаны методики на базе ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования Земли для анализа межполосных расстояний, и отклонения лесных полос от перпендикуляра направления господствующего ветра.

В настоящее время данные космической съемки набирают все большую популярность. Становятся доступны материалы с различным пространственным разрешением, распространяемые как свободно, так и на коммерческой основе.

В исследовании были использованы данные дистанционного зондирования Земли с высоким пространственным разрешением. Это стало возможным благодаря появлению картографических интернет-сервисов, таких как Google Earth Pro, которые предоставляют набор простейших инструментов и позволяют использовать космоснимки с высоким разрешением бесплатно [12].

Для обработки и анализа пространственных данных в нашем исследовании использовались такие программы как ArcGIS и QGIS. Эти программные продукты предлагают различные подходы к распространению и использованию. Например, ArcGIS является коммерческим программным продуктом, в то время как QGIS доступен под свободной лицензией [11, 13].

Для проведения анализа защитных лесных насаждений была проведена дифференциация по типам, в результате была сформирована выборка основных полезащитных лесных насаждений. Эти насаждения располагаются на территориях с уклоном не превышающим 2° и ориентированы перпендикулярно наиболее вредоносным ветрам.

Таблица

Межполосные расстояния относительно типов почв

Тип почвы	Расстояние, м
Серые лесные, оподзоленные и выщелоченные черноземы	600
Типичные и обыкновенные черноземы	500
Южные черноземы	400
Темно-каштановые	350
Светло-каштановые	250
	200

В агромелиорации существуют рекомендации, которые определяют оптимальные расстояния между защитными лесными насаждениями, соблюдение которых способствует наиболее эффективной защите почв от дефляции (таблица) [9].

Для определения типов почв применялись карты, созданные Ставропольским НИИ Гипрозем. Следующим этапом было проведение расчета и составление карты расположения полезащитных лесных насаждений относительно господствующего ветра. Для этого использовалась методика, разработаная в лаборатории ГИС-технологий ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» [9].

На каждое муниципальное образование была построена роза ветров. При построении розы ветров использовались данные за 10-летний период (2010-2020 гг.).

По результатам пространственного анализа были определены участки территории, на которых отмечается снижение эффективности полезащитных лесных насаждений.

В результате были выделены области, в которых расстояние между основными полезащитными лесными насаждениями превышает рекомендованные значения (рис. 1).

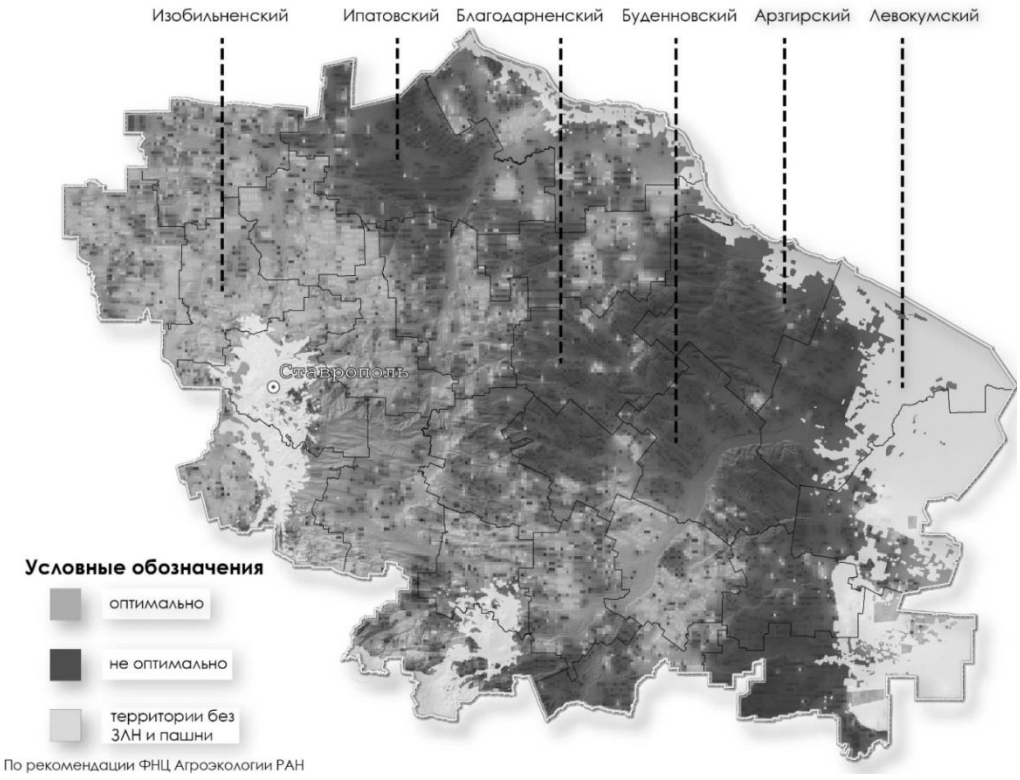


Рис. 1. Оптимальность межполосных расстояний в Ставропольском крае

На основании полученных данных было выделено 5 муниципальных образований с наименьшей площадью лесных насаждений, расположенных на рекомендованных расстояниях (менее 12 %) – Арзгирский, Благодарненский, Буденновский, Ипатовский, Левокумский.

Наилучшие показатели отмечаются в западной части края (зона неустойчивого увлажнения), где большая часть районов соответсвует рекомендациям размещения полезащитных лесных насаждений. Максимальный показатель отмечен в Изобильненском муниципальном образовании и составляет 70 %.

Основными причинами данной проблемы являются гибель деревьев вследствие естественных (достижение ими предельного возраста) или антропогенно-хозяйственных причин (сжигание стерни, вырубка насаждений в слабогазифицированных районах, расширение пахотных угодий за счет выкорчевывания). Не оптимальность межполосных расстояний на территории засушливой зоны Ставропольского края может быть связана с использованием нормативов 1952 г., согласно которым рекомендованные расстояния составляли 1000 м [7].

Одним из важнейших показателей при проектировании полезащитных лесных насаждений в качестве противодефляционных является их ориентация относительно господствующих ветров. Для наиболее эффективной защиты допускается отклонение от перпендикулярного направления ветра до 30°.

В результате анализа были выделены области, где господствующее направление ветра имеет отклонение от перпендикулярного направления более 30° (рис. 2).

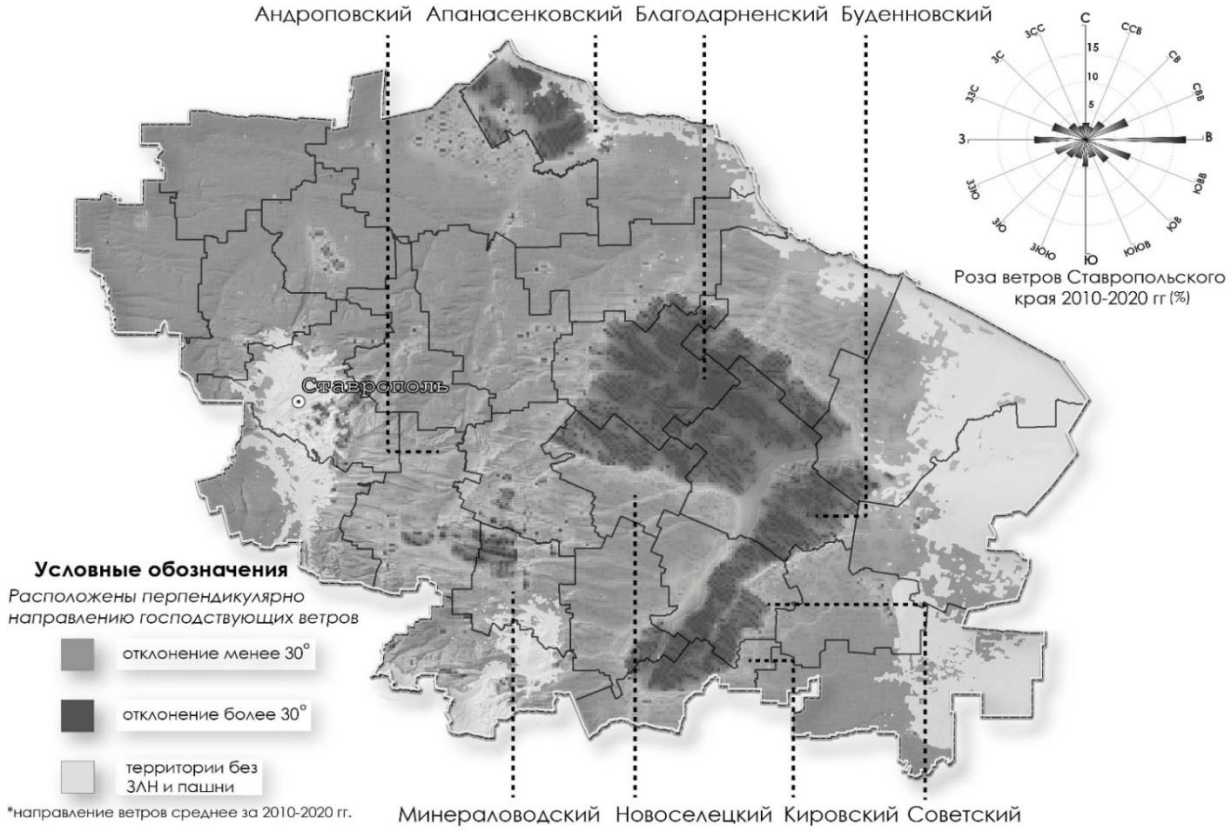


Рис. 2. Оптимальность расположения основных ЗЛН относительно направлений господствующих ветров в Ставропольском крае

Наиболее остро данная проблема стоит в Буденновском, Благодарненском муниципальных образованиях, где более 80 % полезащитных лесных насаждений имеют отклонение, превышающее 30°. В отдельных районах наблюдается незначительное снижение эффективности лесных полос по данному показателю, к ним относятся: Советский, Новоселецкий, Кировский, Апанасенсковский, Минераловодский, Андроповский муниципальные образования. Наилучшие результаты отмечаются в Красногвардейском и Курском р-нах, где фактически все основные ЗЛН расположены оптимально относительно господствующих ветров.

В результате исследования выявлены участки, на которых наблюдается несоответствие межполосных расстояний рекомендованным значениям. Наиболее остро данная проблема наблюдается в восточной части края (Арзгирский, Благодарненский, Буденновский, Ипатовский, Левокумский), где рекомендованным расстояниям не соответствует более 88 % насаждений, что приводит к увеличению скорости ветра в приземных слоях, и как следствие, росту дефляционной нагрузки.

На территории Ставропольского края на отдельных участках наблюдается снижение эффективности полезащитных лесных насаждений в борьбе с дефляцией за счет отклонения от перпендикуляра господствующих ветров более чем на 30°. Наибольшему риску дефляционных процессов подвержены Буденновский, Благодарненский муниципальные образования, где более 80 % полезащитных лесных насаждений имеют смещение более 30°.

В ходе исследования было проанализировано более 40000 объектов. Без использования данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий этот анализ потребовал бы значительных финансовых и временных затрат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов, С. А. Изменение засушливости территории Ставропольского края за последние 50 лет (1969-2018 гг.) / С. А. Антонов // Сельскохозяйственный журнал. – 2019. – Т. 12, № 2. – С. 6-12.

2. Антонов, С. А. Динамика линейной водной эрозии на пашне Ставропольского края по результатам дистанционного мониторинга / С. А. Антонов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 89, № 5. – С. 12-17.

3. Бадахова, Г. Х. Границы зон увлажнения территории Ставропольского края в условиях современного климата / Г. Х. Бадахова // Инновационная наука. –2022. – Т. 1, № 9. – С. 80-84.

4. Глушко, А. Я. Деградация земель юга европейской части России под воздействием пыльных бурь / А. Я. Глушко, В. В. Разумов, М. Д. Рейхани // Юг России: экология, развитие. – 2010. – № 1. – С. 146-151.

5. Ерусалимский, В. И. Многофункциональная роль защитных лесных насаждений / В. И. Ерусалимский, В. А. Рожков // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. – М.: Почвенный институт, 2017. – № 88. – С. 121-138.

6. Ландшафтно-географический подход в агролесомелиорации / А. С. Рулев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. – 160 с.

7. Молчанов, А. А. Оптимальная лесистость / А. А. Молчанов. – М.: Наука, 1966. – 127 с.

8. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Ставропольскому краю за 2019 год. – Ставрополь: Управление федеральной службы государственной статистики по Северо-Кавказскому федеральному округу, 2019. – 204 с.

9. Пространственный анализ и картографирование защитных лесных насаждений: методические рекомендации / С. А. Антонов. – Ставрополь: Сервисшкола, 2020. – 83 с.

10. Родин, А. Р. Лесомеарация ландшафтов: учебник / А. Р. Родин, С. Б. Васильев, Г. В. Силаев – М.: ФГБЩУ ВПО МГУЛ, 2014. – 192 с.
11. ArcGIS [Электронный ресурс]. URL: https://www.esri.com/en-us/home.
12. Google Earth [Электронный ресурс]. URL: https://www.google.ru/intl/ru/earth/.
13. QGIS [Электронный ресурс]. URL: https://www.qgis.org/ru/site/.

УДК 528.7

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ЮГЕ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. В. Балынова[1]; И. А. Болгов[2]; М. Н. Кузнецова[2]; А. А. Хованская[2]; А. А. Шапрова[2]

ФГБНУ "Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук", г. Волгоград, РФ
[2]*Волгоградский государственный университет*, г. Волгоград, РФ

Выполнен геоинформационного анализа защитных лесных насаждений (ЗЛН) и сельскохозяйственных полей с применением ГИС-технологий и спутниковых снимков. Данные, полученные в ходе исследования, могут использоваться для комплексной экологической оценки территории.

Presents a geoinformation analysis of protective forest stands (PFS) and agricultural fields using GIS technologies and satellite images. The data obtained during the study can be used for a comprehensive environmental assessment of the territory.

Картографическое моделирование в агролесомелиорации является одним из важных этапов при исследовании территории [4]. Так как лесные насаждения любого происхождения (естественного или искусственного) имеют дискретное распространение, создание различных картографических моделей позволяет анализировать характер их распределения, составлять различные прогнозные и инвентаризационные карты [1, 2]. Основным и самым информативным способом отображения и моделирования лесных насаждений разного происхождения является способ ареалов. Выделение ареалов лесных насаждений в зависимости от целей исследования и точности картографирования может производиться на основе экспертного дешифрирования, полуавтоматической и автоматической классификации данных ДЗЗ [8, 9, 10]. На основе ареалов с лесной растительностью могут составляться карты лесов, лесной промышленности, а также карты лесных хозяйств [5, 6].

Цель исследования – с помощью геоинформационного анализа выявить степень сохранности защитных лесных насаждений на юге Волгоградской обл., а также оценить эффективность их использования в качестве противоэрозионной защиты сельскохозяйственных земель [3]. Учитывая засушливость климата и подверженность земель Волгоградской обл. ветровой эрозии, результаты исследования могут быть полезны при проведении противоэрозионных мероприятий [7].

Для исследования физико-географических условий функционирования лесомелиоративных насаждений в агролесоландшафтах была выбрана территория Котельниковского р-на Волгоградской обл.

Полуавтоматическим методом было выделено 445 полигонов лесных полос (рис. 1). Чем больше требуемая точность картографирования, тем больше требуется квалификация специалиста-картографа. Экспертное дешифрирование лесных насаждений производилось с помощью данных дистанционного зондирования Земли высокого (10-30 м) и сверхвысокого (менее 1 м.) пространственного разрешения на основе прямых и косвенных дешифровочных признаков. В качестве источника данных использовали бесплатно распространяющиеся растровые данные ДЗЗ в рамках проекта Copernicus (Sentinel-2), который имеет пространственное разрешение 10 и 30 м. В качестве данных для определения фактического состояния ЗЛН были выбраны данные высокого пространственного разрешения со спутника Sentinel-2, сканер MSI, разрешение в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне спектра – 10 м.

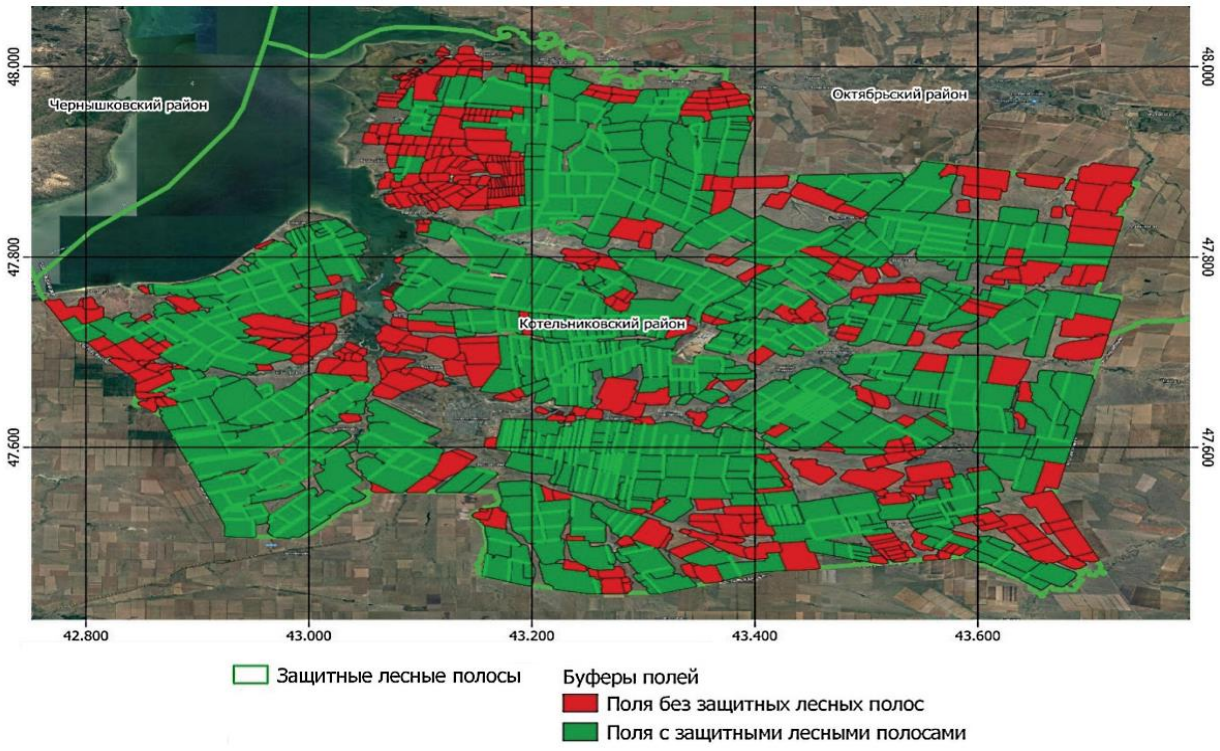


Рис. 1. Карта обеспеченности полей лесополосами на территории исследования

В результате картографирования количество оцифрованных защитных лесных насаждений в общей сумме составило 445, а количество полей – 1181. Далее была подсчитана площадь полей и лесных полос Котельниковского р-на. Площадь полей составила 205620 га, площадь лесополос – 4031,74 га. Затем был построен буфер 150 м вокруг полей для выявления полей без лесополос.

Анализ оснащенности полей лесополосами показал, что из 205620 га полей 20 % не имеют лесных полос. Из общей площади полей, необеспеченных лесополосами, 30 % являются эрозионноопасными (2056 га). Из общей площади полей Котельниковского р-на 70 % полей являются эрозионноопасными и при этом не имеют защитных лесонасаждений. Именно эти территории являются приоритетными при агролесомелиорации и планировании противоэрозионных мероприятий.

Установлено, что на территории исследования, в пределах Котельниковского р-на, наблюдается высокая противоэрозионная эффективность имеющихся лесных полос, однако их площади недостаточно для защиты всех полей. Некоторые эрозионноопасные участки вовсе лишены защитных лесополос и требуют проведения агролесомелиоративных мероприятий.

Данные, полученные в ходе исследования, могут использоваться для комплексной экологической оценки территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов, С. А. Анализ пространственного положения защитных лесных насаждений на основе геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли / С. А. Антонов // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 408-420. – DOI 10.35595/2414-9179-2020-2-26-408-420.

2. Балынова, В. В. Геоинформационный анализ параметров сохранности защитных лесных насаждений Котельниковского района Волгоградской области / В. В. Балынова // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 4(119). – С. 66-71. – DOI 10.34736/FNC.-2022.119.4.010.66-71.

3. Выприцкий, А. А. Геоинформационный анализ влияния государственных защитных лесных полос на продуктивность сельскохозяйственных угодий / А. А. Выприцкий, В. Г. Юферев // Исследование Земли из космоса. – 2023. – № 4. – С. 60-71. – DOI 10.31857/S0205961423040073.

4. Кулик, К. Н. Методическая основа агролесомелиоративной оценки защитных лесных насаждений по данным дистанционного мониторинга / К. Н. Кулик, А. В. Кошелев // Лесотехнический журнал. – 2017. – Т. 7, № 3(27). – С. 107-114. – DOI 10.12737/article_-59c22527885b57.91268039.

5. Мелихова, А. В. Пространственный анализ защитных лесных насаждений северной части Ергенинской возвышенности / А. В. Мелихова // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 3(118). – С. 43-48. – DOI 10.34736/FNC.2022.118.3.006.43-48.

6. Синельникова, К. П. Анализ защитных лесных насаждений на территории Донской гряды с использованием ГИС-технологий и аэрокосмических данных / К. П. Синельникова // Известия НВ АУК. – 2023. – 2(70). – С. 299-305. – DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-34.

7. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге Европейской России в 2019-2022 гг. / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев, А. Н. Берденгалиева, [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2022. – Т. 19, № 5. – С. 319-327. – DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327.

8. Федорчук, С. А. Опыт электронного картографирования лесных насаждений западных муниципальных районов Саратовской области / С. А. Федорчук, Ш. Матвеев // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – № 3-2(66). – С. 76-80. – DOI 10.24412/2500-1000-2022-3-2-76-80.

9. Koshelev, A. V. Decoding of forest belts using satellite images / A. V. Koshelev, N. A. Tkachenko, M. O. Shatrovskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 09-10 сент. 2021 г. – Voronezh, 2021. – P. 012065. – DOI 10.1088/1755-1315/875/1/012065.

10. Shinkarenko, S. S. A Method for Mapping Protective Forest Plantations Based on Multitemporal Satellite Images of High Spatial Resolution and Bi-Season Forest Index / S. S. Shinkarenko, S. A. Bartalev, A. A. Vasilchenko // Cosmic Research. – 2022. – Vol. 60, No. S1. – P. 80-90. – DOI 10.1134/S0010952522700095.

УДК 502.63

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРИМОСТИ ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НИЖНЕЙ ВОЛГИ

А. Н. Берденгалиева

ФГБНУ "Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук", г. Волгоград, РФ

Исследуется горимость ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы по данным дистанционного зондирования. Проведен геоинформационный анализ в границах муниципальных образований на территории Волгоградкой и Астраханской обл. по десятилетиям с 2001 по 2022 гг.

Examines the burnability of the landscapes of the Volga-Akhtuba floodplain according to remote sensing data. A geoinformation analysis was carried out within the boundaries of municipalities on the territory of the Volgograd and Astrakhan regions for decades from 2001 to 2022.

Определение выгоревших площадей и анализ горимости ландшафтов достаточно актуальная тема. Лесным пожарам уделено внимание многими исследователями, но меньше степным и тростниковым пожарам. Поймы и дельты рек; площади, которые, в основном, заняты тростниковыми зарослями, особенно подвержены нелесным пожарам [1, 8]. Из-за интенсивной антропогенной нагрузки (близость дачных поселков и рыболовство) пойменные ландшафты подвергаются частым возгораниям [3, 4, 6]. В последние годы проведено достаточно много исследований по определению закономерностей пожарного режима зональных нелесных ландшафтов [5, 10]. Пойменные ландшафты Нижней Волги, включая ее дельту, являются территорией наибольшей частоты пожаров на юге европейской части России [2, 7].

Целью данного исследования являлось определение динамики горимости ландшафтов Нижней Волги для определения наиболее пожароопасных территорий в пойме, что позволит в дальнейшем планировать противопожарные мероприятия.

Зона исследований находится в юго-восточной части европейской части России, где река Волга течет ниже Волгограда и формирует Волго-Ахтубинскую пойму. В районе Астрахани Волга распадается на множество рукавов, образуя одну из крупнейших речных дельт в мире. Общая площадь исследуемых ландшафтов составляет около 3 млн га, из которых 2,3 млн га являются сушей. [6]. Территория исследования рассматривается в границах гидролого-геоморфолических районах согласно данным [9].

В работе использованы материалы спутниковых снимков Landsat и Sentinel (с пространственным разрешением 15 и 10 м соответственно), данные об очагах активного горения FIRMS (пространственное разрешение – 1 км) и данные выгоревших площадей MCD64A1 (пространственное разрешение – 500 м). Дешифрирование спутниковых снимков, разработка и анализ карты выполнены в геоинформационной программе QGIS3.

В результате картографирования выгоревших площадей за двадцатилетний период определено более 16,5 тыс. гарей. Показателем, который характеризует пожарный режим и в меньшей степени зависит от площади объекта, явля-

ется горимость – отношение выгоревшей площади ко всей площади ландшафтов исследуемого объекта. На рис. 1 продемонстрирована динамика горимости в муниципальных образованиях в Волго-Ахтубинской пойме. Среднемноголетняя горимость в 2011-2021 гг. уменьшилась на 43 % по сравнению с периодом 2001-2010 г.: с 8,9 в год до 5% в год. Для всех районов характерно снижение горимости после 2010 г., наиболее сильно это проявилось в Светлоярском р-не Волгоградской обл. Из 66 проанализированных муниципальных образований (МО) горимость снизилась в два и более раз почти в половине случаев (32), еще в 24 МО снижение составило до 50 %. Рост горимости отмечен только в шести МО: в четырех случаях до 50 % (Золотухинский (№ 41 на рис. 4 и 5), Косикинский (№ 53), Успенский (№ 31) сельсоветы Астраханской обл. и Царевское сельское поселение (№ 18) в Волгоградской обл.) и в двух – более 50 % (Колобовское сельское поселение (№ 19) и городское поселение Ленинск (№ 2)).

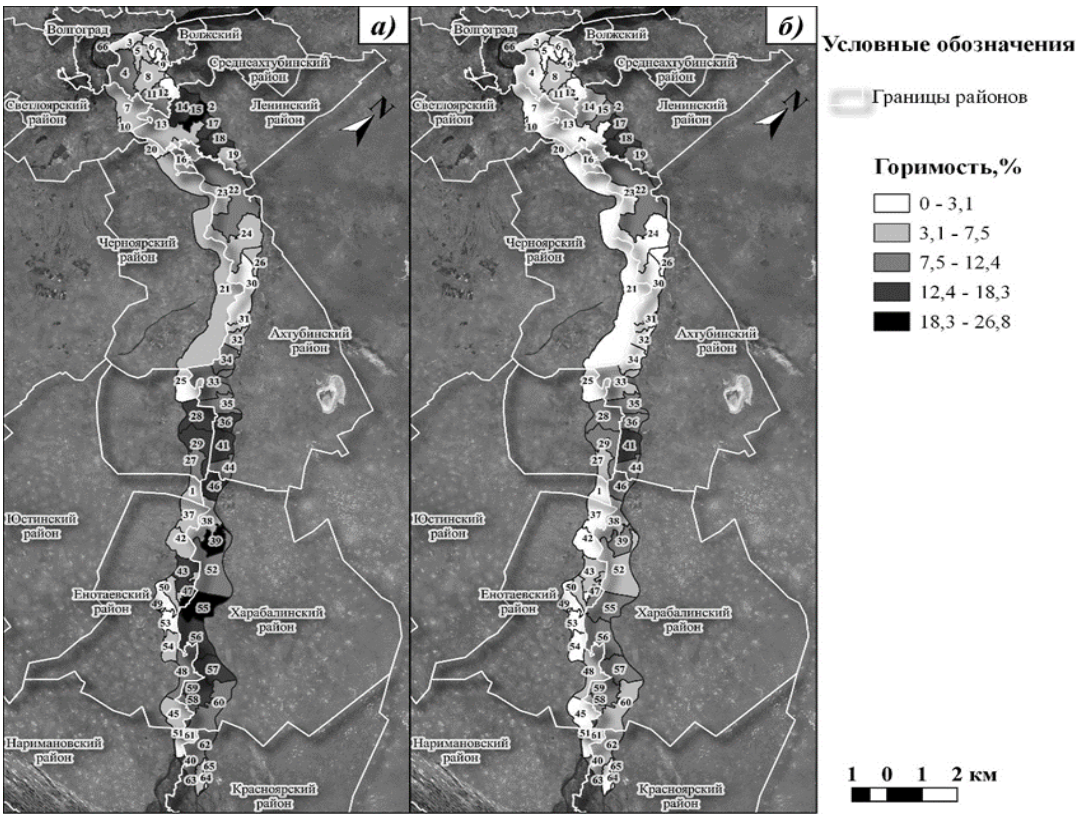


Рис. 1. Распределение среднемноголетней горимости пойменных ландшафтов в муниципальных образованиях в 2001-2010 гг. (а) и в 2011-2021 гг. (б)

В результате исследования установлены закономерности динамики горимости ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы: зафиксирован значимый отрицательный тренд для всей территории исследований. При этом для количества пожаров тренд отсутствует. Определены муниципальные образования, где отмечен значимый положительный тренд горимости пойменных ландшафтов: Колобовское, Царевское сельские поселения и городское поселение Ленинск в Волгоградской обл. Эти муниципальные образования расположены поблизости от моста через р. Ахтуба, который активно используется туристами, что может

приводить к большим площадям пожаров по причине неосторожного обращения с огнем. Выявленные особенности горимости могут быть использованы для оптимизации противопожарной профилактики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берденгалиева, А. Н. Дешифрирование нелесных пожаров в условиях речных пойм / А. Н. Берденгалиева, С. С. Шинкаренко // Научно-агрономический журнал. – 2020. – № 4(111). – С. 43-48.

2. Динамика горимости аридных ландшафтов России и сопредельных территорий по данным детектирования активного горения / С. С. Шинкаренко, В. В. Дорошенко, А. Н. Берденгалиева [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18, № 1. – С. 149-164.

3. Дымова, Т. В. Основные и сопутствующие факторы воздействия на окружающую природную среду тростниковых пожаров / Т. В. Дымова // Астраханский вестник экологического образования. – 2019. – № 2(50). – С. 210-214.

4. Мониторинг ландшафтных пожаров в Волгоградской области по данным очагов активного горения / С. С. Шинкаренко, О. Ю. Кошелева, А. Н. Берденгалиева [и др.] // Природные системы и ресурсы. – 2018. – Т. 8, № 3. – С. 59-66.

5. Павлейчик, В. М. Широтно-зональная неоднородность развития травяных пожаров в Заволжско-Уральском регионе / В. М. Павлейчик // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2019. – № 2. – С. 1-14.

6. Формы рекреационного природопользования на территории Волго-Ахтубинской поймы / Д. А. Солодовников, С. Н. Канищев, Д. В. Золотарев [и др.] // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. – 2013. – № 2(6). – С. 53-61.

7. Шинкаренко, С. С. Динамика площади гарей в зональных ландшафтах юго-востока европейской части России / С. С. Шинкаренко, В. В. Дорошенко, А. Н. Берденгалиева // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – Т. 86, № 1. – С. 122-133.

8. Estimating Long-Term Average Carbon Emissions from Fires in Non-Forest Ecosystems in the Temperate Belt / A. Ostroukhov, E. Klimina, V. Kuptsova [et al.] // Remote Sensing. – 2022. – Vol. 14, No. 5.

9. Kuzmina, Zh. V. Effects of River Control and Climate Changes on the Dynamics of the Terrestrial Ecosystems of the Lower Volga Region / Zh. V. Kuzmina, S. E. Treshkin, S. S. Shinkarenko // Arid Ecosystems. – 2018. – V. 8, № 4. – P. 231-244.

10. Pavleychik, V. M. Pyrological Situation in the Steppes of Northern Eurasia / V. M. Pavleychik, A. A. Chibilev, Yu. A. Padalko // Doklady Earth Sciences. – 2022. – Vol. 505, No. 2. – P. 591-597.

УДК: 528.854.2

ПРОБЛЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ СРЕДСТВАМИ ДЗЗ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

А. А. Васильченко

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Рассмотрены основные способы картографирования агроландшафтов интразонального ландшафта Волго-Ахтубинская пойма на основе материалов дистанционного зондирования Земли. Выделены основные проблемы и возможные пути решения картографирования сельскохозяйственных угодий (пашня, залежь), пастбищ, сенокосов и защитных лесных насаждений.

Considers the main methods of mapping agrolandscapes of the intrazonal landscape of the Volga-Akhtuba floodplain based on remote sensing data of the Earth. The main problems and possible ways of solving the mapping of agricultural land (arable land, fallow land), pastures, hayfields and protective forest plantations are highlighted.

Идентификация агроландшафтов с помощью материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) интразонального ландшафта Волго-Ахтубинская пойма представляет особый интерес и сложность. Многие из подобных исследований интразональных ландшафтов, а также ландшафтов аридной, субаридной и сухой субгумидной зон основываются на использовании данных сверхвысокого пространственного разрешения (мозаики бесплатных сервисов Google, Yandex, Bing, ESRI) и ручном дешифрировании материалов [2-4, 6, 10]. Очевидным минусом использования таких материалов является относительная точность границ объектов ввиду мозаичности первичных материалов. Мозаика обычно состоит из множества безоблачных частей с разбросом по дате съемки в 2-3 года, а также представлена в виде RGB композитного изображения. Никаких иных параметров, кроме контуров пространственных объектов извлечь с таких данных не представляется возможным, а их использование ограничивается в картографирование и идентификации агроландшафтов, имеющих относительно стабильные во времени границы, например, сельскохозяйственные поля. Однако, множество исследований данной территории [5, 11-13], а также экспедиционные исследования свидетельствуют о том, что ввиду климатических, физико-географических и антропогенных факторов, агроландшафты аридных, субаридных и сухих субгумидных зон, а также пойменных интразональных постоянно находятся в динамике и требуют оперативного мониторинга с помощью материалов ДЗЗ, имеющих определенную периодичность съемки.

Основным и наиболее перспективным инструментом картографирования, анализа и мониторинга агроландшафтов принято считать материалы спутниковой съемки высокого пространственного разрешения. Благодаря периодичности съемки, за календарный год возможно подобрать от 5 до 15 безоблачных снимков, а многозональность съемки позволяет подключать иные, не привязанные к образам объектов, аналитические инструменты в виде спектральных индексов.

На примере зональных ландшафтов волгоградского Заволжья и Астраханской обл., а также интразонального ландшафта в виде Волго-Ахтубинской поймы следует рассмотреть проблематику идентификации с помощью данных ДЗЗ, а также пути решения для картографирования, анализа и мониторинга следующих агроландшафтов: сельскохозяйственных полей, пастбищ, сенокосов, прудов, защитных лесных насаждений.

Контуры используемых сельскохозяйственных полей для визуального дешифрирования выделяются отчетливо. Самым точным способом выделения границ сельскохозяйственных полей является экспертное дешифрирование, в то же время являясь самым трудоемким. Однако, сельскохозяйственные поля, в большинстве своем, не меняют пространственных границ, поэтому выделение маски полей ручным дешифрированием дает базовые данные для мониторинга на годы вперед. Проблематика здесь отображается в способах определения границ и ис-

пользования в автоматическом режиме. Ввиду климатических, физико-географических и инфраструктурных особенностей границы используемых полей постоянно динамичны. Сложности добавляет способ выращивания сельскохозяйственной продукции: подавляющая часть полей является орошаемыми, они обвалованы, разделены между собой каналами и арыками, а их размеры на грани с минимальными с позиции использования данных ДЗЗ высокого пространственного разрешения. Небольшой плодородный слой, экстремальные температуры, высокая вероятность вторичного засоления, пыльных бурь и процессов опустынивания мотивируют сельхозпроизводителей постоянно менять обрабатываемые участки [3, 7, 8]. Решением этой проблемы является использование вегетационного индекса NDVI (англ. Normalized Difference Vegetation Index). Благодаря анализу его сезонных значений можно обнаружить и зафиксировать факт вспашки поля (NDVI здесь будет минимальным в сравнение с окружающей территорией). Фиксация минимального значения NDVI в каждом пикселе исследуемой территории достигается с помощью составления композита минимальных значений NDVI, где на каждом этапе последовательно сравниваются безоблачные данные космической съемки за вегетационный сезон. Следует заметить, что данным способом можно идентифицировать только пашню и пары, определение залежей возможно только экспертным дешифрированием ввиду того, что залежные земли не контрастируют с окружающей территорией, а ее границы дешифрируются только по следам обваловки и орошения.

Картографирование сенокосов в пойменных ландшафтах производится с помощью двух композитных сезонных изображений: композита максимальных значений коэффициента спектральной яркости (КСЯ) в красном канале и композита максимальных значений индекса NDVI за вегетационный сезон. Скошенная растительность при высыхании отлично контрастирует с окружающей территорией, а отсечение неверных выделений сенокосов производится по индексу NDVI как для территорий с травянистой растительностью и выше. Данный способ отлично зарекомендовал себя при картографировании сенокосов Волго-Ахтубинской поймы [1]. Проблематика при картографировании сенокосов на коренных берегах Волги и Ахтубы состоит в том, что с помощью композитов максимальных значений контраста между сенокосами и пастбищами добиться тяжело: к августу значения КСЯ в красном канале для сенокосов и пастбищ стабилизируется на высоких отметках. Решением этой проблемы может стать анализ космических снимков в тот момент, когда растительность еще может контрастировать с скошенными участками. Даты для такого анализа подбираются ежегодно с учетом количества осадков и среднемесячной температуры. Безусловное преимущество данного способа – картографирование на больших территориях исследования с высокой точностью, которую обеспечивает использование данных ДЗЗ высокого пространственного разрешения.

Картографирование зележных земель с помощью ДЗЗ является сложной задачей. Выделение залежных земель в условиях Среднерусской лесостепи на территории Центрального Черноземья успешно производится на основе анализа значений красного канала, а также SWIR каналов [9]. В условиях засушливого и сухого климата, залежь, возрастом до 3 лет, частично контрастирует с окружа-

ющей растительностью, но универсального инструмента идентификации подобрать невозможно. Свежую залежь легко отделить визуально, благодаря переходной зоне от поля до пастбища в виде валов, арыков и каналов, однако эта разница может быть минимальна. К факторам, усложняющим дешифрирование залежей можно также отнести различные условия функционирования и пространственного размещения пашни. Проективное покрытие, а также разнообразие травянистой растительности на пастбищах и залежах сильно зависит от температуры и количества осадков, поэтому подбор значений вегетационных индексов каждый год уникален. Фактор выпаса скота также добавляет различия в значения спектральных каналов, что создает большую вариативность, и соответственно больше пересечений с значениями пастбищ. В местах с работающими оросительными системами идентификация залежных земель намного проще – свежая залежь сильнее контрастирует с пастбищами, а великовозрастная – покрывается древесно-кустарниковой растительностью (ДКР).

Картографирование лесных насаждений в условиях пойменных ландшафтов, а также аридной, субаридной и сухой субгумидной зон с помощью ДЗЗ ввиду малого их количества и небольших размеров защитных лесных полос выполняется только на основе экспертного дешифрирования с обязательной полевой верификацией для достижения максимально точного результата.

Таким образом, картографирование агроландшафтов в аридной, субаридной и сухой субгумидной зон, а также в пойменных интразональных ландшафтах с помощью ДЗЗ выполняется, в основном, на основе экспертного дешифрирования данных сверхвысокого пространственного разрешения. Эти данные на эталонных участках помогают формировать базу пространственных объектов для дальнейшей верификации материалов автоматического и полуавтоматического дешифрирования. Особенности пространственного размещения и функционирования в условиях сурового климата предопределяют использование нестандартных способов картографирования, среди которых можно выделить: использование сезонных композитных растров различных вегетационных и водных индексов (NDVI, IPVI, SAVI, NDWI, NDSI и т. д); анализ динамики состояния агроландшафтов с использованием спектральных значений; корректировка результатов первичной классификации данных ДЗЗ на основе нескольких уникальных параметров, которые присущи некоторым агроландшафтам; использование разносезонных космических снимков; полевое эталонирование и верификация результатов, поддающихся сомнению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильченко, А. А. Картографирование сенокосов в пойменных ландшафтах юга России по разновременным данным Sentinel-2 / А. А. Васильченко // Исследование Земли из космоса. – 2023. – № 4. – С. 72-82. – DOI 10.31857/S0205961423030077. – EDN TYQORU.

2. Васильченко, А. А. Методика идентификации антропогенных изменений аридных ландшафтов / А. А. Васильченко, А. А. Выприцкий // Грани познания. – 2020. – № 5(70). – С. 75-81. – EDN NLIXCF.

3. Васильченко, А. А. Опыт разработки локальной ГИС орошаемых земель Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области / А. А. Васильченко // ИнтерКар-

то. ИнтерГИС. – 2022. – Т. 28, № 2. – С. 761-772. – DOI 10.35595/2414-9179-2022-2-28-761-772. – EDN CDIGSM.

4. Дорошенко, В. В. Геоинформационное картографирование соровых понижений и солончаков в Ставропольском крае / В. В. Дорошенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 4(68). – С. 553-561. – DOI 10.32786/2071-9485-2022-04-64. – EDN AHQIZK.

5. Кравченко, А. С. Геоинформационный анализ ландшафтов астраханского Заволжья / А. С. Кравченко, В. Г. Юферев, С. С. Шинкаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 4(48). – С. 154-163. – EDN SIUVGL.

6. Кулик, К. Н. Использование ГИС-технологий при оценке антропогенной нагрузки на агроландшафты волгоградского Заволжья / К. Н. Кулик, Н. А. Ткаченко, А. В. Кошелев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2(52). – С. 161-163. – EDN TSCHFN.

7. Проектирование полевых севооборотов и их комплексная оценка в сухостепных агроландшафтах Волгоградского Заволжья / А. Н. Сухов, К. А. Имангалиев, А. К. Имангалиева [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – № 4(12). – С. 57-67. – EDN KWFWUZ.

8. Рулева, О. В. Ландшафтное планирование лесной мелиорации на орошаемых землях / О. В. Рулева, А. С. Рулев // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. – 2015. – № 2(12). – С. 74-80. – DOI 10.15688/jvolsu11.2015.2.9. – EDN UKTSXT.

9. Терехин, Э. А. Анализ спектрально-отражательных свойств залежных земель Среднерусской лесостепи по данным Sentinel-2 / Э. А. Терехин // Компьютерная оптика. – 2023. – Т. 47, № 2. – С. 306-313. – DOI 10.18287/2412-6179-CO-1160. – EDN NMDKCS.

10. Ткаченко, Н. А. Картографирование защитной лесистости агроландшафтов Волгоградского Заволжья / Н. А. Ткаченко, А. В. Кошелев // Вестник АПК Ставрополья. – 2017. – № 2(26). – С. 137-143. – EDN YULIVF.

11. Шинкаренко, С. С. Анализ влияния антропогенных нагрузок на процессы опустынивания в северном прикаспии по спутниковым данным / С. С. Шинкаренко, А. А. Выприцкий, А. А. Васильченко, А. Н. Берденгалиева // Исследование Земли из космоса. – 2023. – № 3. – С. 44-57. – DOI 10.31857/S0205961423030065. – EDN TYOOGO.

12. Шинкаренко, С. С. Анализ влияния видового состава, проективного покрытия и фитомассы растительности аридных пастбищных ландшафтов на их спектрально-отражательные свойства по данным наземных измерений / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2023. – Т. 20, № 3. – С. 176-192. – DOI 10.21046/2070-7401-2023-20-3-176-192. – EDN DQWHXQ.

13. Шинкаренко, С. С. Классификация пойменных земель Нижней Волги на основе многолетних данных дистанционного зондирования и гидрологической информации / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев, М. А. Богодухов [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2023. – Т. 20, № 3. – С. 119-135. – DOI 10.21046/2070-7401-2023-20-3-119-135. – EDN ILRKSN.

УДК 528.77

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С ПОМОЩЬЮ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

А. А. Выприцкий

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Определены закономерности изменения продуктивности сельскохозяйственных угодий на разных участках, используемых для выращивания сельскохозяйственных угодий в зоне влияния Государственных защитных лесных полос (ГЗЛП). Исследование является актуальным в связи с необходимостью оценки будущего урожая сельскохозяйственных культур на полях с различными геоморфологическими, почвенными и климатическими условиями на территории исследований.

Defines the patterns of changes in the productivity of agricultural land in different areas used for growing agricultural land in the zone of influence of the State Protective Forest Strips (GZLP). The study is relevant due to the need to assess the future crop yield in fields with different geomorphological, soil and climatic conditions in the research area.

Состояния посевов сельскохозяйственных культур, выращиваемых в зоне влияния Государственной защитной лесной полосы (ГЗЛП), определяется комплексом почвенных, геоморфологических и климатических условий. Определение взаимосвязи состояния посевов с их положением в зоне воздействия ГЗЛП, а также учет влияния сохранности насаждений на посевы в настоящее время актуально для разработки агротехнологий выращивания сельскохозяйственных культур в системе защитных лесных насаждений.

Геоинформационный анализ дает возможность установить возможную продуктивность сельскохозяйственных угодий и обеспечивает создание базы пространственных данных полей на территорию исследований, с использованием которой можно прогнозировать вероятную урожайность сельскохозяйственных культур [3]. ГЗЛП созданы при выполнении постановления Совета министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 г. «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР» [1]. Всего на территории Волгоградской области высажено шесть Государственных лесных полос из них «Пенза – Каменск», «Камышин – Волгоград», «Волгоград – Черкесск» – относятся к водораздельным; «Воронеж – Ростов-на-Дону», «Саратов – Астрахань» – являются прирусловыми, а полоса «Чапаевск – Владимировка» высажена не полностью и сохранилась в пределах области фрагментарно [6].

В отличие от лесных насаждений, предназначенных для защиты отдельных полей от деградации, в частности от дефляции и водной эрозии Государственные защитные лесные полосы выполняют расширенную функцию по формированию условий для предотвращения засух и суховеев на защищаемой территории. Однако выполнение этой задачи возможно только при комплексной системной лесомелиорации агроландшафтов в степной и полупустынной природно-климатической зоне. В связи с тем, что только в Волгоградской обл. 48 % сельскохозяйственных угодий [2] не защищены лесными насаждениями и являются дефляционно-опасными, в частности по большей части отсутствуют таковые для полей, прилегающих к ГЗЛП, важным является выявление их воздействия на продуктивность сельскохозяйственных угодий, используемых для выращивания культур.

Геоинформационный анализ проводился в программе QGIS 3.28 с использованием инструмента вычисления NDVI. Сервис исследования Земли (earthexplorer. usgs.gov) в открытом доступе предоставляет данные спутников

Sentinel 2 с пространственным разрешением 10 м [7] и снимки спутников Landsat 8, 9 с пространственным разрешением 15 м [5], в связи с чем имеется возможность проводить мониторинг сохранности лесных насаждений, в том числе ГЗЛП (ширина кулис ГЗЛП составляет от 60 м до 100 м), а так же мониторинг развития посевов сельскохозяйственных культур по изменению значений NDVI [4].

Картографирование площади полей и Государственных защитных лесных полос было проведено на основе спутниковых снимков Sentinel 2, с использованием спектральных каналов 2, 3, 4 и 8. Значения NDVI определялись по спектральным каналам 4 и 8. Для анализа состояния ГЗЛП использовались снимки за август-сентябрь, а для посевов за май 2022 г. Выбор месяца съемки обусловлен максимальными значениями NDVI для исследуемого объекта.

Границы слоев пашни и ГЗЛП определялись с использованием публичной кадастровой карты Росреестра, данных сервиса ESRI World Imaging со сверхвысоким разрешением (менее 1 м) и снимков спутника Sentinel 2, полученных с сервиса (earthexplorer.usgs.gov).

В результате исследований установлено пространственное распределение среднего значения вегетационного индекса NDVI для участков полей, расположенных в зоне влияния и имеющих сходные условия для развития растений по расстоянию от границы ГЗЛП. Для всех полей, расположенных на черноземах южных и темно-каштановых почвах, определена функция для описания изменения среднего вегетационного индекса (функция Гаусса), построены уравнения регрессии и установлены коэффициенты аппроксимации.

Полученные результаты для черноземов южных показывают, что на расстоянии примерно 28 м среднее значение индекса достигает фонового (0,484), это свидетельствует о существующей зоне депрессии, в которой влияние лесной полосы негативно сказывается на развитии посевов. В дальнейшем среднее значение вегетационного индекса возрастает, и на удалении от полосы максимальные средние значения достигают 0,504. При удалении на 210 м NDVI понижается до фонового (рис. 1).

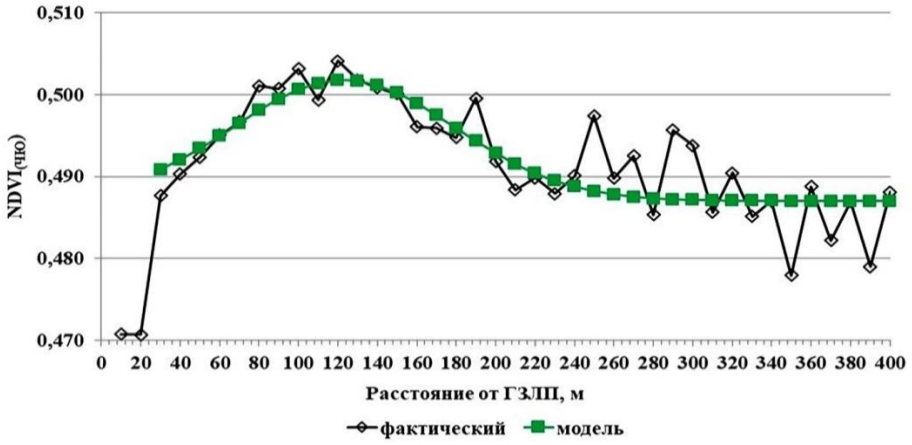


Рис. 1. Изменение значения $NDVI_{(чю)}$ по расстоянию от границы ГЗЛП

Для условий темно-каштановых почв также установлено, что на расстоянии до 30 м от границы лесополосы наблюдается снижение среднего значения индекса, что соответствует существующей зоне депрессии. Фоновое значение

индекса почти достигается на расстоянии 30 м и равно 0,480, что ниже, чем для черноземов южных. На расстоянии от 30 до 400 м среднее значение индекса достигает максимального 0,511 при удалении от полосы на 140 м и понижается до фонового на расстоянии 250 м (рис. 2).

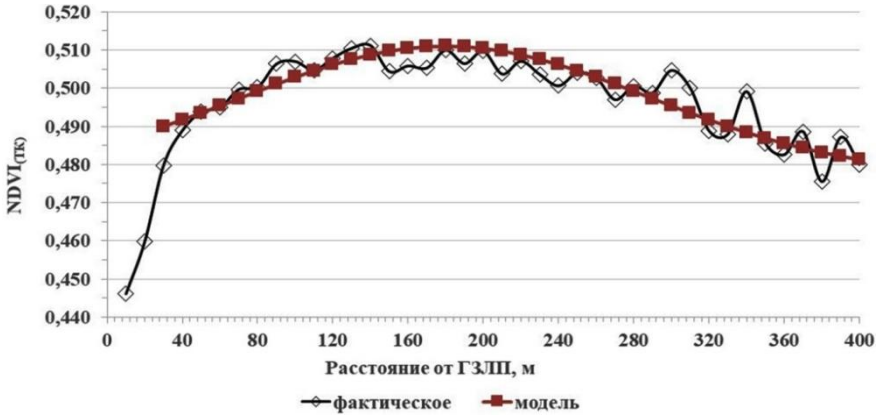


Рис. 2. Изменение значения $NDVI_{(ТК)}$ по расстоянию от границы ГЗЛП

Благодаря геоморфологическому анализу тестового полигона, наглядно демонстрируется изменение показателя значений NDVI по причине изменения рельефа поля. Участки подверженные линейной и плоскостной водной эрозии имеют наименьшие показатели вегетационного индекса, в то время, как места локальных понижений демонстрируют увеличение NDVI. Таким образом, использование детального геоморфологического анализа по каждому полю дает возможность установить причины снижения качества посевов и в дальнейшем провести соответствующие работы по восстановлению плодородия почв.

Таким образом, установлено изменение продуктивности посевов сельскохозяйственных культур при влиянии государственных защитных лесных полос, определены зоны депрессии для посевов, размещенных на разных типах почв, а также выявлена ширина зоны положительного воздействия для группировок полей, размещенных в сходных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Засоба, В. В. Семидесятилетний опыт создания государственных защитных лесных полос в степной зоне России / В. В. Засоба, И. Я. Чеплянский, В. В Поповичев // Живые и биокосные системы. – 2019. – № 27. – С. 3.

2. Краснощеков, В. Н. Оценка влияния хозяйственной деятельности на состояние агроландшафтов Волгоградской области / В. Н. Краснощеков, Ю. П. Фоменко // Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 93-98. EDN UFEXLL.

3. Силова, В. А. Влияние лесомелиоративного обустройства на продуктивность сельскохозяйственных угодий в условиях сухостепной зоны / В. А. Силова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 68-81. DOI 10.31774/2222-1816-2021-11-2-68-81. EDN FVZIZA.

4. Терехин, Э. А. Исследование особенностей развития посевов зерновых озимых на основе их спектрально-отражательных характеристик / Э. А. Терехин, О. А. Маринина // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2016. – Т. 13, № 5. – С. 202-213. DOI 10.21046/2070-7401-2016-13-5-202-213. EDN XAEWVJ.

5. Терехин, Э. А. Пространственный анализ особенностей формирования древесной растительности на залежах лесостепи Центрального Черноземья с использованием их спектральных

признаков / Э. А. Терехин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2020. – Т. 1, № 5. – С. 142-156. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-142-156

6. Чеплянский, И. Я. Лесные и нелесные земли в государственных защитных лесных полосах в России / И. Я. Чеплянский, В. В. Засоба, В. В. Поповичев // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2018. – № 51. – С. 91-95.

7. Шихов, А. Н., Дремин Д. А. Закономерности повреждения ветровалами лесов европейской территории России и Урала: анализ по спутниковым данным / А. Н. Шихов, Д. А. Дремин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18, № 3. – С. 153-168. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-3-153-168

УДК 528.873

ОПУСТЫНИВАНИЕ В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ В 2022 г.*

В. В. Дорошенко

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Представлены результаты картографирования ежемесячной динамики площадей открытых песков на северо-востоке Ставропольского края в 2022 г. проведена оценка влияния продолжительности и интенсивности пыльных бурь на площади песчаных массивов.

The results of mapping the monthly dynamics of the areas of open sands in the north-east of the Stavropol Region in 2022 are presented. An assessment of the impact of the duration and intensity of dust storms on the area of sand massifs is carried out.

Исследования, проводимые ранее на территории Ставропольского края и смежных регионов (Республика Калмыкия, Ногайский р-н Республики Дагестан), показывают повсеместное разрастание песчаных массивов на территории Прикаспийской низменности [4, 5, 9]. Огромное влияние на этот процесс оказывают пыльные и песчаные бури [2]. Массивы открытых песков, образовавшиеся в результате переноса песков во время бурь, могут служить очагами дефляции и способствовать формированию последующих пыльных бурь. Исследуемая территория административно охватывает территорию Левокумского и Нефтекумского р-нов Ставропольского края и располагается в переходной зоне между полупустыней и степью, в связи с чем возобновление растительности на подвергшихся опустыниванию территориях затруднено [1, 7]. Также особенностью исследуемой территории является высокая степень засоления почв и наличие большого количества соровых понижений и солончаков [3]. Географически территория исследования относится к Терско-Кумской низменности и Кумо-Манычской впадине, в связи с чем имеет относительно плоский рельеф, что, как и отсутствие значительных по площади древесных насаждений, приводит к беспрепятственному распространению ветров и переносимого ими минерального материала [6, 10].

Проявления опустынивания определялись экспертным способом с использованием данных дистанционного зондирования Земли высокого разреше-

*Работа выполнена в рамках Государственного задания № 122020100405-9 «Картографическое моделирование состояния, функционирования и динамики процессов опустыненных территорий с применением информационных технологий».

ния (мультиспектральные космические снимки КА Sentinel и Landsat) в комбинации «естественные цвета» по прямым дешифровочным признакам [4]. Дешифрирование для оценки динамики процессов опустынивания проводилось ежемесячно для 2022 г. (кроме января, ноября и декабря в связи с отсутствием безоблачных снимков и наличием снежного покрова). Данные о пыльных бурях были получены с помощью сервиса (http://www.pogodaiklimat.ru/) как о днях с отметкой явления «пыльная буря» и дальностью видимости менее 4 км для ближайших метеостанций в г. Арзгир, г. Буденновск, г. Зеленокумск.

В результате дешифрирования материалов спутниковой съемки за весь период исследования (февраль – октябрь 2022 г.) выявлено более 3,8 тыс. очагов опустынивания и песчаных массивов общей площадью 311,2 тыс. га (таблица).

Таблица

Результаты дешифрирования открытых песков

Показатель	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Площадь песков, тыс. га	24,5	37,8	28,4	23,1	19,5	25,3	53,3	48,9	50,4
Средняя площадь очага, га	49,6	80,8	62,0	64,7	63,9	45,3	138,8	114,3	127,6
Пыльные бури, кол-во дней	-	4,0	3,0	-	1,0	1,0	16,0	3,0	1,0

На начало 2022 г. доля площади открытых песков составляла 2,9 % от общей площади исследуемой территории; в июне, когда была зарегистрирована наименьшая площадь, занятая песками – 2,3 %; в августе в результате продолжительных пыльных бурь доля песков увеличилась до 6,3 %; на конец года доля площади открытых песков составила 5,9 % от общей площади (рис. 1). В 2022 г. было зарегистрировано 14 пыльных и песчаных бурь общей длительностью 29 дней. При этом большая часть бурь сопровождалась восточным ветром со скоростью от 5 до 26 м/с. Между количеством дней с зарегистрированными пыльными бурями и приростом площадей открытых песков выявлена сильная положительная связь ($r = 0,83$). Тренд прироста площадей песков в соответствии с количеством дней, в которые были зарегистрированы пыльные бури, показывает достоверность данных ($R^2 = 0,7$). Наибольшее изменение отмечено между площадями открытых песков по состоянию на июль и август – в связи с масштабной пыльной бурей, длившейся с 20.08 по 28.08 (9 дней), площадь открытых песков увеличилась на 28 тыс. га (в 2,1 раза). При этом не менее значительно изменение площадей в марте по сравнению с февралем, когда в результате непродолжительной (с 04.03 по 05.03) пыльной бури площадь открытых песков увеличилась в 1,5 раза. Эта буря характеризовалась наибольшей зарегистрированной скоростью ветра (26 м/с) и наименьшей видимостью (от 0,05 до 2 км), а также была зарегистрирована на всех трех рассматриваемых метеостанциях, следовательно, данная пыльная буря была наиболее интенсивной в 2022 г.

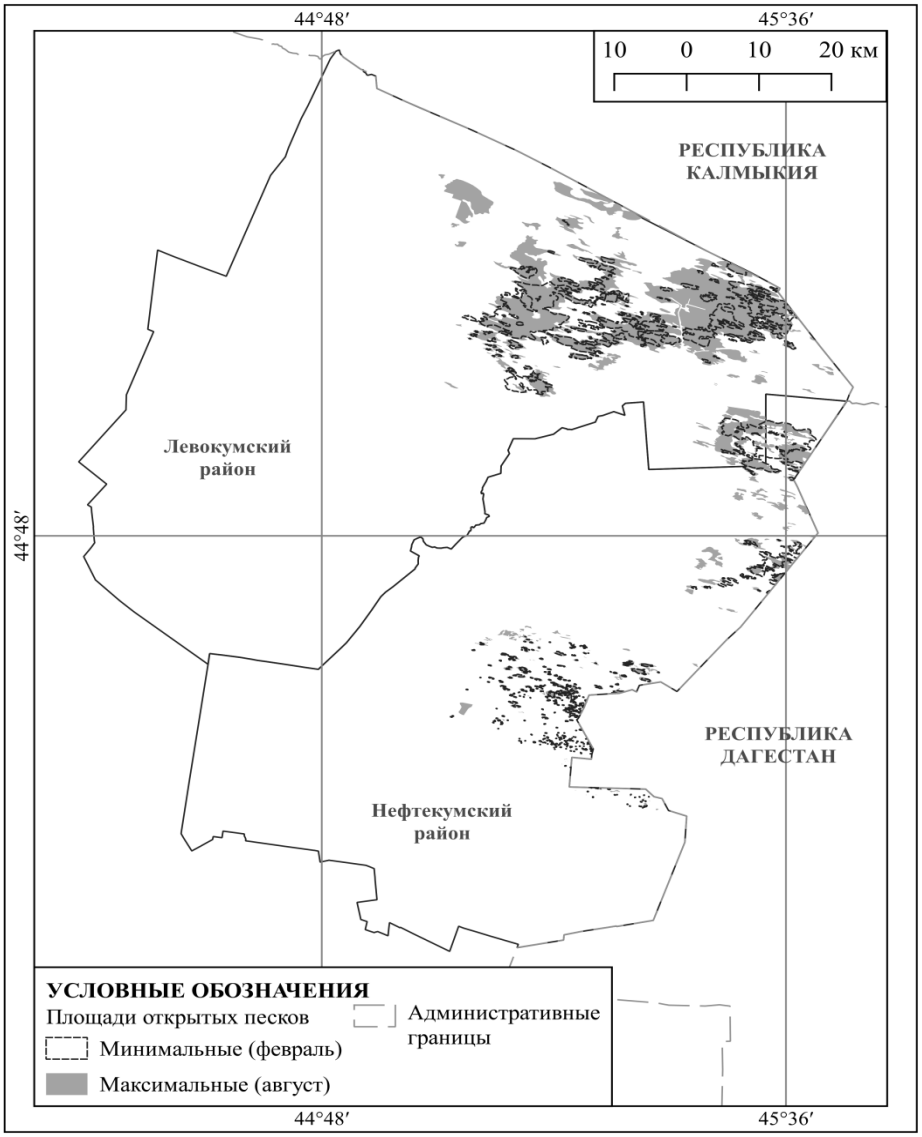


Рис. 1. Пространственное положение массивов открытых песков

Катастрофическое увеличение площадей открытых песков на северо-востоке территории исследования приводит к непригодности использования этой местности в качестве пастбищ, в связи с чем можно прогнозировать дальнейшее снижение поголовья скота и рост количества заброшенных скотоводческих стоянок. Появление песчаных массивов вблизи скотоводческих стоянок связано не только с высокой степенью механической нагрузки на почву при постоянном прогоне скота, а также с катастрофическим сокращением проективного покрытия растительности в результате объедания, в т. ч. с превышением норм выпаса, но и с тем, что возвышающиеся над поверхностью земли постройки являются препятствием для движения ветровых потоков, что приводит к осаждению минерального материала.

Характер распространения песков в период с 1990 по 2017 гг. соответствует последствиям антропогенного воздействия, в частности, выпаса скота. Очаги являются точечными, имеют небольшие площади и расположенными на значительном расстоянии друг от друга. После 2017 г. значительно возрастает средняя площадь очага, форма очагов из округлой становится вытянутой в соответствии с преобладающим направлением ветров на востоке Ставропольского края, что сиг-

нализирует о значительном влиянии песчаных бурь и переноса песков на состояние очагов в области исследования [4]. Следовательно, основным фактором опустынивания в настоящее время является не антропогенный, а климатический.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов, С. А. Изменение агроклиматического районирования территории Ставропольского края для повышения продуктивности агроландшафтов / С. А. Антонов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3(71). – С. 8-11. – DOI 10.25930/0erb-cm88.

2. Бадахова, Г. Х. Синоптические условия формирования пыльных бурь в Ставропольском крае / Г. Х. Бадахова, А. Н. Диденко, Н. А. Кравченко // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2015. – № 5-6. – С. 119-122.

3. Дорошенко, В. В. Геоинформационное картографирование соровых понижений и солончаков в Ставропольском крае / В. В. Дорошенко // Изв. Нижневолжского агроуниверситет. комплекса: наука и высшее образование. – 2022. – № 4 (68). – С. 553-561. – DOI 10.32786/2071-2022-04-64.

4. Дорошенко, В. В. Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае / В. В. Дорошенко // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 3(118). – С. 31-36. – DOI 10.34736/FNC.2022.118.3.004.31-36.

5. Кулик, К. Н. Глобальные процессы дефляции в степных экосистемах / К. Н. Кулик, А. С. Рулев, А. Н. Сажин // Метеорология и гидрология. – 2018. – № 9. – С. 72-80.

6. Кулик, К. Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов / К. Н. Кулик. – Волгоград: изд. ВНИАЛМИ. – 2004. – 248 с.

7. Савич, В. И. Влияние антропогенного воздействия на опустынивание почв Кизлярских пастбищ Дагестана / В. И. Савич, А. К. Саидов // Закономерности изменения почв при антропогенных воздействиях и регулирование состояния и функционирования почвенного покрова. – 2011. – С. 147-151.

8. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге европейской России в 2019-2022 гг. / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев, А. Н. Берденгалиева [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2022. – Т. 19, № 5. – С. 319-327. – DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327.

9. Стамбеков, М. Д. Метеорологические условия возникновения штормового ветра и пыльной бури в Атырауской области в январе 2021 г / М. Д. Стамбеков, С. Е. Полякова // Географический вестник. – 2021. – № 3(58). – С. 130-141. – DOI 10.17072/2079-7877-2021-3-130-141.

10. Юферев, В. Г. Геоинформационный анализ рельефа Кумо-Манычской впадины / В. Г. Юферев, А. В. Мелихова, В. В. Балынова // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 67-76. – DOI 10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.9.

УДК 631.47

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СОРОВЫХ ПОНИЖЕНИЙ НА ЮГЕ РОССИИ*

В. В. Дорошенко, А. Н. Берденгалиева, А. В. Мелихова

ФГБНУ "Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук", г. Волгоград, РФ

*Работа выполнена в рамках ГЗ НИР № 122020100405-9 «Картографическое моделирование состояния, функционирования и динамики процессов опустыненных территорий с применением информационных технологий».

Представлены результаты спутникового картографирования соровых понижений на юге России в 2022г. Определены максимальные и минимальные площади в каждом регионе. Результаты исследования могут быть применены для уточнения пространственного распределения открытых песков и динамики процессов опустынивания.

The paper presents the results of satellite mapping of saltmarsh depressions in the south of Russia in 2022. The maximum and minimum areas in each region are determined. The results of the study can be applied to clarify the spatial distribution of open sands and the dynamics of desertification processes.

Оценка процессов опустынивания затрудняется тем, что соровые понижения и солончаки могут быть ошибочно приняты за открытые пески при анализе космических снимков. В области исследования как опустынивание, так и соры и солончаки имеют значительное распространение [1, 2, 7]. Исследование посвящено определению пространственного положения и картографирования соров и солончаков на юге европейской части России.

Сор (соровое понижение) представляют собой замкнутые понижения, которые не имеют стока и могут временно заполняться водой. Дно таких понижений полностью лишено растительного покрова и обычно покрыто солевой коркой [5, 6].

Зона исследования охватывает часть территории Прикаспийской низменности – Терско-Кумскую низменность и Кумо-Манычскую впадину. Административно область исследования включает в себя северную часть Республики Дагестан, северо-восточную часть Ставропольского края, южную часть Астраханской обл. и Республику Калмыкия. Данная территория является относительно плоской, здесь располагается ряд соленых озер, в том числе, озера из группы Манычских (Ставропольский край, Республика Калмыкия) и Сарпинских озер (Республика Калмыкия), а также Западные подстепные ильмени (Астраханская обл.). Такие водоемы, в большинстве случаев, имеют небольшую глубину (до 2 м) и плоское дно, покрытое коркой соли, в связи с чем могут дешифрироваться как соровые понижения [3, 4, 10, 11].

Картографирование проводилось методом визуального дешифрирования по композитному изображению Sentinel-2 с пространственным разрешением 10 м, в искусственных цветах с использованием инфракрасного канала. Обработка материалов космической съемки, геоинформационный анализ, формирование векторных материалов и итоговых схем проводились в программной среде «QGIS». Результаты картографирования представлены на рис. 1.

Таким образом, в результате дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли и последующего картографирования выделено 23 055 объектов, отнесенных к сорам и солончакам (таблица).

Наиболее крупные соровые понижения и солончаки располагаются на территории Республики Калмыкия и, как правило, являются полностью пересохшими солеными озерами из группы Сарпинских озер или Манычских озер [8, 9]. Большое количество мелких объектов расположено на территории Республики Дагестан и Ставропольского края, в астраханском Заволжье. Большая часть выявленных соровых понижений и солончаков на правом берегу Астраханской обл. располагаются среди Западных подстепных ильменей.

Общая площадь соровых понижений и солончаков на исследованной территории составляет 249,5 тыс. га. В основном, это объекты площадью до 10 га, имею-

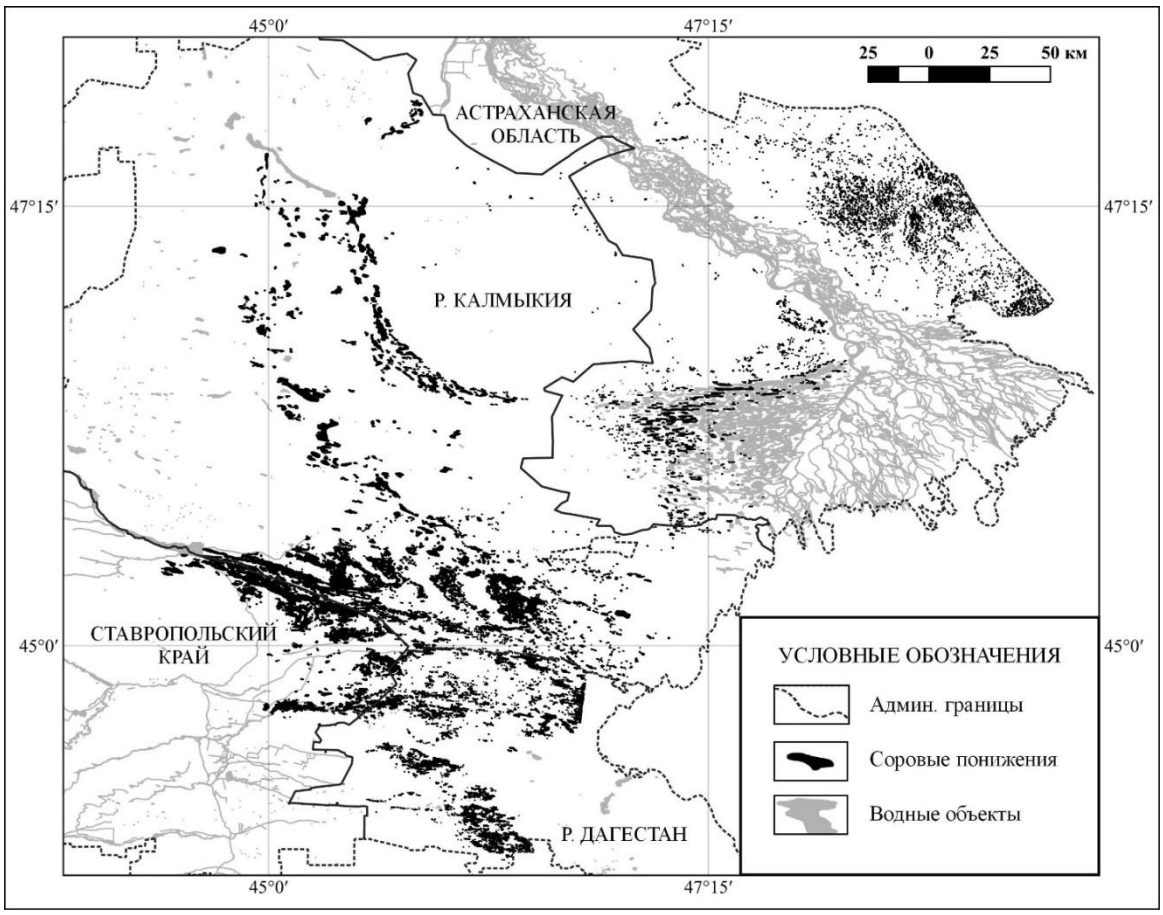


Рис. 1. Карта распределения соровых понижений на юге России

Таблица

Распределение соровых понижений в границах субъектов РФ

Субъект РФ	Кол-во объектов	Площадь, га	Средняя площадь, га
Астраханская обл.	4830	22734,0	4,7
Республика Дагестан	7765	23290,4	2,9
Республика Калмыкия	4788	155899,0	32,5
Ставропольский край	5672	47517,1	8,4

щие вытянутую в субширотном направлении форму. Средняя площадь объекта составляет 12 га. Необходимо тщательное картографирование соров и солончаков в связи с тем, что их спектральные характеристики схожи с характеристиками открытых песков, а значит, могут возникать ошибки при дешифрировании обеих групп объектов. Результаты проведенного картографирования позволяют точно оценивать площади соровых понижений и солончаков, а также могут быть использованы при проведении работ по оценке динамики процессов опустынивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берденгалиева, А. Н. Геоинформационное картографирование соровых понижений в Северо-Западном Прикаспии / А. Н. Берденгалиева, С. С. Шинкаренко, А. А. Выприцкий //

ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2022. – Т. 28, № 1. – С. 359-367. – DOI 10.35595/2414-9179-2022-1-28-359-367.

2. Берденгалиева, А. Н. Пространственное распределение соровых понижений на юге европейской России по данным дистанционного зондирования / А. Н. Берденгалиева, В. В. Дорошенко // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 4(119). – С. 6-11. – DOI 10.34736/FNC.2022.119.4.001.06-11.

3. Дорошенко, В. В. Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае / В. В. Дорошенко // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 3(118). – С. 31-36. – DOI 10.34736/FNC.2022.118.3.004.31-36.

4. Кулик, К. Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов / К. Н. Кулик. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. – 247 с.

5. Пищулов, С. А. Комплексная характеристика соровых понижений Северо-Западного Прикаспия (на примере Астраханской области) / С. А. Пищулов // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – № 2(24). – С. 123-126.

6. Пищулов, С. А. Соры как формы аридного рельефа / С. А. Пищулов // Геоморфология. – 2013. – № 3. – С. 89-96.

7. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге европейской России в 2019-2022 гг. / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев, А. Н. Берденгалиева [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2022. – Т. 19, № 5. – С. 319-327. – DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327.

8. Юферев, В. Г. Геоинформационный анализ рельефа Кумо-Манычской впадины / В. Г. Юферев, А. В. Мелихова, В. В. Балынова // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 67-76. – DOI 10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.9.

9. Geoinformational Analysis of Desertification of the Northwestern Caspian / K. N. Kulik, V. I. Petrov, V. G. Yuferev [et al.] // Arid Ecosystems. – 2020. – Vol. 10, No. 2. – P. 98-105. – DOI 10.1134/S2079096120020080.

10. Kulik, K. N. Geoinformation analysis of desertification dynamics in the territory of Astrakhan oblast / K. N. Kulik, A. S. Rulev, V. G. Yuferev // Arid Ecosystems. – 2015. – Vol. 5, No. 3. – P. 134-141. – DOI 10.1134/S2079096115030087.

11. Zolotokrylin, A. N. A new approach to the monitoring of desertification centers / A. N. Zolotokrylin, T. B. Titkova // Arid Ecosystems. – 2011. – Vol. 1, No. 3. – P. 125-130. – DOI 10.1134/S2079096111030127.

УДК 631

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И СТРУКТУРЫ АГРОЛАНДШАФТОВ РЕМОНТНЕНСКОГО РАЙОНА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Ш. Матвеев

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

В исследовании использовался анализ данных ДЗЗ (спутники Sentinel 2, Landsat-5) и анализ программного обеспечения ГИС (QGIS 3.32) для картографирования границ сельскохозяйственных угодий и анализа их текущего состояния. Получены актуальные данные о пространственном размещении, состоянии и характеристиках сельскохозяйственных угодий.

The study used remote sensing data analysis (Sentinel 2, Landsat-5 satellites) and GIS software analysis (QGIS 3.32) to map agricultural land boundaries and analyze their current state. Up-to-date data on the spatial distribution, condition and characteristics of agricultural land have been obtained.

Для оценки структуры и характеристик сельскохозяйственных угодий и их картографирования на территории Ремонтненского района использована методика геоинформационного анализа изображений, полученных в результате космической съемки территории исследований [1,5,6]. Были использованы снимки высокого пространственного разрешения (10 м и 30 м) со спутников Sentinel-2 за 2021 год и Landsat-5 1986 года соответственно. Дешифрирование границ сельскохозяйственных угодий проводилось методом визуальной интерпретации цветосинтезированного изображения снимка спутника Sentinel-2, а также спутника Landsat-5 в базовом масштабе 1:1 000 [2,3,4]. Геоинформационная обработка каналов для получения цветосинтезированного изображения, векторизация границ сельскохозяйственных угодий, а также анализ их современного состояния проводился с использованием программного комплекса QGIS 3.32. В результате разрабатывались аналитические картографические слои пространственного размещения, состояния и геоморфологических (по данным цифровой модели местности SRTM 1) и морфометрических характеристик сельскохозяйственных угодий.

В результате дешифрирования было определено 1656 объектов, для которых при помощи инструмента "добавить векторный объект" программного комплекса QGIS 3.32 построены полигоны сельскохозяйственных угодий, суммарная площадь которых составила 189 тыс. га (рис. 1). Площадь выделенных используемых сельскохозяйственных полей составляет 47,6 % от общей административной площади Ремонтненского района.

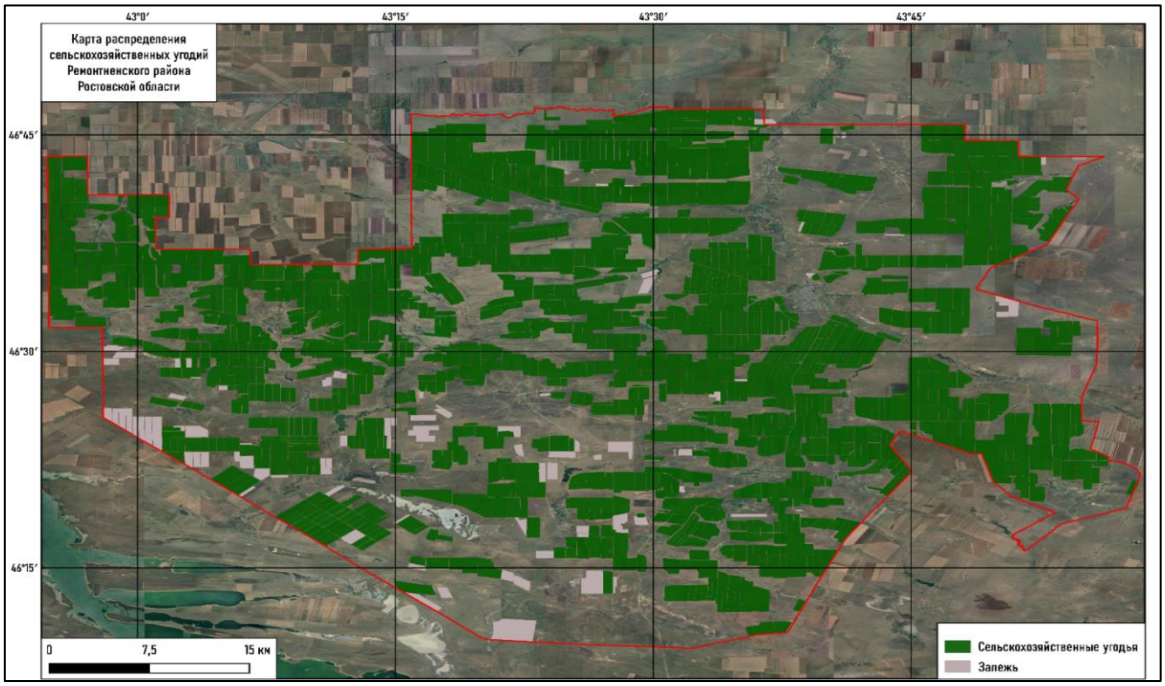


Рис. 1. Карта распределения сельскохозяйственных полей на территории Ремонтненского р-на Ростовской обл.

В результате исследований территории Ремонтненского р-на на 2021 г. установлено 1565 участка обрабатываемой пашни площадью 180 тыс. га и 91 участок залежей площадью 9 тыс. га.

Для проведения геоморфологического и морфометрического анализа сельскохозяйственных угодий использовался геоинформационный программный комплекс QGIS 3.32. Необходимые показатели рассчитывались на основе цифровой модели местности (ЦММ) SRTM 1 с пространственным разрешением 1". Для каждого контура вычислены средняя крутизна и экспозиция склонов и составлена соответствующая карта-схема (рис. 2).

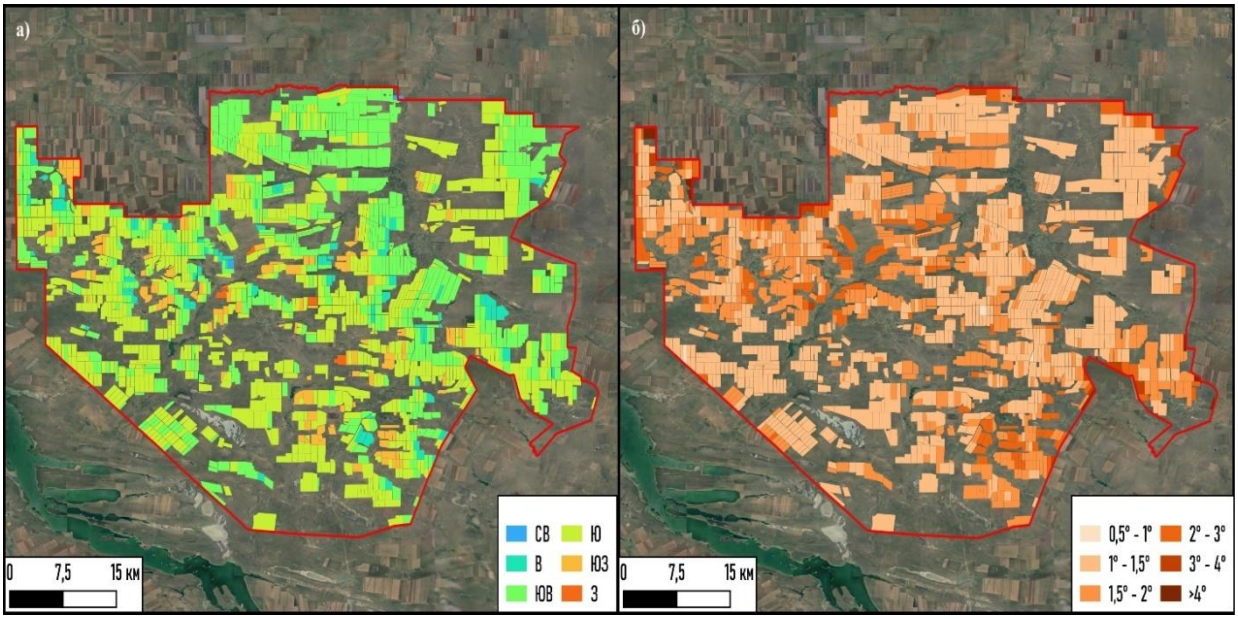


Рис. 2. Карта-схема экспозиции склонов (а) и крутизны (б) сельскохозяйственных угодий Ремонтненского р-на Ростовской обл.

По полученным морфометрическим данным были составлены таблицы распределений сельскохозяйственных угодий Ремонтненского р-на по средней крутизне и экспозиции склонов (табл. 1-2).

Таблица 1

Распределение сельскохозяйственных угодий Ремонтненского р-на Ростовской обл. по экспозиции

Экспозиция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Количество	0	3	85	613	815	133	6	0
Площадь пашни, га	0	213,58	7800,40	72836,00	95063,30	12406,30	645,95	0
%	0	0,11	4,13	38,54	50,31	6,57	0,34	0

Таблица 2

Распределение сельскохозяйственных угодий Ремонтненского р-на Ростовской обл. по крутизне

Крутизна	0-0,5°	0,5-1°	1-1,5°	1,5-2°	2-3°	3-4°	> 4°
Количество	0	3	904	575	141	20	12
Площадь пашни, га	0	322,11	108745,00	61286,90	15215,10	2239,09	1157,02
%	0	0,17	57,55	32,43	8,05	1,18	0,61

Геоинформационный анализ средней экспозиции склонов демонстрирует неравномерное распределение сельскохозяйственных угодий. Сельхозугодья с северной и северо-западной экспозицией отсутствуют в данном районе. Преобладают угодья с южной (50,3 %) и юго-восточной (38,5 %) экспозицией склонов.

Геоинформационный анализ средней крутизны склонов демонстрирует, что большинство сельскохозяйственных угодий Ремонтненского р-на Ростовской обл. не подвержены эрозионным процессам, их средняя крутизна в пределах границ каждого поля, в большинстве случаев не превышает 2°. Большинство выделенных сельскохозяйственных угодий имеют среднюю крутизну склонов 1,0-1,5° (57,5 %).

Таким образом, оценка современной структуры и характеристик сельскохозяйственных угодий, проведенная с использованием геоинформационного картографирования и анализа данных ДЗЗ, а также геоморфологический и морфометрический анализ сельскохозяйственных угодий Ремонтненского района Ростовской области позволяют сделать вывод о том, что для производства сельскохозяйственной продукции используется 94,5 % существующих полей, что свидетельствует о благоприятных условиях функционирования агроландшафтов. Геоморфологические условия обуславливают незначительную эрозионную деградацию, что способствуют сохранению плодородия почв. Однако недостаточно развитая система противоэрозионных насаждений обусловила наличие участков, подверженных водной эрозии. ГИС-технологии позволяют проводить детальный анализ и мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий, что способствует эффективной оценке возможности развития сельского хозяйства в Ремонтненском р-не.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берденгалиева, А. Н. Связь сезонной динамики озимой пшеницы и рельефа в подзоне южных черноземов Волгоградской области / А. Н. Берденгалиева, Р. Н. Берденгалиев // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 3(118). – С. 49-56. – DOI 10.34736/FNC.2022.118.3.007.49-56. – EDN WLPXJN.

2. Васильченко, А. А. Пространственный анализ инфраструктуры орошаемых полей Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области / А. А. Васильченко // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 4(119). – С. 12-18. – DOI 10.34736/FNC.2022.119.4.002.12-18. – EDN SATKNY.

3. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации / В. Г. Юферев, К. Н. Кулик, А. С. Рулев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. – 102 с.

4. Геоинформационные технологии в обеспечении точного земледелия / А. С. Рулев, С. С. Шинкаренко, В. Н. Бодрова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 4(52). – С. 115-122. – DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-15. – EDN VUUPYC.

5. Матвеев, Ш. Геоинформационное картографирование современного состояния сельскохозяйственных территорий Новоаннинского района Волгоградской области / Ш. Матвеев // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 36-42. – DOI 10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.5. – EDN QYKLKB.

6. Мелихова, А. В. Морфометрический анализ агроландшафтов переходной зоны южных черноземов и темно-каштановых почв Волгоградской области / А. В. Мелихова // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 26-33. – DOI 10.15688/nsr.jvolsu.2022.4.3. – EDN MZPTYL.

УДК 631.47

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ОЧАГОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ КРАСНОЯРСКОГО РАЙОНА АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ*

А. В. Мелихова

ФГБНУ "Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук", г. Волгоград, РФ

Представлены результаты геоинформационного анализа процессов опустынивания на территории Красноярского района Астраханской области. Выявлен значительный рост площадей, занятых песками в 2020 году, который связан с интенсивными песчаными бурями на территории близлежащих субъектов РФ. Площадь очагов опустынивания юго-западной части исследования слабо изменена в связи месторасположения газоконденсатного завода. Результаты исследования могут быть применены для уточнения пространственного распределения открытых песков и динамики процессов опустынивания.

The results of geoinformation analysis of desertification processes in the Krasnoyarsk region of the Astrakhan region are presented. A significant increase in the area occupied by sand in 2020 was revealed, which is associated with intense sandstorms on the territory of nearby subjects of the Russian Federation. The area of desertification foci in the southwestern part of the study is slightly changed due to the location of the gas condensate plant. The results of the study can be applied to clarify the spatial distribution of open sands and the dynamics of desertification processes.

Использование данных дистанционного зондирования при картографировании опустыненных районов является эффективным методом выявления территорий, подверженных интенсивным процессам опустынивания. В отличие от традиционных наземных обследований, дистанционное зондирование помогает оперативно определить масштабы и пространственное положение районов, подверженных опустыниванию [0, 60]. Это позволяет осуществлять своевременный мониторинг и разрабатывать мероприятия для смягчения последствий процессов опустынивания.

Интенсификация процессов опустынивания и увеличение площадей, занятых песками, на территории Красноярского р-на Астраханской обл. подчеркивает актуальность и важность изучения этих явлений [0, 0]. Поскольку опустынивание создает значительные экологические и социально-экономические проблемы, изучение движущих сил и последствий опустынивания в этом конкретном регионе может помочь в разработке соответствующих стратегий [0, 0].

Исходя из имеющихся данных в свободном доступе, были выбраны мультиспектральные космические снимки со спутникового аппарата Landsat 8 (пространственное разрешение – 30 м. № сцены – 169027). Дешифрирование песков по материалам ДЗЗ проводилось с 2019 по 2022 гг. (рис. 1).

По результатам дешифрирования в Красноярском р-не Астраханской обл. было выявлено 28,1 тыс. участков, подверженных процессам опустынивания. Концентрация очагов опустынивания и территорий, занятых песком, приходятся на юго-восточную часть области исследования, которая в свою очередь граничит с Республикой Казахстан [8].

*Работа выполнена в рамках ГЗ НИР № 122020100405-9 «Картографическое моделирование состояния, функционирования и динамики процессов опустыненных территорий с применением информационных технологий».

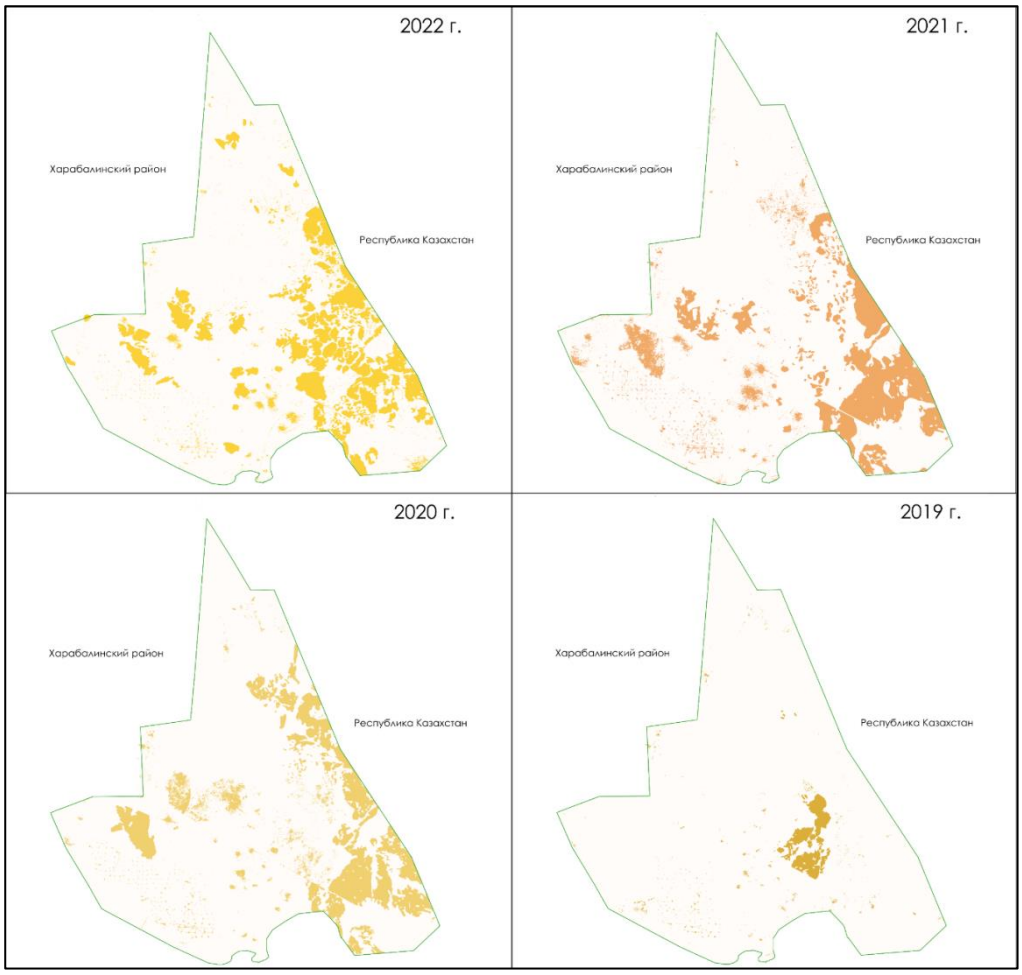


Рис. 1. Рас-положение очагов опустынивания на территории Красноярского р-на Аст-раханской обл. в период с 2019 по 2022 гг.

Значительное увеличение общей площади участков открытых песков приходится на 2020 г. (прирост относительно 2019 г. составляет 179 %), обусловлено интенсивными песчаными бурями на прилегающих территориях [7]. Результаты исследования могут быть применены для уточнения пространственного распределения открытых песков и динамики процессов опустынивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорошенко, В. В. Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае / В. В. Дорошенко // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 3(118). – С. 31-36.

2. Дорошенко, В. В. Оценка проявлений опустынивания в Астраханском Заволжье по данным дистанционного зондирования земли / В. В. Дорошенко, А. В. Мелихова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 239-246. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-27.

3. Кравченко А. С., Юферев В. Г., Шинкаренко С. С. Геоинформационный анализ ландшафтов астраханского Заволжья / А. С. Кравченко, В. Г. Юферев, С. С. Шинкаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 4(48). – С. 154-163. – EDN SIUVGL.

4. Кулик, К. Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов / К. Н. Кулик. – Волгоград: изд. ВНИАЛМИ, 2004. – 248 с.

5. Мелихова, А. В. Геоинформационный анализ рельефа Астраханского Заволжья / А. В. Мелихова // Природные системы и ресурсы. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 39-43. DOI 10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.6.

6. Пыльные бури на юге Европы в сентябре – октябре 2020 года / С. С. Шинкаренко, Н. А. Ткаченко, С. А. Барталев [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2020. – Т. 17, № 5. – С. 291-296. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-291-296

7. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге Европейской России в 2019-2022 гг. / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев, А. Н. Берденгалиева [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2022 – Т. 19, № 5. – С. 319-327. DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327.

8. Тютюма, Н. В. Проблема опустынивания аридной зоны Астраханской области в условиях изменения климата и повышенного антропогенного воздействия / Н. В. Тютюма, Г. К. Булахтина // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2016. – № 67. – С. 68-70.

УДК 519.222:551.583:004.75

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАСУХ И ЗАСУШЛИВЫХ ЯВЛЕНИЙ*

А. М. Пугачёва, к. с-х. н.; **А. И. Беляев,** д. с-х. н.; **К. Ю. Трубакова**
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН», г. Волгоград, РФ

Информационно-технологические решения содержат базы данных по 5-ти метеостанциям, расположенным на территории Волгоградской обл. в зоне сухих степей с каштановыми почвами и способ обработки данных для выявления опасных природных явлений (засух и засушливостей), зарегистрированный как программа для ЭВМ. Информационные решения состоят из полного цикла мероприятий от систематизации количественных значений по поступающим осадкам до программного расчета продолжительности и интенсивности засух и засушливых явлений. Впервые сгруппированы и проанализированы массивы данных основных метеорологических показателей влагообеспеченности для зоны сухой степи каштановых почв Волгоградской обл.

The information technology solutions contain databases of 5 weather stations located on the territory of the Volgograd region in the zone of dry steppes with chestnut soils and a data processing method for detecting natural hazards (droughts and aridities) registered as a computer program. The information solutions consist of a full cycle of measures from the systematization of quantitative values for incoming precipitation to the program calculation of the duration and intensity of droughts and aridities. The authors grouped and analyzed data sets of the main meteorological indicators of moisture availability for the dry steppe zone of chestnut soils of the Volgograd region.

Общая цифровизация современного мира является одной из самых важных целей, достижение которой требует внедрения информационных технологий во все сферы деятельности человека. На основе указа Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы» немаловажным фактором является обработка больших объемов данных, совокупность подходов, инструментов и методов автоматической обработки структурированной и неструктурированной информации [9]. Эти

*Работа выполнена в рамках Государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН регистрационный № 122020100311-3 «Теоретические основы функционирования и природно-антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природно-географических зонах, закономерности и прогноз их деградации и опустынивания на основе геоинформационных технологий, аэрокосмических методов и математико-картографического моделирования в современных условиях».

показатели также важны и в разрезе научных исследований по различным направлениям. Правительством РФ было утверждено постановление № 377 от 29 марта 2019 г. "Научно-технологическое развитие Российской Федерации", целью программы которого является развитие интеллектуального потенциала нации, научно-техническое и интеллектуальное обеспечение структурных изменений в экономике, эффективная организация и технологическое обновление научной, научно-технической и инновационной (высокотехнологичной) деятельности [3].

Изменение климатических условий происходит стремительно и занимает особое место среди глобальных проблем человечества. Среди экологических проблем – климатическая, является одной из самых сложных для изучений из-за своего многокомпонентного характера и тесной связи с деятельностью человека [2]. Изучение данного вопроса требует анализа огромного массива данных по основным метеорологическим показателям и наличие упорядоченной системы хранения информации, а также определенного технологического обеспечения для их обработки.

Создание и использование баз данных долгосрочной динамики метеорологических показателей практикуется как для малых территориальных объектов [10] для характеристики изменчивости внутри биотопа, так и при решении глобальных экологических проблем, как, например, борьба с пожарами [1]. Одной из последних масштабных работ, затрагивающих тематику создания и обработки баз данных, является публикация ученых Швейцарского университета, в которой представлен анализ базы данных метеопоказателей с 1658 г. [12].

Разработанные и зарегистрированные базы данных открывают доступ к сведениям по влагообеспеченности, количеству явлений засух и засушливостей для опорных метеостанций Волгоградской обл. Они позволяют хранить и обобщать массивы данных, а также имеют возможность к пополнению массива. Предложенное информационное решение позволяет комплексно использовать разработанные информационные продукты для решения поставленных задач.

Целью исследования является применение комплексного подхода для определения опасных природных явлений (засух, засушливостей), включающего использование разработанных информационных продуктов.

В задачи исследования входит:

1. Анализ разработанных авторами информационных продуктов (решений) для их возможного комплексного использования в определении засух и засушливостей.

2. Разработка информационно-технологического решения для комплексного применения информационных продуктов с целью определения засух и засушливостей.

Для создания баз данных использовались массивы данных по среднемесячным осадкам в сезонном разрезе, которые были дополнены с помощью уравнений регрессии, а также расчетные значения двух индексов засушливости. На основе метода расчета продолжительности и интенсивности засух для метеостанций Волгоградской обл. была разработана программа для ЭВМ для автоматизированного расчета индексов – гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова (ГТК) и индекса Педя.

Г. Т. Селянинов предложил использовать для агрометеорологических задач гидротермический коэффициент (ГТК), который широко используется в расчетной практике. Индекс имеет множество различных модификаций для конкретных территорий. В общем виде он представляет собой:

$$ГТК = R \cdot 10 / \Sigma t,$$

где R представляет собой сумму осадков (в мм) за период с температурами выше +10°С, Σt – сумма температур в градусах °С за тот же период. К засушливости относятся условия K = 0,7-1,0, к засухе – К ≤ 0,7 [8].

Индекс Д. А. Педя представляет собой разность стандартизированных значений аномалий температуры воздуха и осадков:

$$S = (T - T_{ср})/vT - ((P - P_{ср})/vP),$$

где T и P – температура и осадки конкретного временного промежутка (если рассчитывается значение индекса Педя за месяц, то используется значение одного дня), $T_{ср}$ и $P_{ср}$ – среднее значение температуры и осадков за период, vT и vP – среднеквадратические отклонения. К засушливости относятся условия с Si = 1,5-2,0, к засухе – с $Si \geq 2,0$ [7].

Базы данных по влагообеспеченности, количеству явлений засух и засушливостей включают в себя информацию о показателях среднемесячных сумм осадков и значений индексов Педя и ГТК соответственно. Технологическое решение в виде программного обеспечения разработано по общепринятому методу верификации засух и засушливых явлений. Программа включает в себя функции формирования, обработки и расчета требуемых показателей и разработана с целью ускорения научного процесса, написана на языке программирования Python 3.7 [4-6]. Перечисленные информационные продукты успешно прошли регистрацию и запатентованы в ФИПС (рис. 1)

Рис. 1. Зарегистрированные свидетельства о государственной регистрации баз данных и программы для ЭВМ

Предлагаемое информационное решение включает:

1. Зарегистрированные базы данных, которые представляют собой источ-

ник сведений по влагообеспеченности, явлениям засух и засушливостей для анализа динамики климатических показателей в научных исследованиях, в т. ч. с целью прогнозирования изменения климата. Также могут быть использованы для обоснования функционирования агропромышленного комплекса и

2. Программу для ЭВМ для расчета показателей по засухам и засушливым явлениям, оценки их повторяемости, интенсивности, отслеживания динамики изменений.

3. Статистический анализ регрессионных и корреляционных показателей баз данных за 50-летний период (1970-2019 гг.)

Таким образом, информационные решения являются неотъемлемой составной частью современного анализа в научных исследованиях. Они позволяют систематизировать, хранить и анализировать большие массивы данных. Разработанное информационное решение состоит из цикла мероприятий: от систематизации количественных значений по поступающим осадкам до программного расчета продолжительности и интенсивности засух и засушливых явлений на примере сухой степи Волгоградской обл., внося существенный вклад в анализ развития и адаптации сельскохозяйственной отрасли, связанной с изменениями климата, открывая новые возможности по принятию своевременных управленческих решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глаголев, В. А. Реализация баз данных для оценки и прогноза пожарной опасности растительности / В. А. Глаголев, Р. И. Баженов // Интернет-журнал «Науковедение». – 2015. – Т. 7, № 4. DOI:10.15862/91TVN415

2. Изменение климата: последствия, смягчение, адаптация: учеб-метод. комплекс / М. Ю. Бобрик [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2015. – 424 с.

3. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации»: Постановление Правительства Рос. Федерации от 29.03.2019 г. № 377. 53 с.

4. Патент RU № 2021622058. Засухи и засушливые явления сухих степей Волгоградской области / Ред. А. М. Пугачёва, А. И. Беляев, К. Ю. Трубакова, О. Д. Ромадина. 2021, заяв. 22.09.2021; опуб. 01.10.2021, бюл. № 10.

5. Патент RU № 2021622059. Влагообеспеченность сухих степей Волгоградской области. Ред. А. М. Пугачёва, А. И. Беляев, К. Ю. Трубакова, О. Д. Ромадина. 2021, заяв. 22.09.2021; опуб. 01.10.2021, бюл. № 10.

6. Патент RU № 2021669550. Расчет продолжительности и интенсивности засух и засушливых явлений в сухой степи Волгоградской области / Ред. А. М. Пугачёва, А. И. Беляев, К. Ю. Трубакова, О. Д. Ромадина, 2021, заяв. 24.11.2021; опуб. 30.11.2021, бюл. № 12.

7. Педь, Д. А. О показателе засухи и избыточного увлажнения / Д. А. Педь // Труды Гидрометцентра СССР. – 1975. – Вып. 156. – С. 19-38.

8. Селянинов, Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата / Г. Т. Селянинов // Труды сельскохозяйственной метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1928. – Вып. 20. – С. 165-177.

9. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы: указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 // Цель настоящей Стратегии и стратегические национальные приоритеты Российской Федерации при развитии информационного обществ. – 2017. – С 8-9.

10. Суторихин, И. А. База данных метеорологических и гидрофизических характеристик для бессточного водного объекта / И. А. Суторихин, У. И. Янковская // Известия Алтайского государственного университета. – 2015. – Т. 2, № 1(85). – С. 66-69. DOI 10.14258/izvasu(2015)1.2-11

11. Regional Climate Changes in Arid Steppes and their Connection with Droughts / A. M. Pugacheva, A. I. Belyaev, K. Y. Trubakova, [et al.] // Arid Ecosyst. – 2022. – № 12. – С. 353-360. https://doi.org/10.1134/S2079096122040187

12. The global historical climate database HCLIM DOI: 10.1038 / s41597-022-01919-ч

УДК 528.77

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ*

К. П. Синельникова; А. Н. Берденгалиева; Ш. Матвеев; В. В. Балынова, А. В. Мелихова

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Представлены результаты дешифрирования пахотных земель Волгоградской области по данным дистанционного зондирования на 2021 год. В процессе выполнения работы использовались снимки высокого разрешения Sentinel-2 и Google Earth PRO в геоинформационной программе QGIS3. Полученные данные позволят объективно проводить учет и оценку сельскохозяйственных угодий.

Presents the results of decoding arable lands of the Volgograd region according to remote sensing data for 2021. In the course of the work, high-resolution images of Sentinel-2 and Google Earth PRO were used in the geoinformation program QGIS3. The data obtained will allow for objectively accounting and evaluation of agricultural land.

Разумное использование земельных ресурсов для ведения сельскохозяйственной деятельности возможно при наличии данных, которые дают возможность быстро осуществлять оценку состояния агроландшафтов. Для увеличения экономической эффективности земли в сельском хозяйстве в зоне с недостаточным увлажнением большое значение имеет информация о пространственных характеристиках сельскохозяйственных угодий. По данным комитета региона, Волгоградская область входит в десятку крупнейших производителей зерновых культур в РФ. В современных работах по определению структуры землепользования все чаще используют геоинформационные технологии и данные дистанционного зондирования Земли [4, 5]. На территории Волгоградской обл. уже проводился анализ землепользования с помощью ДЗЗ [1-3, 6, 7, 9] но только по определенным районам и на уровне отдельных агроландшафтов, а для всей области подобные работы не проводились.

Цель работы – провести геоинформационное картографирование пахотных земель Волгоградской обл. на основе данных ДЗЗ.

Объект исследований – пашня и залежи, расположенные на территории Волгоградской обл.

Геоинформационное картографирование и анализ агроландшафтов проводились на основе безоблачных спутниковых снимков высокого разрешения Sentinel-2 на 2021 г. и сверхвысокого пространственного разрешения

*Работа выполнена в рамках Государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100311-3.

(~1 м/пиксель) Google Earth PRO в геоинформационной среде QGIS. Для проведения морфометрического анализа территории использовалась цифровая модель рельефа SRTM3.

Классификация сельскохозяйственных полей на пахотные и залежные земли проводилась экспертным методом визуального дешифрирования. Проведен сравнительный анализ результатов дешифрирования и официальных статистических данных, исследований других авторов, электронных растровых карт обрабатываемых земель за 2016-2021 гг., полученных с сервиса Вега-Science. Сервис Вега-Science предоставляет материалы, которые основаны на использовании многолетних рядов спутниковых данных сканера MODIS с космических аппаратов Terra и Aqua с пространственным разрешением 250 м/пиксель [8, 10].

В результате геоинформационного картографирования пахотных земель на территории Волгоградской области было определено пространственное размещение более 68 тыс. сельскохозяйственных полей общей площадью 6,05 млн га, которые классифицированы на используемые – более 55 тыс. и неиспользуемые – более 12 тыс.

По результатам проведенного геоинформационного картографирования пахотных земель на территории Волгоградской обл. можно сделать вывод, что ДЗЗ позволяет с меньшей затратой времени определить размещение обрабатываемых и не обрабатываемых сельскохозяйственных угодий. Полученные данные для исследуемой территории позволили выявить расхождение в площади со статистическими данными [11, 12]. Наиболее схожие результаты получились с данными об обрабатываемых полях сервиса «Вега» и данными Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. (таблица).

Таблица

Сравнение площадей пахотных и залежных земель по разным источникам

Сельхозземли	Источники, млн га			
	результаты дешифрирования	сервис «Вега»	сельскохозяйственная перепись	данные А. В. Воробьева
Пахотные	5,09	4,89	4,74	5,8
Залежь	0,96	Нет данных	0,50	4,8*

*Примечание. * тыс. га.*

На территории исследования был проведен геоморфологический анализ для каждого поля, который показал, что 78 % от общей площади имеют крутизну склона 1° и преобладает западная экспозиция – 37 %.

На основе полученных в результате картографирования векторных данных составлена схема пространственного размещения участков пашни и залежей (рис. 1).

Созданная база данных, которая содержит пространственные характеристики агроландшафтов, позволит быстро проводить анализ влияния экспозиции и крутизны склонов на состояние агроландшафтов и урожайность культур.

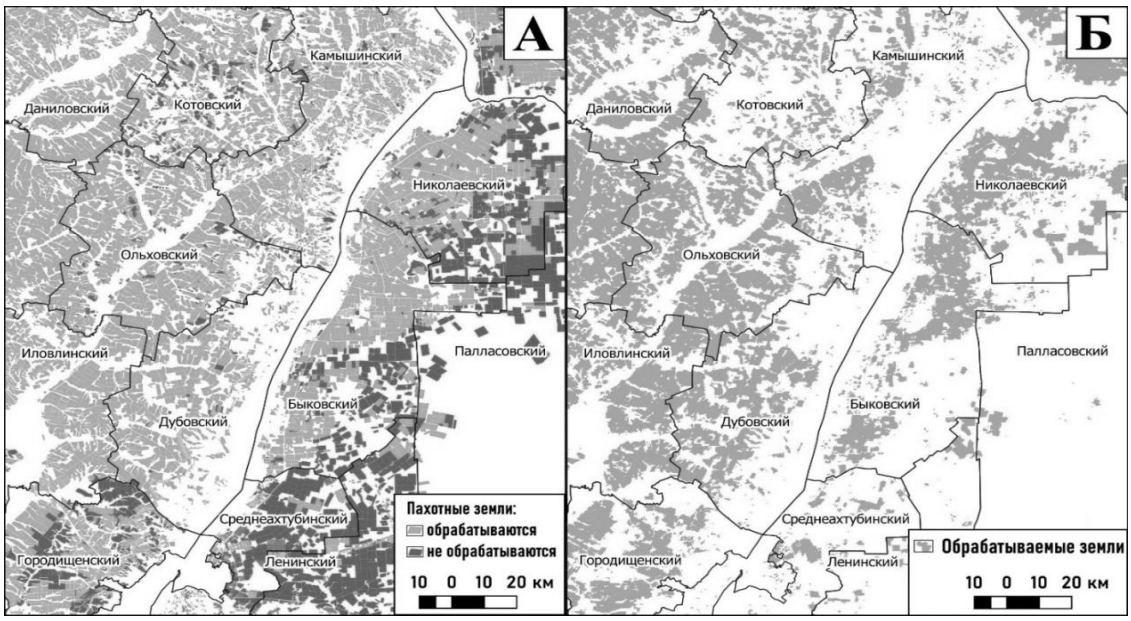


Рис. 1. Схема распределения пахотных земель по данным экспертного дешифрирования (А) и данным MODIS сервиса Вега (Б)

ЛИТЕРАТУРА

1. Балынова, В. В. Геоинформационный анализ параметров сохранности защитных лесных насаждений Котельниковского района Волгоградской области / В. В. Балынова // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 4(119). – С. 66-71. – DOI 10.34736/FNC.2022.119.4.010.66-71.

2. Берденгалиева, А. Н. Связь сезонной динамики озимой пшеницы и рельефа в подзоне южных черноземов Волгоградской области / А. Н. Берденгалиева, Р. Н. Берденгалиев // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 3(118). – С. 49-56. – DOI 10.34736/FNC.2022.118.3.007.49-56.

3. Васильченко, А. А. Опыт разработки локальной ГИС орошаемых земель Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области / А. А. Васильченко // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2022. – Т. 28, № 2. – С. 761-772. – DOI 10.35595/2414-9179-2022-2-28-761-772.

4. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации / В. Г. Юферев, К. Н. Кулик, А. С. Рулев [и др.]; Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации РАСХН. – Волгоград: Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации, 2010. – 102 с. – ISBN 978-5-900761-63-3.

5. Геоинформационные технологии в обеспечении точного земледелия / А. С. Рулев, С. С. Шинкаренко, В. Н. Бодрова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 4(52). – С. 115-122. – DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-15.

6. Матвеев, Ш. Геоинформационный анализ основных источников климатической информации на территорию Волгоградской области / Ш. Матвеев // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 3(118). – С. 81-85. – DOI 10.34736/FNC.2022.118.3.012.81-85.

7. Мелихова, А. В. Морфометрический анализ агроландшафтов переходной зоны южных черноземов и темно-каштановых почв Волгоградской области / А. В. Мелихова // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 26-33. – DOI 10.15688/nsr.jvolsu.2022.4.3.

8. Распознавание пахотных земель на основе многолетних спутниковых данных спектрорадиометра MODIS и локально-адаптивной классификации / С. А. Барталев, В. А. Егоров, Е. А. Лупян [и др.] // Компьютерная оптика. – 2011. – Т. 35, № 1. – С. 103-116.

9. Синельникова, К. П. Пространственный анализ деградации агроландшафтов Донской гряды / К. П. Синельникова // Научно-агрономический журнал. – 2021. – № 4(115). – С. 30-34. – DOI 10.34736/FNC.2021.115.4.005.

10. Терехин, Э. А. Распознавание залежных земель на основе сезонных значений вегетационного индекса NDVI / Э. А. Терехин // Компьютерная оптика. – 2017. – Т. 41, № 5. – С. 719-725. – DOI 10.18287/2412-6179-2017-41-5-719-725.

11. Belyakov, A. M. Typing of Agricultural Landscapes in the Volgograd Region / A. M. Belyakov // Arid Ecosystems. – 2021. – Vol. 11, No. 1. – P. 102-108. – DOI 10.1134/S2079096121010030.

12. Rulev, A. S. Development of Plant Growing at the Regional Level (Based on the Example of Volgograd Oblast) / A. S. Rulev, A. M. Pugacheva // Studies on Russian Economic Development. – 2019. – Vol. 30, No. 5. – P. 557-562. – DOI 10.1134/S1075700719050113.

УДК 551.0.4.634.93

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНАЯ ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Т. А. Соколова, к. б. н.

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук», г. Ростов-на-Дону, РФ

Приведены сведения об использовании методов ДЗЗ для оценки состояния защитных лесных насаждений и категорирование визуального (дистанционного) состояния и основные параметры (длина, ширина, площадь) лесополос. Всего оцифрованы 1972 лесополосы, общей площадью 6496,848 га. Выделены 5 категорий состояния защитных насаждений. Наиболее часто отмечены категории: незначительно разрушенные (705 лесополос) и частично разрушены (672 лесополосы). Результаты ДЗЗ сопоставлены с натурными исследованиями. Установлено, что в 89 % (из 100 натурных съемок) случаев оценка состояния защитных лесных насаждений при помощи ДЗЗ схожа с таковой на практике.

The information on the use of remote sensing methods to assess the state of protective forest stands and categorization of the visual (remote) state and the main parameters (length, width, area) of forest belts are given. In total, 1,972 forest belts were digitized, with a total area of 6496,848 hectares. There are 5 categories of the state of protective plantings. The most frequently marked categories are: slightly destroyed (705 forest belts) and partially destroyed (672 forest belts). The remote sensing results are compared with field studies. It was found that in 89% (out of 100 full-scale surveys) of cases, the assessment of the state of protective forest plantations using remote sensing is similar to that in practice.

Как в России, так и за рубежом общепризнано, что лесоразведение является наиболее дешевым, надежным и долгодействующим средством комплексного оздоровляющего и стабилизирующего воздействия на агроландшафты с сильно нарушенными землями. В настоящее время, согласно внесенным изменениям в Федеральный закон «О мелиорации земель» от 26.02.2020, хозяйствам/регионам необходимо представлять сведения о наличии и состоянии мелиоративных защитных лесных насаждений (МЗЛН), обеспечивающим выполнение ими полезных функций, и проводить мероприятия по их сохранению, в том числе по охране, защите, воспроизводству. Процесс оценки состояния требует много затрат, не только физических, временных, но и материальных. Ускорить и удешевить его возможно при использовании методов дистанционного зондирования Земли.

В Ростовской обл. площадь МЗЛН составляет около 125 тыс. га. Согласно Государственному лесному реестру за 2013 г., ЗЛН спелого и перестойного возраста занимают 35 тыс. га (более 25 % от всех ЗЛН области), спустя время этот показатель только растет. Возникает острая необходимость оценки и восстановления лесополос. Опираясь на опыт других регионов [1], проведена оценка состояния МЗЛН Кагальницкого р-на Ростовской обл.

Рис. 1. Кагальницкий р-н (выделен темно-серым цветом)

Кагальницкий р-н расположен на юго-западе Ростовской обл. (рис. 1). Относится к Азово-Егорлыкскому ботанико-географическому району, здесь преобладают черноземы обыкновенные. Категории состояния присваивались путем визуальной оценки ЗЛН во время их оцифровки. При последней производились замеры длины и ширины лесополосы, записывались площадь и тип (придорожная, прибалочная, полезащитная и т. д.). Всего выделено 5 категорий: целая лесополоса (сохранность 90 % и более), незначительно разрушенная (сохранность 75-90 %), частично разрушенная (сохранность 60-75 %), значительно разрушенная (40-60 %) и полностью разрушенная (до 40 %) (рис. 2).

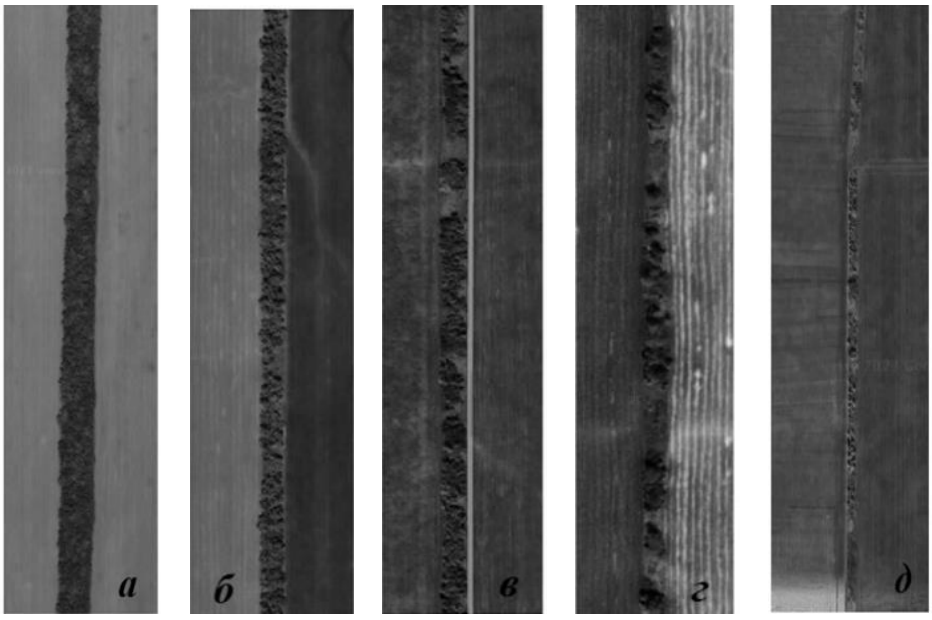


Рис. 2 – Категории состояния МЗЛН Кагальницкого р-на: а) целая лесополоса, б) незначительно разрушенная, в) частично разрушенная, г) значительно разрушенная, д) полностью разрушенная (категории выделены согласно методике Полушковский и др., 2020)

Каждой категории отводился определенный цвет (темно-зеленый – целая лесополоса, зеленый – незначительно разрушенная лесополоса, светло-зеленый – частично разрушенная, коричнево-зеленый (темно-оливковый) – значительно разрушенная, желтый – полностью разрушенная.

Оцифровка проводилась в Google Карты. При наведении курсора на оцифрованную лесополосу появляется информация о ней: номер, площадь, категория (рис. 3).

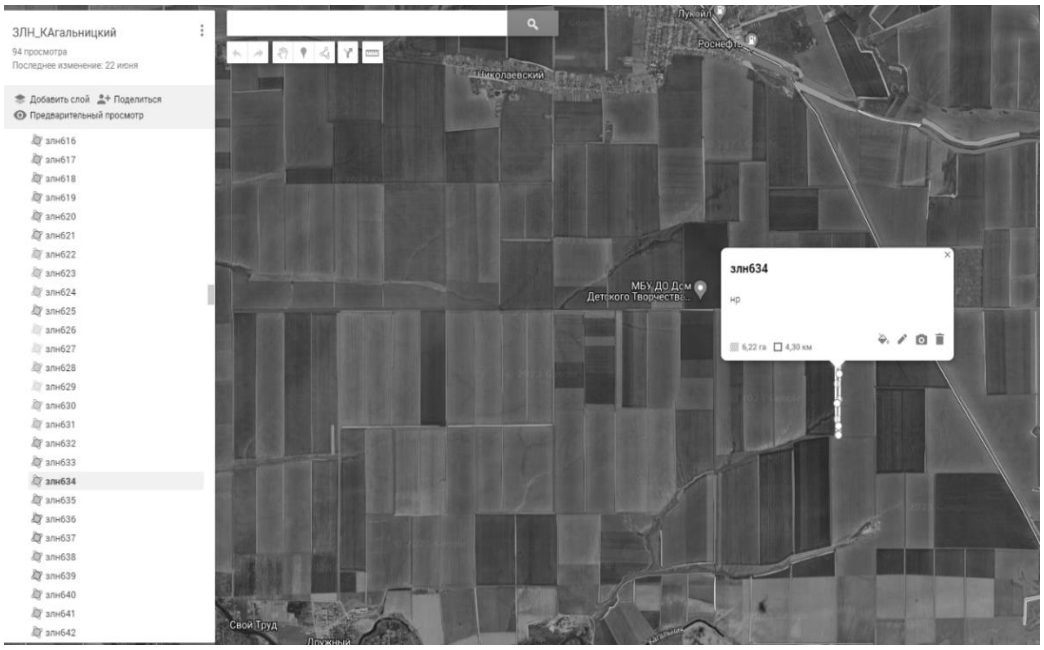


Рис. 3. Рабочее окно при оцифровке лесополос в Google Карты

Натурные обследования МЗЛН проводились в апреле-июле 2023 г. путем закладки геоботанических площадок, размер от 100 до 225 м^2, иногда 50 м^2 в зависимости от ширины лесополосы. В ЗЛН проводились визуальная оценка состояния, замеры древостоя (высота, диаметр), видовой состав (геоботанические площадки не закладывались). Обилие видов оценивалось согласно шкале Браун-Бланке [4].

Кагальницкий р-н является сельскохозяйственным районом, площадь сельскохозяйственных земель составляет 116405,7 га (84 % от площади района). Площадь оцифрованных нами лесополос равна 6496,848 га (4,7 % от площади района). Показатель облесенности для территории, расположенной на южных и приазовских черноземах с высокой деградацией земель выше среднего [3].

В процессе векторизации лесополосы распределены по типам: полезащитные – 1593, прибалочные – 195, придорожные – 66, садозащитные – 84, железнодорожно-защитные – 34. Такое распределение объясняется площадью, равнинностью территории, малым количеством рек, разрозненностью населенных пунктов. Для примера в Мясниковском р-не Ростовской обл. прибалочные лесополосы составляют почти треть от всех лесополос района, а садозащитных всего 9, железнодорожно-защитные почти отсутствуют, так как железная дорога проходит в пойме Мертвого Донца [2].

По категориям состояния более всего незначительно разрушенных – 705, далее частично разрушенные – 672, значительно разрушенные – 331, целые – 136, полностью разрушенные – 128 (рис. 4).

Большое число частично разрушенных и значительно разрушенных лесополос связано в первую очередь, с отсутствием ухода за ними, а также возрастом основных пород.

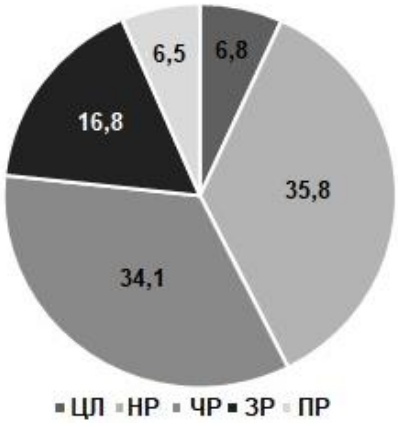


Рис. 4. Распределение ЗЛН Кагальницкого р-на по категориям состояния, %

Натурные исследования показали, что этот показатель немного занижен (в 11 % случаев на 100 лесополос). Некоторые ЗЛН можно перевести из категории ЦЛ в категорию НР, НР в ЧР. Такая погрешность объясняется отсутствием возможности при оцифровке отметить наличие суховершинности и усыхания у главных пород (в частности, у акации белой), сухостоя среди здоровых пород, а также разрастание кустарникового яруса производит впечатление целостности лесополосы, на самом же деле главные породы отсутствуют или первый ярус нарушен. В других категориях погрешности не отмечены. Большая часть защитных насаждений достигла возраста в 50-65 лет, возможно, и 70.

Суммарно полностью разрушенные и значительно разрушенные лесополосы составляют более 23 %, это означает, что почти четверть лесополос района более не функционируют и требуют реконструкции и восстановления. Еще более 35 % лесополос нуждаются в скором уходе и реконструкции. Большое количество насаждений засорены бытовым мусором, особенно придорожные и садозащитные. На настоящее время состояние защитных лесных насаждений Кагальницкого р-на можно оценить как среднее.

Таким образом, использование методов ДЗЗ на примере съемки лесополос Кагальницкого района, показало возможность быстро и достоверно определить состояние ЗЛН. При помощи такого метода можно заранее определить какая сельхоз территория наименее защищена. Какие лесополосы нуждаются в скором восстановлении, а какие могут подождать. Процедура позволит сэкономить на полевых выездах, а затем и на поисках разрушенных участков лесных насаждений. Представленная в итоге схема расположения ЗЛН на территории района продемонстрирует обеспеченность ЗЛН сельхозугодий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка состояния лесополос Ставропольского края с использованием данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий / Б. В. Полушковский, П. П. Турун, Э. Н. Сутормина [и др.] // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2020. – Т. 14. – № 3. – С. 105-110.

2. Соколова, Т. А. Синтаксономическое разнообразие и состояние защитных лесных насаждений Мясниковского района Ростовской области / Т. А. Соколова // Лесоведение. – 2023. – № 5. – С. 1-21.

3. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2020 года К. Н. Кулик [и др.] // НТС Федерального агентства лесного хозяйства 2012. – URL: https://forestforum.ru (свободный доступ).

4. Braun-Blanquet, J. Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetationskunde / J. Braun-Blanquet // 3 Aufl. – Wien-New York, Springer-Verlag. – 1964. – 865 p.

УДК 910.26:528.77

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, КАК ОСНОВА ДЛЯ ПЕРЕХОДА ОТ ТРАДИЦИОННОГО К ТОЧНОМУ ЛЕСНОМУ ХОЗЯЙСТВУ

Д. К. Сучков

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Цифровые технологии распространяются на все сферы социально-экономической жизни, обусловливая необходимость кардинального пересмотра принципов управления инновационным развитием современных предприятий, национальной экономики в целом и лесном секторе в частности. В статье приводятся данные о переходе от традиционного к точному лесному хозяйству, и о проблемах связанных с внедрением современных технологий.

Digital technologies are spreading to all spheres of social and economic life, making it necessary to radically revise the principles of managing the innovative development of modern enterprises, the national economy in general and the forest sector in particular. The article presents data on the transition from traditional to precision forestry, and on the problems associated with the introduction of modern technologies.

Цифровые технологии революционно изменяют отрасли по всему миру, от промышленного производства до здравоохранения. Даже сельское хозяйство претерпевает больших изменения благодаря данным технологиям. Лесное хозяйство, в свою очередь, отстало от большинства других отраслей в использовании цифровых технологий [2, 8, 9, 11]. Многие исследования уже показывают рост производительности в общем сельском хозяйстве на 5-25 % в год, а окупаемость инвестиций в цифровые технологии составляет от одного до двух лет (в зависимости от ряда факторов).

Тем не менее, в области управления лесным сектором цифровые решения в настоящее время сталкиваются с системой, которая все еще работает на основе принципов, разработанных Hans Carl von Carlowitz [10] более 300 лет назад. Сложившаяся таким образом система лесопользования заставляет преодолевать определенный перечень трудностей, а именно:

- в лесном секторе незначительное присутствие корпоративных участников (76 % лесов во всем мире находятся в государственной собственности, оставшаяся часть принадлежит мелким частным владельцам, которые обычно имеют в среднем менее одного гектара);

- государственные собственники, как правило, используют консервативный стиль управления и, в большей степени, нежели частные предприятия, должны руководствоваться сбалансированной системой целей (коммерческой деятельности, социальными, экологическими целями и др.);

- многие частные организации (которые характеризуются незначительными масштабами бизнеса) не обладают достаточным опытом и средствами необходимых для внедрения новейших технологий [5];

- немаловажным аспектом является и ток факт, что крупные коммерческие лесные территории (плантации эвкалипта в Южной Америке или естественные леса в Европе и Северной Америке), находятся в труднодоступной и труднопро-

ходимой местности, что создает много проблем для внедрения новых технологий;

- незначительное количество работающих практик несмотря на то, что существует широкий спектр технологий точного лесного хозяйства, сравнительно немного практических примеров, которые упростили бы понимание, как эти технологии воплощаются в реальных случаях использования.

На наш взгляд, потенциал для улучшенного управления лесами является значительным. Помимо экологических выгод от повышенной продуктивности, которая уменьшает нагрузку на естественные леса, также существует значительная экономическая и социальная ценность [4, 7].

В тоже время точное лесное хозяйство – это не просто внедрение цифровых технологий [1, 3, 6]. Для управляющих лесным сектором это подразумевает смену парадигмы: от полностью ручной и аналоговой системы с широкими инструкциями по управлению к системе с цифровым сбором и планированием данных, подробным предписаниям по управлению и строгому оперативному контролю (табл. 1).

Каждая из технологий точного лесного хозяйства предлагает усовершенствование управления лесами одним или несколькими способами:

- более жесткий контроль операций с улучшенным сбором данных;
- повышенная селективность рецептов в соответствии с местом и потребностями (наличием питательных веществ в почве и генетического материала саженцев);
- автоматизация операций, от работы питомников до лесной логистики;
- поиск оптимальных решений с помощью баз данных, геолокации и расширенной аналитики.

Таблица 1

Особенности перехода от традиционного к точному лесному хозяйству

Традиционный подход, включающий в себя ручные и аналоговые процессы, «общие» рецепты управления:	Система лесного хозяйства с цифровым сбором и планированием данных, подробными предписаниями управления и строгим оперативным контролем
- естественное восстановление лесов с семенами одного и того же генетического материала	- селективно выращенные и клонированные саженцы, выращенные в питомниках в строго контролируемых условиях
использование 2-3 стандартных удобрений в зависимости от широкой классификации типов почв	- специфическая обработка удобрений, основанная на гранулярной оценке дефицита питательных веществ в почве
- ручная полевая инвентаризация леса на основе выборки для планирования производства	- цифровая инвентаризация лесов с использованием беспилотных летательных аппаратов
- моторно-ручной сбор без сбора данных	- полностью механизированный сбор, интегрированный в общую систему поставок
- реагирование на лесные пожары, обнаруженные только при непосредственном наблюдении	- спутники и беспилотники для раннего обнаружения пожара для централизованного реагирования

Также следует подчеркнуть, что в ходе своей деятельно ряд организаций таких как McKinsey & Company определяют некий набор точных лесных технологий или методов [12], которые способны продемонстрировать наибольшие перспективы для преобразования операций и улучшения результатов лесопользования (табл. 2).

Таблица 2

Перспективные практики точного лесного хозяйства

Направление	Описание
Генетика и питомники	- селекция на основе маркеров, чтобы растения имели генетические профили, подходящие для данного участка и конечного использования
	- автоматизированные питомники (полностью закрытые и контролируемые условия для выращивания рассады в оптимальных условиях для роста растений)
Лесопользование (лесоводство)	- управление посадками (методики, адаптированные к условиям территории, сбор информации по установленным датчикам почв)
	- мониторинг пожара (цифровой мониторинг пожара с помощью БПЛА или спутника, для обеспечения предупреждения и координации пожаротушения)
	- мониторинг вредителей и болезней (цифровой мониторинг потенциальных вспышек и скоординированные меры для минимизации ущерба посадкам)
	- водохозяйственные системы (централизованный контроль водной инфраструктуры на основе влажности почвы, уровня воды в каналах и т. д.)
Заготовка	- цифровая инвентаризация (измерение, инвентаризации лесных насаждений (объема, видов и сортового состава) с помощью воздушного, дистанционного зондирования)
	- механизированная заготовка (полностью механизированные системы для повышения безопасности, производительности и координации процесса)
Доставка древесины	- удаленная/автоматическая загрузка (погрузочные краны, которыми можно управлять дистанционно)
	- оптимизация лесной логистики (использование современного программного обеспечения для управления транспортной логистикой)
По всей цепочке создания стоимости	- модели лесного планирования (программное обеспечение для поддержки принятия решений по управлению лесами от стратегического до тактического и оперативного планирования)
	- электронные информационные панели (используются для визуализации данных на основе одного центрального, стандартизированного хранилища данных)
	- инструменты полевой поддержки (мобильные устройства, развернутые в лесу, предоставляющие руководителям доступ к лесным информационным системам и инструментам планирования)
	- расширенная аналитика (системы анализа данных для решения сложных проблем таких как, ограничения роста деревьев на микроуровне и определение эффективных мер по нейтрализации)

Следует отметить, что представленные технологии включают деятельность на всех этапах цепочки формирования стоимости – от генетики растений,

автоматизации питомников до поставки древесины на лесопильные заводы, целлюлозные фабрики и т. д. [7].

Учитывая эти моменты, мы видим ранние свидетельства того, что точное лесное хозяйство может способствовать значительным и длительным улучшениям в лесохозяйственных организациях. Несмотря на то, что эта технология относительно нова, она обладает потрясающим потенциалом для активизации и даже коренного изменения управления лесным хозяйством на всех уровнях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошелев, А. В. Агролесомелиоративная оценка защитных лесных насаждений с применением дистанционных данных и геоинформационных технологий / А. В. Кошелев, М. О. Шатровская // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2022. – Т. 28, № 2. – С. 871-884.

2. Кошелева, О. Ю. Использование NDVI для картографирования лесистости агролесоландшафтов / О. Ю. Кошелева, С. С. Шинкаренко // Экология, экономика, информатика: сб. ст.: в 3 т. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2015. – Т. 3: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – С. 262-266.

3. Кулик, К. Н. Методическая основа агролесомелиоративной оценки защитных лесных насаждений по данным дистанционного мониторинга / К. Н. Кулик, А. В. Кошелев // Лесотехнический журнал. – 2017. – № 3. – С. 107-114.

4. Наземные и спутниковые исследования продуктивности пастбищ республики Калмыкии с различной степенью деградации растительных сообществ / А. Н. Золотокрылин, Т. Б. Титкова, С. С. Уланова [и др.] // Аридные экосистемы. – 2013. – Т. 19, № 4 (57). – С. 31-39.

5. Петров, В. Н. Организация, планирование и управление в лесном хозяйстве: Учебное пособие / В. Н. Петров. – СПб.: Наука, 2010. – 416 с.

6. Рулева, О. В. Характеристика полезащитных лесных полос на территории учебно-опытного хозяйства "Горная поляна" / О. В. Рулева, Д. К. Сучков // Лесохозяйственная информация. – 2020. – № 3. – С. 131-138.

7. Сучков, Д. К. Ландшафтно-географический подход к оценке состояния насаждений в балке «Отрадной» / Д. К. Сучков, О. В. Рулева // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2021. – Т. 13, No 1. – С. 174-194. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-1-174-194

8. Ткаченко, Н. А. Картографирование защитной лесистости агроландшафтов Волгоградского Заволжья / Н. А. Ткаченко, А. В. Кошелев // Вестник АПК Ставрополья. – 2017. – № 2(26). – С. 137-143.

9. Шинкаренко, С. С. Анализ динамики пастбищных ландшафтов в аридных условиях на основе нормализованного вегетационного индекса (NDVI) / С. С. Шинкаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1. – С. 110-114.

10. Carlowitz, Hans Carl von: Sylvicultura Oeconomica, Oder Haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung Zur Wilden Baum-Zucht. – Leipzig, 1713. – PP. 430.

11. Koshelev, A. V. Decoding of forest belts using satellite images / A. V. Koshelev, N. A. Tkachenko, M. O. Shatrovskaya // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 875-2021. – 012065. doi:10.1088/1755-1315/875/1/012065

12. Precision forestry: A revolution in the woods / McKinsey & Company. – Изображение (неподвижное; двухмерное): электронное // McKinsey & Company: [сайт]. – URL: https://www.mckinsey.com/ (дата обращения: 02.08.2023).

УДК 634.93:631:617

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ КАЛМЫКИИ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Р. М. Шабанов[1], к. с.-х. н.; **А. А. Дедова**[2]; **А. А. Дедов**[1], к. с.-х. н.
[1]*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,* г. Москва, РФ
[2]*ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»*, г. Москва, РФ

Рассматриваются методы геоинформационного мониторинга для изучения экологического состояния пастбищных угодий аридных территорий. Приведена динамика среднего значения NDVI пастбищ за период 2013-2022 гг. На основе полевых и космических данных составлены карты продуктивности пастбищ.

Methods of geoinformation monitoring for studying the ecological state of pasture lands of arid territories are considered. The dynamics of the average NDVI value of pastures for the period 2013-2022 is given. Pasture productivity maps have been compiled based on field and space data.

Природные пастбищные и сенокосные угодья Республики Калмыкия являются основной структурной составлявшей экосистемы территории. Развитое пастбищное животноводство определяет репрезентативность данного региона в аспекте социально-экономических и экологических проблем аридных территорий. Интенсивное использование пастбищных угодий в прошлом столетии привело к развитию пастбищной дигрессии, которая является не только главной интегральной составляющей, но и фактором опустынивания [1-3, 5-7].

Для предотвращения негативного развития ситуации предлагается использовать передовые способы мониторинга кормовых угодий на основе ГИС систем и анализа данных спутниковых снимков Земли. Эти методы позволяют получать более точную и подробную информацию о состоянии травяного покрова на больших площадях, а также прогнозировать изменения в течение времени [1, 4, 6, 7]. Методы ГИС включают создание электронных карт, где местоположение и состояние пастбищных угодий отображаются в виде слоев информации, что способствует быстрому анализу данных и принятию решения о контроле за пастбищными угодьями. Спутниковые снимки дают возможность получить информацию о растительном покрове на пастбищных угодьях в разных временных точках, что позволяет оценить динамику изменений и их причины.

Однако необходимо учитывать, что методы ГИС и анализа данных спутниковых снимков не могут полностью заменить геоботанические и натурные исследования. Наблюдения на местности являются необходимыми для проверки и калибровки данных, полученных с помощью геоинформационных методов. Для оценки продуктивности естественной растительности использовался нормализованный индекс вегетации NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который путем измерения разницы в отражении красного и ближнего инфракрасного света позволяет определить плотность растительности. Высокое значение NDVI указывает на высокую плотность зеленой биомассы, что соответствует высокой продуктивности пастбищ.

Объектами для геоботанического и эколого-мелиоративного исследования были выбраны пастбищные угодья сельских муниципальных образований Октябрьского и Черноземельского р-нов Республики Калмыкия общей площадью 121,4 тыс. га и 127,2 тыс. га соответственно.

Продуктивность пастбищ зависит от формирующихся метеорологических условий сезона года. Анализ результатов исследований ключевых участков пастбищных угодий выявил закономерную привязку высоких значений NDVI к весеннему и осеннему периоду, когда наблюдается наиболее благоприятная тепло- и влагообеспеченность для продукционного процесса кормовых растений. Следует отметить, что при атмосферной засухе (относительная влажность воздуха менее 30 %) индекс NDVI имеет минимальное значение (менее 0,1).

На ключевом участке п. Восход Октябрьского района Республики Калмыкия наибольшее значение NDVI (0,267) наблюдалось 18 апреля 2016 г., а наименьшее значение NDVI (менее 0,101) – со второй декады июня по третью декаду сентября 2020 года в момент действия ЧС в регионе из-за сильной засухи (рис. 1).

Аналогичная ситуация наблюдается в пустынно-полупустынной зоне на территории п. Адык Черноземельского р-на. Так, наибольшее значение NDVI – 0,271 было 20 октября 2019 г., при этом следует отметить большое значение индекса в июле 2018 г. Такое положение дел характеризуется тем, что в 2018 г. в период III декады июля – I декады августа выпало 55 мм осадков, что выше среднемноголетнего значения на 37 мм.

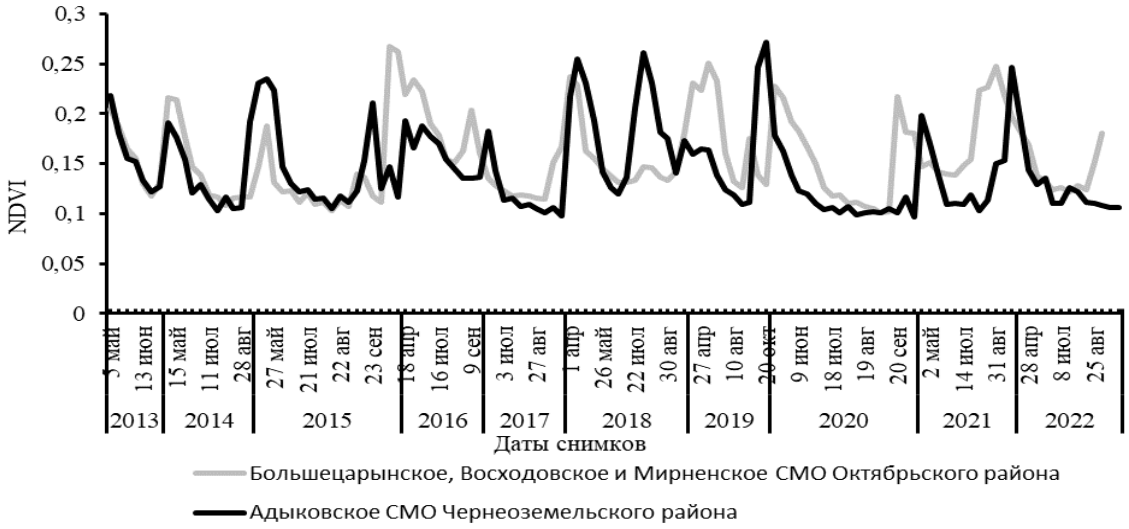


Рис. 1. Динамика средних значений NDVI ключевых участков пастбищных угодий Республики Калмыкия

Результаты полевых исследований показали, что средняя урожайность кормовых естественных угодий в полупустынной зоне республики (ключевые участки Октябрьского р-на) составляет 0,4-0,5 кг/м^2 сухой массы, в пустынно-полупустынной зоне (ключевой участок п. Адык) – 0,15 кг/м^2 сухой массы.

На основе полученных данных в ГИС системах QGIS и SAGA GIS с использованием спутниковых снимков Sentinel 2, Level-2A и вычисленного на их

основе NDVI путем проведения регрессионного кригинга была рассчитана продуктивность пастбищ исследуемых участков. В результате анализа были созданы растровые слои и оформлены для предоставления картографической информации в ГИС проекте. При этом возможно получить данные по продуктивности пастбищ на заданную дату. Для примера на рис. 2 представлены карты продуктивности пастбищных угодий на ключевых участках Октябрьского р-на.

Представленный картографический материал показывает, что в весенний период 2022 г. площадь пастбищ с урожайностью сухой массы более 0,50 кг/м^2 составила 1,407 тыс. га, это около 1 % от исследуемой площади. В осенний период на ключевом участке п. Мирный растительный покров практически весь высох и продуктивность варьировала от 0,14 до 0,08 кг/м^2 сухой массы. Следует отметить, что в I-II декаде сентября 2022 г. на территории п. Восход наблюдались атмосферные осадки, что сказалось на продуктивности пастбищ (0,26-0,32 кг/м^2 сухой массы).

Таким образом, с помощью геоинформационных технологий, анализа данных спутниковых снимков и натурных исследований можно получить оперативную информацию об экологическом состоянии и продуктивности пастбищ. Контроль за состоянием растительного покрова позволяет принимать своевременные меры по сохранению его качества и продуктивности, что, в свою очередь, способствует развитию животноводства и экономики региона в целом.

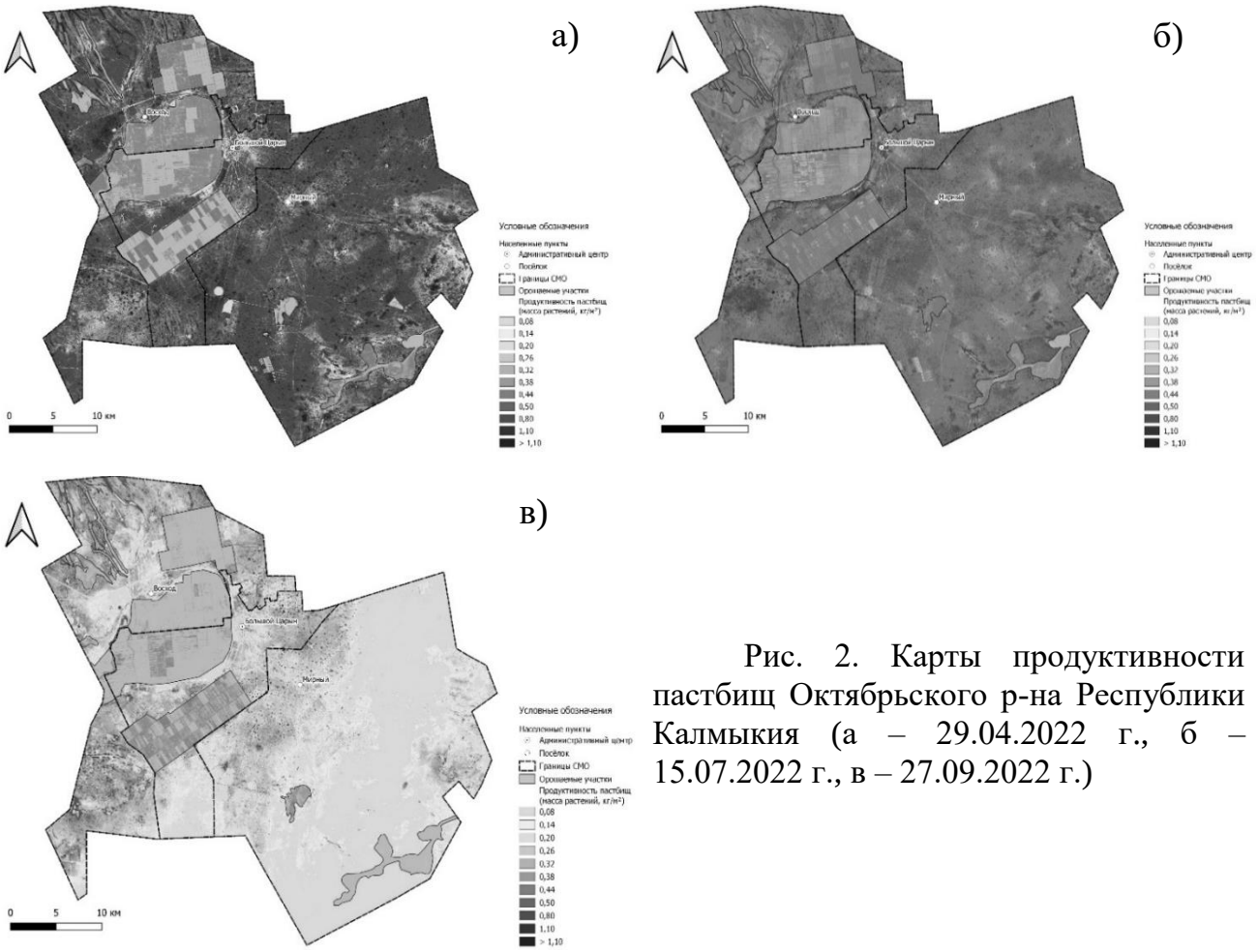


Рис. 2. Карты продуктивности пастбищ Октябрьского р-на Республики Калмыкия (а – 29.04.2022 г., б – 15.07.2022 г., в – 27.09.2022 г.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия / К. Н. Кулик, В. И. Петров, В. Г. Юферев [и др.] // Аридные экосистемы. – 2020. – № 2(83). – Т. 26. – С. 16-24.

2. Дедова, Э. Б. Продуктивность и эколого-мелиоративное состояние пастбищных угодий полупустынной зоны Калмыкии / Э. Б. Дедова, А. А. Дедова // The Scientific Heritage. – 2021. – № 71. – Т. 2. – С. 3-6.

3. Джапова, Р. Р. Динамика пастбищ и сенокосов Калмыкии / Р. Р. Джапова. – Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2008. – 176 с.

4. Ерошенко, Ф. В. Использование данных дистанционного зондирования Земли для оценки состояния и степени деградации естественных пастбищных угодий / Ф. В. Ерошенко, Н. Г. Лапенко, И. Г. Сторчак // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 5(73). – С. 14-17.

5. Маштыков, К. В. Мониторинг пастбищных угодий пустынной зоны Черных земель Калмыкии / К. В. Маштыков // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. – 2017. – № 1(34). – С. 36-45.

6. Dedova, E. B. Land Degradation of the Republic of Kalmykia: Problems and Reclamation Methods / E. B. Dedova, B. A. Goldvarg, N. L. Tsagan-Mandzhiev // Arid Ecosystems. – 2020. – № 2. – Т. 10. – С. 140-147.

7. Geoecological estimate of grassland use in the desert and semi-desert zone of the Republic of Kalmykia// R. M. Shabanov, A. A. Dedov, V. V. Vershinin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciencethis link is disabled. – 2021. – № 867(1). – Pp. 012077.

УДК 528.88

ВОЗМОЖНОСТИ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ БИСЕЗОННОГО ИНДЕКСА ЛЕСА*

С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев

Институт космических исследований РАН, г. Москва, РФ

Данные дистанционного зондирования широко применяются в лесном хозяйстве для мониторинга состояния древостоев. Защитные лесные полосы из-за относительно небольшой ширины требуют использования данных дистанционного зондирования высокого пространственного разрешения. В данной работе представлены возможности картографирования защитных лесных насаждений по данным Sentinel-2 на основе бисезонного индекса леса (BSFI), который рассчитывается как нормализованная разность между минимизированными значениями NDVI летних месяцев и максимальной яркостью в красном канале в зимний период при наличии снежного покрова.

Remote sensing data is widely used in forestry for monitoring the state of forest stands. Protective forest strips, due to their relatively narrow width, require the use of high spatial resolution remote sensing data. This study presents the possibilities of mapping protective forest plantations

*Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения "Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6). Обработка данных ДЗЗ проводилась с использованием ресурсов ЦКП «ИКИ-Мониторинг» [6], развиваемого и поддерживаемого в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 122042500031-8).

using Sentinel-2 data based on the Bi-seasonal Forest Index (BSFI), which is calculated as the normalized difference between the minimized NDVI values in the summer months and the maximum red channel brightness in the winter period with the presence of snow cover.

Защитные лесные насаждения (ЗЛН) играют важную роль в снижении интенсивности водной и ветровой эрозии, повышают плодородие почв, увеличивают урожайность сельскохозяйственных культур, депонируют углерод и способствуют сохранению биоразнообразия. Однако масштаб деградации и опустынивания сельскохозяйственных земель в России и других странах подчеркивает необходимость эффективного мониторинга состояния и управления ЗЛН. Данные дистанционного зондирования широко применяются для мониторинга состояния лесных насаждений [2-4], тем не менее картографирование ЗЛН представляет определенные трудности из-за их относительно небольшой ширины, часто составляющей от 10 до 60 м. Для этого обычно применяют методы экспертного дешифрирования, что требует использования спутниковых изображений сверхвысокого пространственного разрешения, доступность которых ограничена [5, 7, 10]. Несмотря на достижения в технологиях спутникового картографирования лесов в различных областях лесного хозяйства, методы обнаружения и оценки состояния полезащитных лесных полос (ПЗЛП) и других ЗЛН нуждаются в дальнейшем развитии [1].

Одним из относительно простых методов картографирования ПЗЛП является предложенный в 2022 г. бисезонный индекс леса BSFI (Bi-Seasonal Forest Index), который рассчитывается по следующей формуле:

$BSFI = ((NDVI_{min} > 0)*NDVI_{min} – R_{max})/((NDVI_{min} > 0)*NDVI_{min} + R_{max})$,

где NDVI – значения нормализованного разностного вегетационного индекса, минимизированные за летний период, а R – значения коэффициента спектральной яркости в красном канале зимой при наличии снежного покрова [9]. При этом в регионах с неустойчивым снежным покровом для выделения ЗЛН может использоваться только летний минимум NDVI, при этом многолетние данные достаточно точно разделяют ПЗЛП и пахотные земли (рис. 1).

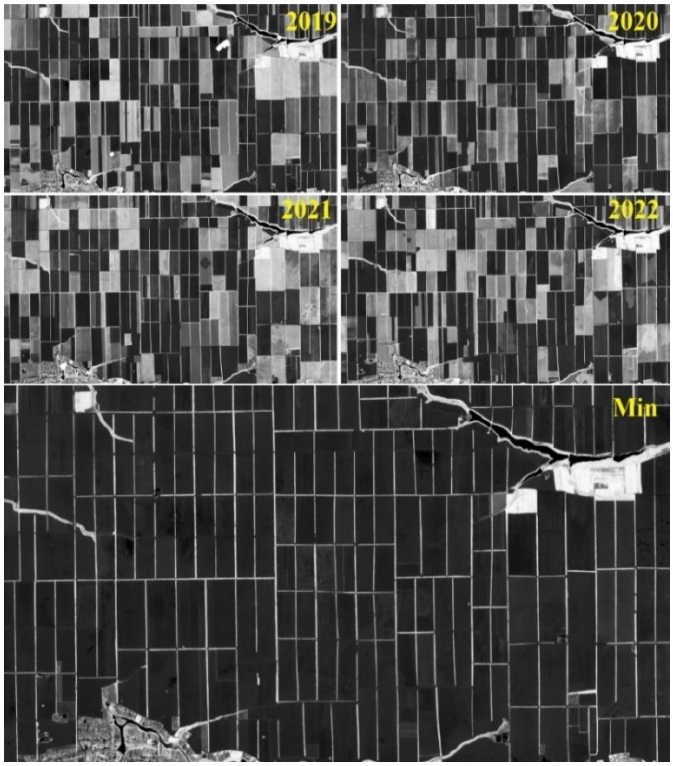


Рис. 1. Пример определения минимизированных значений NDVI за июнь – август 2019-2022 гг. (Краснодарский край)

Сравнительный анализ показал наличие тесной связи получаемых на основе BSFI по данным Sentinel-2 результатов с оценками площади ЗЛН по материалам экс-

пертного дешифрирования детальных спутниковых изображений, характеризуемую коэффициентом корреляции R = 0,99, а также позволил установить величину точности выделения лесов на основе данного индекса на уровне 91 % [9]. Относительная ошибка выделения полезащитных лесных полос в зоне 50 м вокруг границ полей составила 9 %.

Также были проанализированы возможности определения сомкнутости ЗЛН с помощью бисезонного индекса леса BSFI по данным Sentinel 2 и материалов аэрофотосъемки (АФС). На основе анализа плотного облака точек, полученного по материалам АФС, был выделен полог древесно-кустарниковой растительности, после чего значения сомкнутости полога сопоставлены с данными BSFI. Значения индекса BSFI рассчитаны на основе радиометрически нормализованных ежемесячных композитных изображений NDVI (англ. Normalized Difference Vegetation Index — нормализованный разностный вегетационный индекс) за июнь – август и максимального альбедо годовых зимних композитов за период 2019-2022 гг. Установлена регрессионная зависимость BSFI и сомкнутости, коэффициент детерминации которой составил 0,86, а среднеквадратичная ошибка равна 14,5 % [8]. Использование полученных результатов на практике позволит существенно сократить объем наземных обследований ЗЛН для определения их сохранности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выприцкий, А. А. Анализ влияния почвенно-климатических условий на сохранность государственных защитных лесных полос на основе данных Sentinel-2 / А. А. Выприцкий, С. С. Шинкаренко // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2022. – Т. 19, № 5. – С. 147-163. – DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-5-147-163.

2. Жарко, В. О. Исследование возможностей оценки запасов древесины в лесах Приморского края по данным спутниковой системы Proba-V / В. О. Жарко, С. А. Барталев, В. А. Егоров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15, № 1. – С. 157-168. – DOI 10.21046/2070-7401-2018-15-1-157-168.

3. Нарожняя, А. Г. Изучение современного экологического состояния лесных полос с использованием ГИС и ДДЗ / А. Г. Нарожняя, Ю. Г. Чендев // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 54-65. – DOI 10.35595/2414-9179-2020-2-26-54-65.

4. Оценка возможностей определения высоты и проективного покрытия защитных лесных насаждений по данным ICESat-2 / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев, М. А. Богодухов [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2023. – Т. 20, № 2. – С. 174-183. – DOI 10.21046/2070-7401-2023-20-2-174-183.

5. Ткаченко, Н. А. Картографирование защитной лесистости агроландшафтов Волгоградского Заволжья / Н. А. Ткаченко, А. В. Кошелев // Вестник АПК Ставрополья. – 2017. – № 2(26). – С. 137-143.

6. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды / Е. А. Лупян, А. А. Прошин, М. А. Бурцев [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12, № 5. – С. 263-284.

7. Чеплянский, И. Я. Дистанционный мониторинг государственных защитных лесных полос степной зоны европейской части России / И. Я. Чеплянский, Т. Я. Турчин, А. С. Ермолова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2022. – № 3(387). – С. 44-59. – DOI 10.37482/0536-1036-2022-3-44-59.

8. Шинкаренко, С. С. Возможности оценки сомкнутости защитных лесных насаждений на основе бисезонного индекса леса и материалов съёмки БПЛА / С. С. Шинкаренко, С. А. Бар-

талев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2023. – Т. 20, № 1. – С. 189-202. – DOI 10.21046/2070-7401-2023-20-1-189-202. – EDN PGZHRQ.

9. Шинкаренко, С. С. Метод картографирования защитных лесных насаждений на основе разновременных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения и бисезонного индекса леса / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев, А. А. Васильченко // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2022. – Т. 19, № 4. – С. 207-222. – DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-4-207-222.

10. Koshelev, A. V. Decoding of forest belts using satellite images / A. V. Koshelev, N. A. Tkachenko, M. O. Shatrovskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 09-10 сентября 2021 года. – Voronezh, 2021. – P. 012065. – DOI 10.1088/1755-1315/875/1/012065.

УДК 630.226.634.9

МЕТОДОЛОГИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА АГРОЛАНДШАФТОВ

В. Г. Юферев, д. с.-х. н.

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Геоинформационные исследования, основанные на методологии ландшафтного анализа деградации аридных ландшафтных комплексов по временным рядам космоснимков, являются актуальным инструментом определения изменений состояния территорий, требующих особого внимания.

Geoinformation studies based on the methodology of landscape analysis of degradation of arid landscape complexes by time series of satellite images are an actual tool for determining changes in the state of territories that require special attention.

Деградация агроландшафтов в переходных природных зонах (экотонах), обусловлена их неустойчивостью в связи с периодичностью воздействия внешних условий. Наиболее опасное явление – это возникновение и развитие очагов опустынивания, – которое наряду со снижением продуктивности сельхозугодий и ухудшением условий жизни местного населения приводит к изменениям мезоклимата.

В настоящее время отмечается проявление процессов опустынивания ландшафтов в сухостепной и полупустынной зоне на территории Республики Калмыкия, Волгоградской и Астраханской обл., Западного Казахстана. Такие процессы связаны с увеличением площадей, имеющих проективное покрытие менее 10 %, а также увеличением количества открытых, полностью лишенных растительного покрова участков. Это обусловлено в первую очередь климатическими и антропогенными факторами.

Ландшафтный анализ показывает, что относительно молодая морская равнина на исследуемой территории не имеет сформировавшегося слоя почвы, мощность имеющихся горизонтов не превышает 30-40 см, а чаще значительно меньше, гранулометрический состав меняется от тяжелосуглинистого до песков, что позволяет нам отнести имеющиеся ландшафты в класс неустойчивых. В этом случае

любое воздействие, деформирующее почвенный покров, приводит к нарастанию процессов деградации и, в ряде случаев, к опустыниванию территорий. Поэтому решение задачи геоинформационного анализа является актуальным.

В основе разработанной методологии лежит предположение о том, что деградация земель и очаги опустынивания с достаточной детализацией отображаются на космоснимках, а пространственные закономерности изменения состояния почв и проективного покрытия растительностью могут быть описаны временными рядами [1]. Применение ГИС-технологий для обработки и анализа космоснимков, дает возможность определить не только характеристики состояния агроландшафтов, но и установить их положение в пространстве, а также разработать картографические слои распределения очагов деградации.

Выбор объектов исследований осуществляется в соответствии с поставленной задачей – выявление состояния земель и определение основных тенденций изменения ландшафтов в переходных природных зонах юга европейской части РФ, подверженных деградации и опустыниванию.

Ретроспективный ландшафтный анализ в юго-восточной части региона исследований, включающий территории Волгоградского Заволжья, Астраханской обл., Республики Калмыкия и Республики Дагестан, показывает, что относительно молодая морская равнина не имеет сформировавшегося слоя почвы, мощность имеющихся горизонтов не превышает 30-40 см, это позволяет отнести имеющиеся здесь ландшафты в кластер неустойчивых. То есть любое негативное воздействие, на почвенный покров, несомненно, является толчком развитию процессов деградации и в конечном итоге ведет к опустыниванию территорий с увеличением открытых поверхностей.

Оценка деградации ландшафтов основывается на математическом описании процессов изменения экологического состояния с составлением тематических карт по существующим видам и степеням деградации ландшафтов, а также прогнозных карт экологического состояния ландшафтов.

Геоинформационные исследования агроландшафтов обеспечивают создание цифровых картографических слоев деградации земель на основе космоснимков с нормированным размером пикселя, яркости, контрастности и цветового баланса. Нормирование величин тона изображения и пикселя обеспечивает сравнимость результатов расчетов площадей объектов и осуществляется с использованием процедур программного комплекса ENVI по обработке изображений космоснимков.

Прогноз изменений происходящих в ландшафтах при реальной вариации внешних и внутренних факторов, определяющих такие изменения носит вероятностный характер и математически описывает развитие ситуации в зависимости от изменения совокупности наиболее значимых факторов [1]. Математическое моделирование в сочетании с картографическими исследованиями в настоящее время становится одним из основных подходов в количественном описании процессов в агроландшафтах. Математико-картографическая оценка деградации ландшафтов основывается на математическом описании динамических процессов изменения экологического состояния территорий и в картографическом выражении результатов таких описаний с созданием тематических карт по суще-

ствующим видам и степеням деградации агроландшафтов [6], а также прогнозных карт их экологического состояния. Основываясь на разработанных ранее критериях зон экологического состояния (нормы, риска, кризиса и бедствия) [2] для различных видов агроландшафтов ранее были определены динамические критерии зон экологического бедствия. Статические критерии экологического состояния недостаточно полно обеспечивают оценку состояния окружающей среды, так как не отражают динамику процессов. Важно отметить, что существуют природные зоны, находящиеся в состоянии стабильного равновесия и стремящиеся в виду комплекса природных условий сохранить свое состояние. Для таких зон может оказаться достаточно и статической оценки, без учета динамики процессов. Наряду с этим существуют пограничные природные зоны, состояние которых обусловлено изменениями внешних условий, и незначительные изменения внешних факторов приводят к возникновению кризисных и бедственных явлений [4, 7]. Поэтому большой интерес представляют динамические критерии выявления зон экологического бедствия по скорости нарастания неблагоприятных изменений природной среды (уменьшение биологической продуктивности, сокращение биологического разнообразия, расширения площади нарушенных земель и др.), поскольку они имеют прогностическое значение.

Составление прогнозных карт динамики деградации и восстановления экосистем в количественном формате данных с применением нелинейных методов моделирования является одним из важнейших разделов ландшафтных исследований. Сравнение повторных тематических карт изменения состояния ландшафтов позволяет определить тренд и математически его описать, полученные уравнения дают возможность составить прогнозные карты и в режиме моделирования определять состояние агроландшафтов с прогнозом деградации на 20-30 лет вперед.

Прогнозирование изменений сложных пространственно распределенных экосистем основано, в первую очередь, на статистическом изучении и количественной оценке изменений, протекающих в них за определенный период времени, что, в свою очередь, дает возможность определить величину и направление (знак) скорости и ускорения изучаемых процессов, выделить критические направления и обозначить тренд. Для достоверности прогнозирования важно, чтобы данные, положенные в основу математической модели, были как можно точнее. В связи с этим применение таких современных методов получения информации как космосъемка позволяют получить актуальные исходные данные для создания математических моделей.

Для прогнозирования экологического состояния агроландшафтов используется ряд методов составления прогнозов, например экологических рядов, хроноаналогий и др., которые применяются в основном для оценки биоценозов, но недостаточны для изучения динамики процессов деградации на ландшафтном уровне [9]. Поэтому для математического описания таких процессов большое значение имеют методы, учитывающие динамику пространственно-временных четырехмерных процессов (например, кригинга) при использовании статистических методов и регрессионного анализа.

Геоинформационный анализ ландшафтов дает возможность выявить очаги деградации и обеспечить рациональное использование ресурсов для их лик-

видации, или ввести особый режим их использования. При этом на начальном этапе с использованием специализированных программных комплексов (например, QGIS) создается многослойная локальная геоинформационная система, объединяющая растровые, векторные, атрибутивные данные на регион, что дает возможность оперировать геокодированной информацией для создания новых, аналитических слоев.

С использованием распределенных и уникальных баз данных, в среде ГИС создаются слои – обзорная космокарта (космокарта) региона исследований и ландшафтная карта. Предварительный комплексный анализ этих слоев производится для выделения основных условных полигонов, близких по геоморфологическим, морфометрическим или другим признакам. Такой подход при анализе дает возможность определить влияние некоторых приуроченных условий на величину и виды деградации ландшафтов. Обзорная карта используется для выявления географического положения очагов деградации и их площадей, что позволяет перейти к картографированию состояния территории с определением характеристик процессов деградации.

Источниками аэрокосмической информации являются космоснимки, получаемые со спутников "Sentinel 2", "Worldview 3,", "GeoEye", "Ikonos", "Landsat-7, 8, 9", "Канопус В" и архивные аэрофотоснимки ФНЦ агроэкологии РАН. Компьютерная корректировка и трансформация отобранных для анализа снимков осуществляется для повышения качества разрабатываемых карт и заключается в коррекции яркости, контрастности и цветовых параметров снимков и их геометрических характеристик для обеспечения сравнимости результатов дешифрирования. При необходимости выполняется ортотрансформирование.

Следующий этап – создание слоев, крупномасштабных тематических космокарт региона исследований.

На этом этапе подбираются архивные разновременные снимки, обеспечивающие возможность анализа, и заказываются новые. Такие снимки должны содержать полное изображение региона исследований с минимальными, по возможности, искажениями.

Для обеспечения сравнимости результатов дешифрирования разновременные снимки должны быть приурочены к одному, определенному периоду. Выбор периода зависит от поставленной задачи и соответствует принципу значимости происходящих изменений. Консервативные структуры ландшафта, например, рельеф, могут исследоваться с периодом от одного до 10 лет и более, а динамичные (растительность, подвижные пески) с периодом 1-3 месяца, опять же в зависимости от поставленной задачи.

Для выявления изменения состояния ландшафтов в рассматриваемом регионе, а также вида, уровня, направления и масштаба деградации необходимо использовать ежегодное обследование, а время съемки - конец мая, начало июня - до иссушения травянистого покрова.

Далее на основе скорректированных снимков создаются геоинформационные слои – космокарты по периодам исследований.

С использованием космокарт определяются зоны, непосредственно относящиеся к предмету исследования, а другие зоны удаляются (например, гидро-

сеть) и создаются новые геоинформационные слои – анализируемые компоненты агроландшафтов.

В зависимости от цели исследований зоны деградации могут быть разделены по видам (например, дефляция, водная эрозия, засоление и др.) или рассмотрены в целом, когда определяется общее состояния ландшафта.

Одним из опаснейших процессов деградации земель на юго-востоке России является деградация в условиях аридного климата, то есть опустынивание территорий, сопровождающееся в определенных случаях образованием очагов открытых подвижных песков.

Для естественных ландшафтов, где состав травянистого покрытия определен местными природными и климатическими условиями и относительно стабилен, основным признаком деградации будет являться уменьшение проективного покрытия. В связи с этим основным дешифровочным признаком деградации выступает проективное покрытие травянистой растительностью. Дополнительным дешифровочным признаком может служить рисунок изображения.

Этап анализа разновременных картографических слоев заключается в вычислении площадей деградированных участков ландшафта и создании их картографических контуров в среде геоинформационных программ (например, QGIS). Полученные результаты сохраняются в виде электронных таблиц, атрибутики и геоинформационных картографических слоев.

Математико-картографический этап заключается в проведении статистического исследования полученных данных. При этом ряды полученных данных сопоставляются с временными рядами, с климатическими данными и другими факторами, влияющими на величину деградации. Выявляются корреляционные связи, уточняется вариабельность и проводится регрессионный анализ, что в итоге позволяет судить о тесноте связей и наличии действующих закономерностей.

Оценка деградации ландшафтов основывается на математическом и пространственном описании процессов изменения экологического состояния с составлением тематических карт по существующим видам и уровням деградации ландшафтов, а также прогнозных карт экологического состояния ландшафтов.

Наиболее значимым фактором, определяющим динамику опустынивания ландшафтов, является интенсивность выпаса скота, особенно овец, увеличение которой приводит к увеличению нагрузки на пастбищные ландшафты.

Важным является определение зон устойчивого многолетнего опустынивания, зон с переходными процессами, динамики опустынивания и деградации в рассматриваемых ландшафтах. При этом важно определить не только изменение общей площади опустыненных земель, но и величину и количество очагов опустынивания, которые представляют собой участки поверхности с проективным травянистым покрытием менее 10 % от зональной нормы.

Для исследования динамики опустынивания территория условно делится на несколько полигонов, выбор которых обусловлен особенностями ландшафта, почв, количеством очагов опустынивания и их общей площадью [5].

Каждый полигон исследуется с использованием оригинальной геоинформационной технологии для определения и описания очагов опустынивания и деградации [3, 10] и запатентованного способа определения состояния пастбищ, подверженных деградации [8].

Классификацию очагов принимаем по 4 классам площади [5]: 1-10,10-100, 100-1000 и более 1000 га.

Полевые исследования проводятся на очагах опустынивания, с оценкой проективного покрытия, фитоценозов и почвенных условий, по результатам которых разрабатываются полевые фотоэталоны ландшафтных участков с различными уровнями деградации и опустынивания. Дешифрирование состояния основных фитоценозов, отображаемых на космоснимках, проводится на основании результатов полевого эталонирования.

Наблюдения за состоянием растительного покрова, используемого в качестве пастбищ и сенокосов в степной, полупустынной и пустынной зонах в пределах разных стран, в т. ч. на территории юго-востока РФ, дают основание считать, что при рациональной организации использования растительности продуктивность ее сохраняется, а при нерациональной (перегрузка пастбищ, нарушение сезонности выпаса) происходит ее деградация и, как следствие, опустынивание.

Причинами изменения потенциала растительности являются климатические изменения (для аридных и субгумидных условий это изменения степени увлажнения) и уровень антропогенного воздействия. Среди антропогенных причин деградации растительного покрова традиционно называют перевыпас скота и недостатки в организации земледелия. Перевыпас снижает продуктивность пастбищных угодий за счет изменения видового состава травостоя, выпадения ценных кормовых трав и замены их сорными растениями, а при очень сильном воздействии происходит сокращение проективного покрытия травяного покрова, повышающего дефляционную стойкость грунтов.

Оценка состояния растительности пастбищных ландшафтов проводится по значениям индекса NDVI – нормализованного относительного вегетативного индекса – простого количественного показателя состояния фотосинтезирующей фитомассы. Этот индекс является одним из самых распространенных и используемых для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова. Для расчета NDVI используются ближний инфракрасный и красный каналы спутников. Использование нормализованной разности между показателями повышает точность измерений за счет снижения влияния освещенности снимков, атмосферных явлений (облака, дымка и т.п.).

Для разреженной растительности нормальное значение NDVI лежит в интервале от 0,3 до 0,5. Значения NDVI меньше нуля принимают антропогенные объекты (дороги, строения и т.п.), тени от облаков, вода, оголенная почва. Точки в пределах полигона имеют нормальное распределение или близкое к нормальному распределению по значению NDVI, поэтому для анализа могут применяться различные статистические показатели.

Итак, можно сделать выводы. Полученные результаты исследований с использованием методологии их геоинформационного анализа обеспечивают картографирование актуального состояния почв и растительного покрова агроландшафтов, полученные данные как составная часть банка данных тематической ГИС, позволяют оценить и прогнозировать темпы восстановительной динамики в разных условиях. Разработанные картографические слои ГИС факти-

чески являются пространственными моделями, отражающими разнообразие исследуемой территории, и могут служить для решения как хозяйственных, так и широкого спектра экологических задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арманд, Д. Л. Наука о ландшафте / Д. Л. Арманд. – М., 1975. –288с.

2. Виноградов, Б. В. Основы ландшафтной экологии / Б. В. Виноградов. – М.: ГЕОС, 1988. – 418 с.

3. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации / К. Н. Кулик, А. С. Рулев, В. Г. Юферев [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. – 102 с.

4. Исаченко, А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / А. Г. Исаченко. – М., 1991. – 366 с.

5. Картографирование зон экологического неблагополучия по динамическим критериям / Б. В. Виноградов, К. Н. Кулик, А. Д. Сорокин [и др.]. // Экология. – 1988. – № 4. – С. 243-251.

6. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель" Письмо Роскомзема от 29.07.1994 N 3-14-2/1139, 11 с.

7. Методические указания по дистанционному эколого-экономическому моделированию аридных пастбищ на основе ГИС-технологий / К. Н. Кулик, А. С. Рулев, В. Г. Юферев [и др.]. – М.: РАСХН, 2009. – 38 с.

8. Пат. RU № 2327107 C1 Российская Федерация, МПК G01C 11/00. Способ определения состояния пастбищ, подверженных деградации / Юферев В. Г., Кулик К. Н., Рулев А. С., Бакурова К. Б.; заявитель ГНУ ВНИАЛМИ Россельхозакадемии. – №2006112379/28; заявл. 13. 04. 2006; опубл. 20.06.2008, Бюл. № 17; приоритет от 13.04.2008. – 3 с.

9. Рулев, А. С. Методология геоинформационного моделирования / А. С. Рулев, В. Г. Юферев, М. В. Юферев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – М., 2011. – № 5. – С. 5-6.

10. Юферев, В. Г. Дистанционный моделирование состояния и динамики агроландшафтов / В. Г. Юферев // Земледелие. – 2007. – № 3. – С. 8-9.

7. СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ, СЕМЕНОВОДСТВО И ПИТОМНИКОВОДСТВО: МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

УДК 674.031.657.25

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ДЖУЗГУНА БЕЗЛИСТНОГО ДЛЯ МЕЛИОРАЦИИ АРИДНЫХ ПАСБИЩ

С. Ю. Андреев, М. А. Саварцов

Северо-Кавказский филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», с. Ачикулак, РФ

Аридные пастбища, на долю которых приходится 50-75 % природных кормовых угодий страны, являются уникальной природной территорией РФ. Однако более половины их площади, которая сосредоточена в Прикаспийском регионе, в той или иной степени деградирована.

В этих условиях поддержание экологического равновесия, продуктивного потенциала пастбищных экосистем и восстановление их биоразнообразия достигается за счет выполнения комплекса фитомелиоративных работ. Изучение технологии выращивания сеянцев и саженцев джузгуна в больших объёмах, является важной задачей и позволяет получить данные о возможностях получения адаптированного к условиям производства работ посадочного материала в максимальных количествах с единицы площади в течение вегетационного периода.

Arid pastures, which account for 50-75 % of the country's natural forage lands, are a unique natural territory of the Russian Federation. However, more than half of their area, which is concentrated in the Caspian region, is degraded to one degree or another.

In these conditions, maintaining ecological balance, the productive potential of pasture ecosystems and their restoration biodiversity is achieved through the implementation of a complex of phytomeliorative works. Studying the technology of growing juzgun seedlings and seedlings in large volumes is an important task and allows us to obtain data on the possibilities of obtaining planting material adapted to the production conditions in maximum quantities per unit area during the growing season.

Повышение кормовой емкости пастбищ, восстановление опустыненных угодий и улучшение деградированных пастбищ в современных условиях может достигаться путем создания защитных насаждений саженцами джузгуна безлистного.

В практической деятельности из многих видов древесной и кустарниковой растительности в лесомелиорации аридных пастбищ наибольшее значение при закреплении развеваемых песков, восстановлении пастбищных угодий и создании мелиоративно-кормовых насаждений имеет джузгун безлистный.

Наибольший эффект приносит использование для этих целей крупномерного посадочного материала саженцев с открытой корневой системой.

Технология выращивания саженцев с открытой корневой системой мало отработана, методика получения такого посадочного материала до конца не изучена, научных данных недостаточно, а имеющаяся информация неактуальна.

Цель исследований – разработать агротехнические приемы и технологические операции по выращиванию в лесном питомнике посадочного материала джузгуна безлистного из семян до высоты надземной части 1,0-1,5 м.

Объект исследования – технология выращивания джузгуна безлистного, максимально приближенная к реальной практике и теоретическим разработкам по выращиванию крупномерных (высота надземной части 1,0-1,5 м) сеянцев джузгуна безлистного с выходом более 500 тыс. штук с одного гектара.

Работы проводились в посевном отделении питомника СКФ ФНЦ агроэкологии РАН (кв. 69, выд. 20) на площади 0,33 га.

Основными задачами стали:

- исследование способов подготовки семян к посеву;
- выверка сроков посева семян;
- определение оптимальных норм высева семян и густоты стояния сеянцев;
- изучение рациональных схем посева семян в питомниках;
- изучение влияния минеральных удобрений на рост и развитие сеянцев;

Данное научное исследование заключается в выявлении основных технологических приемов выращивания сеянцев джузгуна безлистного.

С учетом полученных данных в производственных условиях в течение одного года доказаны получение крупномерных и высокорослых малостебельчатых сеянцев и перспективность их использования в лесомелиорации аридных пастбищ.

Практическая цель исследований заключается в том, что предложенные производству научно обоснованные технологические нормативы позволят организовать специализированную питомническую базу, ориентированную на производство высококачественного посадочного материала для лесомелиорации аридных пастбищ. Данное исследование даст возможность приступить к организации и развитию широкомасштабных фитомелиоративных работ на опустыненных и деградированных угодьях.

Экономическая целесообразность возделывания джузгуна безлистного заключается в достижении результатов увеличения выхода посадочного материала с единицы площади, применении механизированных уходов в межстрочных пространствах посевов.

Вследствие этого предприятие экономит затраты на каждый гектар посевов. В соответствии с использованием предлагаемых технологий производство получает стандартный посадочный материал, пригодный для лесомелиорации пастбищ, достигается увеличение выхода посевного материала.

Результатом проведенных исследований (технологии выращивания сеянцев джузгуна безлистного) станет получение данных о возможностях выращивания посадочного материала в промышленных масштабах для нужд фитомелиорации.

Объектом и материалом исследований служили семена культуры джузгуна безлистного (*Calligonum aphyllum*), собранные в июне 2022 г. в лесном фонде филиала (кв. 67, выд. 12, 14).

Исследование проводилось по следующим направлениям:

- выявление оптимальных способов подготовки к посеву семян джузгуна безлистного;
- обоснование оптимальных схем посева, сроков и норм высева семян;
- исследование влияния минеральных удобрений на рост и развитие сеянцев джузгуна безлистного;

Указанные исследования выполнялись с учетом фитоэкологических особенностей территории, как объекта лесомелиорации.

Оптимальные способы подготовки семян к посеву согласно методике исследований, заключались в определении влияния фундгицида на рост и развитие сеянцев. В качестве фундгицида был взят препарат «Фитолавин». Испытания проводились в лаборатории. Этим препаратом семена были обработаны после замачивания в проточной воде в течение 168 часов. Обработка семян «Фитолавином» была проведена в связи с нахождением в почвенном слое неблагоприятных бактерией, которые способствуют развитию болезней.

Полевой опыт по определению оптимальной нормы высева был поставлен с учетом действующих в производстве норм высева семян и схем посева. Сроки посева были приурочены по времени к массовым посевам в производстве [1].

Были проведены посевы осенью (8-12 ноября 2022 г.) и весной (28-30 апреля 2023 г.). Учет результатов проводился методом вычисления средней величины и статистики вариационного ряда методом сумм [2]. Обработка результатов по годам осуществлена методом многофакторного дисперсионного анализа [6, 7].

Определение влияния минеральных удобрений на рост и развитие сеянцев проводилось по "Методическим указаниям по проведению производственных опытов с удобрениями в лесных питомниках", разработанных Центральной производственной лабораторией селекционного семеноводства и химизации Министерства лесного хозяйства РСФСР с учетом рекомендаций Б. А. Доспехова [2]. Опыт с минеральными удобрениями проводился по девяти вариантам и в четырех повторностях. Опыты ставились в производственных условиях и на тех же полях массового посева. Обработка результатов опыта выполнялась по методу трехфакторного дисперсионного анализа по Р. А. Фишеру и Г. Шеффе [6, 7].

Среднегодовое количество осадков колеблется в пределах 250-300 мм. Причем осадки по месяцам и периодам распределяются неравномерно. Большее количество осадков выпадает в первой половине лета, часто в виде ливней, но летние осадки играют очень незначительную роль в водоснабжении древесных насаждений и травостоев. Выпавшие осадки осенью вместе с летними составляют 65 % от годового количества. Зимой и весной количество их резко снижается (35 %), что указывает на малоснежные зимы и незначительное пополнение почвенно-грунтовых вод за счет зимних осадков. Преобладающими ветрами являются восточные и юго-восточные, зимой холодные, а летом – сухие, знойные. Скорость и сила ветра порою достигают 20 м/сек и выше. Испарение с открытой водной поверхности в 3-5 раз превосходит количество выпадающих осадков в летний период. Бажиганские пески имеют желтоватую окраску, карбонатные, мелкозернистые с величиной основных частиц 0,25-0,05 мм до 6-70 %. Предельная полевая влагоемкость этих песков составляет 6-8 %, коэффициент завядания в среднем 2-3 %.

Погодные условия отличаются высокой теплообеспеченностью в период активной вегетации – сумма температур выше +10 °С составляет 3400-4000 °С. Продолжительность безморозного периода составляет 170-190 дней. Среднемесячная температура воздуха в течение всего вегетационного периода во время исследований была выше на +1…+2 °С в феврале, марте; на +2 °С больше в апреле; на +2 °С в мае, на +3 °С в июне, на +1,2 °С в июле, на +7,8 °С в августе. На рост и развитие растений в аридной зоне оказывают влияние атмосферные осадки. При среднемноголетней норме осадков – 240-320 мм за прошедший период (ноябрь 2022 г. – август 2023 г.) выпало 153,7 мм осадков, что на 102 мм меньше среднемноголетних показаний. Текущий период был засушливым с ноября по февраль. В мае, июне выпали ливневые осадки в 1,5 раза больше нормы. В августе осадков не было.

В результате работ было выполнено:

1. Выявление оптимальных способов подготовки к посеву семян джузгуна безлистного.

Из множества способов предпосевной подготовки семян нами испытан в качестве стимулятора роста препарат «Фитолавин». В результате исследований было выявлено его влияние на рост сеянцев в высоту, на диаметр у корневой шейки, накопление органической массы и выход сеянцев с единицы площади. Было доказано, что при осенних посевах джузгуна безлистного применение стимулятора роста не имеет смысла (в лабораторных условиях семена не проросли) [5].

2. Обоснование схем и норм высева семян

В результате проведенных опытов выявлена зависимость роста сеянцев джузгуна безлистного в высоту, диаметра, накоплении органической массы, выхода сеянцев с единицы площади и длины корневой системы от нормы высева семян. Если следовать поставленной цели для джузгуна безлистного: достижения максимальной высоты надземной части, выхода сеянцев с единицы площади при диаметре корневой шейки, отвечающей механизированной посадке, то из результатов дисперсионного анализа и машинной обработки множества проведенных замеров, можно заключить, что при увеличении нормы высева семян достигается наибольшая высота надземной части и максимальный выход сеянцев с единицы площади, но требования стандарта к диаметру корневой шейки вес же заставляют нас рекомендовать норму высева в пределах 13-14,2 г/п.м посевной строки [4].

Сделан вывод, что увеличение нормы высева на 30 % будет способствовать повышению выхода стандартных сеянцев более, чем на 35 %.

Общие результаты применения в производстве множества схем посева нами испытаны при проведении опытов по следующим схемам посева:

20-20-20-70 при строчном посеве;

15-100-15-100 при ленточном посеве.

Данные схемы посева наиболее полно обеспечивают максимальную механизацию технологических процессов и особенности выращивания исследуемых пород [3].

3. Исследование влияния минеральных удобрений на рост и развитие сеянцев джузгуна безлистного.

Опыты по изучению влияния минеральных удобрений, проводились в течение одного года на посевах джузгуна безлистного и доказали отрицательное влияние минеральных удобрений на рост и развитие сеянцев исследуемых пород. На первый взгляд это парадоксально. Однако необходимо обратить внимание на то, что мы имеем дело с пустынными растениями.

Результаты опытов дают за год исследований ухудшение роста и развития сеянцев по всем удобрениям во всех параметрах, и это закономерно, так как почвенно-климатические условия места проведения эксперимента намного лучше естественных условий произрастания исследуемых пород. Удобрения повышают концентрацию почвенного раствора, что становится токсичным для этих пород. Дисперсионный анализ данных результатов исследований подтвердил достоверность исследований. Снижение показателей при применении удобрений произошло по всем параметрам по сравнению с контролем (без применения удобрений).

Для наглядности проанализируем влияние минеральных удобрений в опыте по одному году исследований (таблица).

Таблица

Влияние конкретных доз удобрений на рост и развитие джузгуна безлистного

Номер варианта	Вариант опыта			Вносимые изменения			Снижение выхода сеянцев, %
	N	P	K	N	P	K	
2	60	-	-	+60	-	-	9
3	60	80	-	-	+80	-	9
4	60	-	60	-	-	+60	9
5	60	80	40	-	+80	–20	12
6	60	80	60	-	-	+20	33
7	60	80	80	-	-	+40	33
8	60	120	60	-	+40	+20	36
9	60	120	60	-	+80	+20	42

Из данных таблицы видно, что при внесении только 60 кг азота (в расчете на 1 га) выход сеянцев снижается на 9 %. Добавление к нему 80 кг фосфора (вариант 3) или 60 кг калия (вариант 4) результата не меняло. Отметим, что в первой группе (вариант 2-4) из трех вариантов общее количество удобрений не превышало 140 кг.

Во второй группе (вариант 5-7) общее количество вносимых удобрений составило 180-220 кг, а варианты отличались лишь увеличением дозы калия. При внесении 60 кг азота и 80 кг фосфора (вариант 3) снижение выхода составило 9%. Добавление 40 кг калия вызвало снижение до 12 %, добавление 60 кг и 80 кг калия, т. е увеличение его лишь на 20-40 кг (вариант 6, 7) влекло снижение на 33 %. Теперь сравним влияние фосфора. За отправную точку возьмем вариант 4, где было внесено 60 кг азота и 60 кг калия (снижение на 9 %). Добавление 80 кг фосфора (вариант 6) вызывало снижение выхода на 33 %. Увеличение фосфора на 40 кг (вариант 8) влекло снижение на 36 %, а на 80 кг (вариант 9) уже на 42 %.

Отрицательное влияние удобрений объясняется повышением концентрации почвенного раствора, так как явно прослеживается ухудшение состояния растений по мере увеличения количества вносимых удобрений. Снижение выхода сеянцев с единицы площади вызвано тем, что удобрения препятствовали прорастанию семян, или вызывали гибель проростков еще в почве, так как отпада за вегетационный период не наблюдалось.

В результате проведенных исследований сделаны следующие основные выводы:

1. Препарат «Фитолавин» является фунгицидом, применяемым для борьбы с болезнями сельскохозяйственных культур, вызываемых фитопатогенными бактериями и грибами.

2. Предпосевная обработка семян способствует полной реализации жизнеспособности семян, увеличивает выход сеянцев, улучшает их рост в высоту и по диаметру, способствует накоплению органической массы.

3. Увеличение нормы высева семян влечет вытягивание сеянцев в высоту, снижение величины диаметра корневой шейки и массы среднего сеянца. При уменьшении нормы высева, наоборот, высота сеянцев снижается, а диаметр увеличивается.

4. Увеличение нормы высева на 20 % обеспечило увеличение выхода сеянцев на 18-32 % и не привело к снижению показателей высоты и диаметра сеянцев ниже требований стандарта.

5. Минеральные удобрения в описанных условиях опустынивания ухудшили рост сеянцев джузгуна безлистного в высоту и по диаметру, снизили углубление корней, выход сеянцев с единицы учетной площади и накопление органической массы.

6. Отрицательное влияние удобрений объясняется повышением концентрации почвенного раствора, так как явно прослеживается ухудшение состояния растений по мере увеличения количества вносимых удобрений.

7. Снижение выхода сеянцев с единицы учетной площади вызвано тем, что удобрения препятствовали прорастанию семян, или вызывали гибель проростков еще в почве, так как отпада вышедших на поверхность сеянцев не наблюдалось.

8. Семена джузгуна безлистного можно высевать по срокам, как осенью, так и весной, существенной разницы на выход сеянцев они не оказывают. При использовании весеннего посева необходимо произвести замачивание семян и обработку противобактериальными препаратами. При весеннем посеве для получения более дружных всходов, необходимо также организовать прикатывание посевов, а также полив в течение первого месяца три, четыре раза. Посевы, проведенные осенью, требуют дополнительных уходных работ в апреле, мае, июне в период массового появления сорняков.

Предлагаем при выращивании сеянцев джузгуна безлистного использовать:

- разработанную технологию выращивания посадочного материала джузгуна безлистного;

- при выращивании джузгуна безлистного применение минеральных удобрений в питомниках с почвами, гумусированность которых выше 1 %, не целесообразно;

-оптимальной нормой высева сочитать:14,2 г/п.м;

-схема посева 20-20-20-70; 15-100-15;

- сроки посевов семян существенной разницы на выход сеянцев не оказывают. При весеннем посеве необходимы более тщательные подготовительные (замачивание семян) и уходные (полив посевов) работы.

- при использовании данной технологии выращивания, можно получить 480-550 тысяч крупномерных сеянцев джузгуна безлистного с одного гектара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронина, В. П. Фитоэкологическая оценка Черноземельских пастбищ, агроэкологические проблемы Российского Прикаспия / В. П. Воронина. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1994. – С. 167-177.

2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1968. – 336 с.

3. Коваль, И. П. Особенности выращивания посадочного материала для защитных насаждений / И. П. Коваль // Экологические проблемы горных лесов Северного Кавказа: сб. науч. тр. – М.: ВНИИЛМ, 1990. – С. 124.

4. Пивоваров, А. П. Опыт выращивания сеянцев джузгуна безлистного и терескена серого в питомниках Ставропольского края / А. П. Пивоваров // Защитное лесоразведение на Северном Кавказе: сб. науч. ст. – Новочеркасск, 1990. – С. 70.

5. Технология выращивания сеянцев джузгуна безлистного и терескена серого / А. П. Пивоваров [и др.] // Практические рекомендации. – Ставрополь, 1995. – 12 с.

6. Фишер, Р. А. Статистические методы для исследователей / Р. А. Фишер. – М.: Госстатиздат,, 1958. – 267 с

7. Шеффе, Г. Дисперсионный анализ / Г. Шеффе. – М.: Физматгиз, 1963. – 626 с.

УДК 634.0.232.31

ВЫРАЩИВАНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КАЗАХСТАНЕ

С. А. Кабанова[1], к. б. н.; **Е. П. Вибе**[1], к. с.-х. н.; **М. Н. Кабанов**[2]; **В. А. Борцов**[1]; **А. Н. Кабанов**[1]; **М. А. Данченко**[2], к. г. н.; **И. С. Кочегаров**[1]; **П. Ф. Шахматов**[1]

[1]*ТОО «Казахский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. А. Н. Букейхана»,* г. Щучинск, Казахстан

[2]*Биологический институт Томский государственный университет,* г. Томск, РФ

На увеличение грунтовой всхожести семян и роста сеянцев сосны обыкновенной влияет предпосевная обработка семян и всходов стимуляторами, внесение удобрений. Использование укрывного материала совместно с минеральными удобрениями и ростовыми веществами значительно улучшает рост сеянцев, особенно в холодный и дождливый вегетационный период.

The increase in soil germination of seeds and the growth of seedlings of scots pine is affected by pre-sowing treatment of seeds and seedlings with stimulants, fertilization. The use of covering material together with mineral fertilizers and growth substances significantly improves the growth of seedlings, especially during the cold and rainy growing season.

В Казахстане проведены исследования по предпосевной обработке семян и выращиванию посадочного материала сосны обыкновенной с использованием удобрений и стимуляторов роста. Объектами исследований являлись лесные питомники в Павлодарской (ГЛПР «Ертіс орманы»), Акмолинской (КГУ «УЛХ «Букпа» и Ф «СР» РГКП «РЛССЦ»), Северо-Казахстанской (КГУ Арыкбалыкский филиал ГНПП «Кокшетау») обл.

В посевах одно- и двухлетних сеянцев сосны обыкновенной в лесных питомниках различных почвенно-климатических зон заложены пробные площади. Изучение встречаемости и роста сеянцев проводилось осенью после окончания роста растений по общепринятым методикам [4, 5]. Было проведено предпосевное замачивание семян в стимуляторах Байкале [1], Цирконе [3] и Гумате +7 микроэлементов. Кроме того, в почву были внесены различные ростовые вещества: Фертика (бывшее название Кемира-универсал) [6], карбамид, суперфосфат, борная кислота, полив почвы перед посевом семян проводился ЕМ Еко KZ Культуры казахстанского производства, активатором почвы ЭридГроу, Трихоцином, Цитовитом, Триходермой вериде, Фитоспорином. Кроме того, испытывалось выращивание сеянцев в закрытом грунте. Для этого были сделаны деревянные короба высокой 20 см и закрытые Агротексом.

Особенности распространенности болезней изучались в питомниках с использованием стандартных методов лесопатологического и фитопатологического обследований [2].

В данной статье приведены итоги только тех опытов, в которых получены положительные результаты. Выявлено, что качество семян, грунтовая всхожесть, рост и состояние однолетних сеянцев зависит в т. ч. от региона расположения питомника и его почвенно-климатических условий, а также от погодных особенностей года проведения опытных работ. При равных факторах (вариантах опытов) значительно различается высота сеянцев по регионам и годам наблюдений. Кроме того, наблюдается завышение нормы высева семян сосны обыкновенной, что снижает быстроту роста сеянцев.

Предпосевное замачивание семян сосны обыкновенной в стимуляторах положительно сказалось на увеличении их грунтовой всхожести и встречаемости сеянцев на единице площади, особенно при замачивании семян в Байкале (1,5 час) и Гумате +7 (12 час). Причем, встречаемость в опыте с использованием только стимуляторов составила 85,1 шт./пог. м, с замачиванием семян в стимуляторах совместно с Трихоцином – 76,2 шт./пог. м, тогда как в других опытах данный показатель изменялся от 58,8 до 68,5 шт./пог. м. Из указанных значений видно, что полученное число сеянцев на 1 пог. м позволит получить достаточное количество посадочного материала с единицы площади (рис. 1).

На основании сравнения показателей роста однолетних сеянцев в закрытом и открытом грунте в трех регионах Казахстана выявлено, что использование укрывного материала совместно с минеральными удобрениями и ростовыми веществами значительно улучшает рост по высоте, длине корней и стволиков и их массе, особенно в холодный и дождливый вегетационный период. В питомнике «Ертіс орманы» применение укрывного материала и ростовых веществ ЕМ Еко KZ Культуры и ЭридГроу в 2018 г. позволило получить 33,3-68,6 % стандартных

однолетних сеянцев. Варианты опытов достоверно различались между собой и с контролем ($t = 1{,}987 > t_{факт.}$), что говорит о влиянии применения укрывного материала на рост сеянцев.

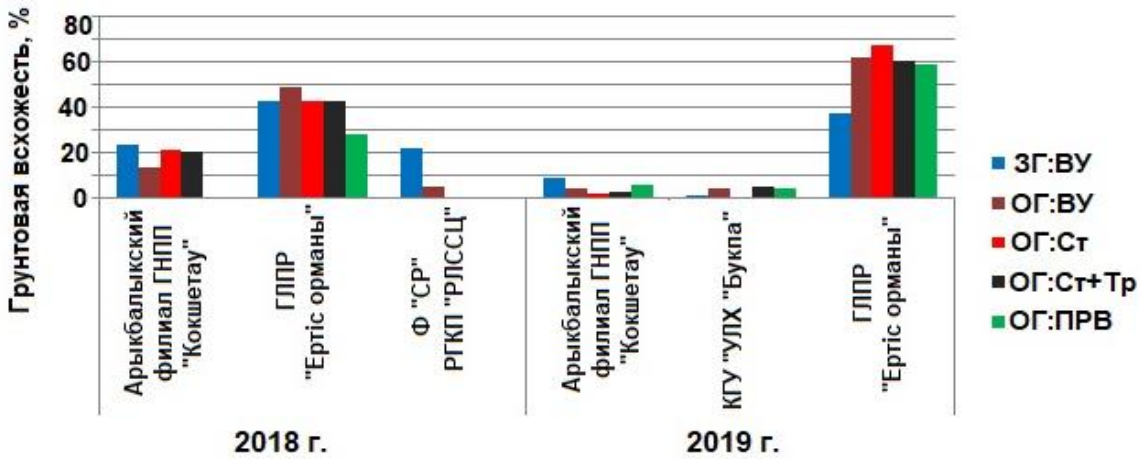


Рис. 1. Грунтовая всхожесть (%) семян сосны обыкновенной по регионам (ОГ – открытый грунт, ЗК – закрытый грунт, Ст – предпосевная обработка семян стимуляторами, Ст+Тр – предпосевная обработка семян стимуляторами и Трихоцином, ВУ – внесение удобрений, ПРВ – полив почвы ростовыми веществами)

Предпосевная обработка стимуляторами и фунгицидом Трихоцином положительно воздействовала на всхожесть семян и рост однолетних сеянцев сосны обыкновенной. Все варианты опытов по данному признаку превышали контрольные посевы на 40-60 %. Лучшими вариантами была предпосевная обработка семян Байкалом в течение 1 часа, Цирконом (3 и 6 час) и Гуматом +7 микроэлементов (6-12 час). После замачивания семян в стимуляторах их помещали в раствор Трихоцина еще на 2 часа. Данная обработка семян влияла не только на уменьшение патогенных организмов, но и на ускорение роста сеянцев.

Наибольший отклик во всех изученных питомниках дает применение азотных и фосфорных удобрений, так как в почве имеется их острая нехватка. Также хорошие результаты получены при внесении ЕМ Еко KZ Культуры, поливе почвы активатором ЭридГроу и борной кислотой. Результаты бутстреп-анализа выявили, что влияние стимуляторов и ростовых веществ имеет пролонгированный характер. Наилучшие результаты в течение трех лет наблюдений показали варианты опыта с Гуматом +7 микроэлементов и ЭридГроу. Через год после обработки ЭридГроу показал прирост высоты сеянцев на 14,1 %, через два года на 37,2 %, Гумат +7 микроэлементов – на 20,2 и 30,4 % соответственно.

Корреляционные связи между погодными условиями и ростом однолетних сеянцев выявили тесную зависимость между высотой и массой однолетних сеянцев и количеством выпавших осадков за вегетационный период (R = –0,86-0,95). Несмотря на регулярный полив в лесных питомниках, некоторые показатели роста сеянцев очень зависимы от суммы выпавших осадков за время вегетационного периода, а повышение температуры воздуха положительно влияет на быстроту их роста.

По результатам наблюдений за развитием болезней выявлено, что одним из распространенных заболеваний сосны обыкновенной является инфекционное полегание однолетних сеянцев. Исследования показали, что данное заболевание встречается в питомниках ежегодно. Наименьшая распространенность полегания наблюдалось на питомнике ГЛПР «Ертіс орманы», наибольшая – КГУ «ЛХ Есильское» (рис. 2).

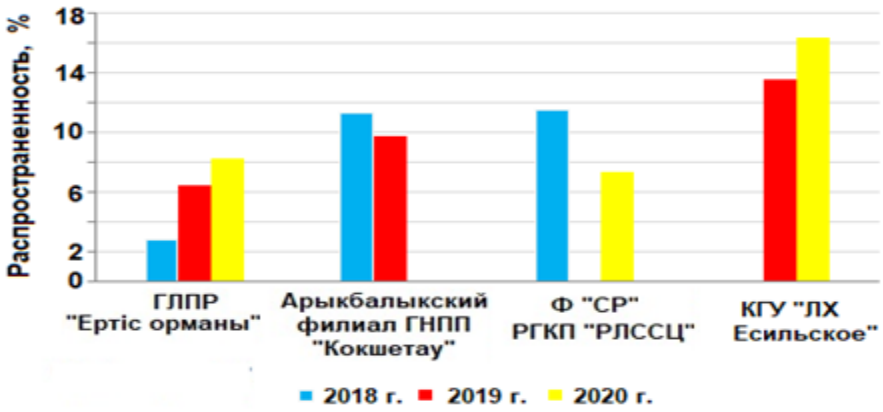


Рис. 2. Распространенность полегания сосны обыкновенной в лесных питомниках

Проведены полевые работы по адаптации технологии защиты сеянцев с внесением фунгицидов в очагах полегания на производственных участках (рис. 3).

Рис. 3. Адаптация технологии защиты сеянцев с внесением фунгицидов в очагах полегания на производственных участках

Полученные данные указывают на то, что препарат на основе *Bacilus subtilis* (Фитоспорин-М) эффективнее при проливе в очагах полегания, чем препараты на основе грибов рода *Trichoderma* (Трихоцин, Триходерма вериде).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалевский, С. Б. Выращивание сеянцев сосны обыкновенной с использованием регуляторов роста растений и композиционных удобрений / С. Б. Ковалевский, Ю. Н. Тараненко // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2013. – № 3. – Вып. 204. – С. 47-55.

3. Кузьмичев, Е. П. Болезни древесных растений. Справочник. Болезни и вредители в лесах России / Е. П. Кузьмичев, Э. С. Соколова, Е. Г. Мозолевская. – М., 2004. – Т. I. – 120 с.

2. Кулагин, А. А. Влияние биологически активных веществ на рост и сохранность сеянцев сосны обыкновенной первого года выращивания / А. А. Кулагин, В. В. Сахнов, А. П. Прокофьев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3(35). – С. 12-13.

4. Рекомендации по использованию новых экологически чистых биопрепаратов при выращивании посадочного материала хвойных пород в лесных питомниках. – М: ВНИИЛМ, 2001. – 12 с.

5. Смирнов, Н. А. Методическое руководство проведения опытных работ по выращиванию сеянцев в питомниках и лесных культур на вырубках. Пособие для проведения полевых опытных работ. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2000. – 42 с.

6. Шершнев, И. В. Технология выращивания стандартных сеянцев сосны обыкновенной в открытом грунте в условиях учебно-опытного лесхоза Брянского лесного массива / И. В. Шершнев, Г. А. Звягина // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2006. – С. 25-29.

УДК 630*181.525:632.51

ЗАСОРЕННОСТЬ ПОЧВЫ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ ЛЕСОСТЕПИ И СТЕПИ САРАТОВСКОГО ПРАВОБЕРЕЖЬЯ

Д. А. Маштаков, д. с.-х. н.; **С. В. Немоляев**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова», г. Саратов, РФ

Приведены данные исследований засоренности сосны обыкновенной в питомниках в условиях лесостепи и степи Саратовского Правобережья. Выявлено 9 видов сорных растений в лесостепи и 11 видов – в степи. Наибольшая засоренность паровых полей питомников выявлена в слое почвы 0-10 см, где она составила в 1,5-1,8 раза больше, чем в слое 20-30 см.

Presents the data of studies of weed infestation of common pine in nurseries in the conditions of forest-steppe and steppe of the Saratov Right Bank. Nine species of weedy plants in the forest-steppe and 11 species in the steppe were identified. The greatest infestation of fallow fields of nurseries was found in the soil layer 0-10 cm, where it was 1.5-1.8 times more than in the layer 20-30 cm.

Различные виды сорных растений оказывают на выращиваемые в питомниках растения разнообразное влияние, в т. ч. негативное [4]. Для эффективной борьбы с сорной растительностью следует знать видовой состав вегетирующей и покоящейся (засоренность почвы семенами) стадии развития. Исследования по выявлению видового состава сорной растительности и банка семян в лесных питомниках лесостепи и степи Саратовского Правобережья проводились в недостаточном количестве. Для определения биоразнообразия сорной растительности лесных питомников и степени их распространения проведены исследования в условиях лесостепи (Новобурасский питомник) и степи (Усовский питомник) Саратовского Правобережья.

Обследование полей питомников проводилось по общепринятой методике [1, 2]. Отбор почвенных образцов проводился с помощью лопатки с учетных площадок размером 0,25 × 0,25 м на глубину 0,1; 0,2; 0,3 м осенью в 3-кратной повторности [2]. В качестве опытной культуры использовались однолетние и двулетние посевы сосны обыкновенной.

Обследование посевов сосны обыкновенной в лесных питомниках степной и лесостепной зоне показало присутствие на них 13 видов сорняков (табл. 1). Из них в лесостепной зоне 9 видов, в степной 11. При глазомерной оценке по шкале Друде щирица запрокинутая относится к виду довольно обильно (Cop. 1) и обильно (Cop. 2) встречаемыми в фитоценозе. Особенно ее присутствие обиль-

Таблица 1

Флористический состав сорных растений и их обилие на посевах сосны обыкновенной в лесных питомниках лесостепной и степной зон Саратовского Правобережья

Вид	Новобурасский питомник (лесостепь)				Усовский питомник (степь)			
	сосна однолет.		сосна двухлет.		сосна однолет.		сосна двухлет.	
	обилие по Друде	ярус-ность	обилие по Друде	ярус-ность	обилие по Друде	ярус-ность	обилие по Друде	ярус-ность
Малолетники								
Щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.)	Cop. 2	I	Sol.	II	Cop. 2	I	Cop. 1	I
Куриное просо (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.)	Sol.	I	Sol.	I	-	-	Sp.	I
Щирица жминдовидная (*Amaranthus blitoides*. S. Wats)	-	-	Sp.	II	Cop. 1	II	-	-
Пастушья сумка (*Capsella bursa pastoris* L.)	Sol.	II	-	-	-	-	-	-
Мелколепестник канадский (*Erigeron canadensis* L.)	-	-	-	-	-	-	Sp.	I
Ромашка душистая (*Chamomilla suaveolens* (Pursh) R.)	Sol.	I	-	-	-	-	Sol.	II
Марь сизая (*Chenopodium glaucum* L.)	-	-	-	-	Sp.	II	Sol.	III
Циклохена дурнишниколистная (*Cyciachaena xanthiifolia* L.)	-	-	-	-	Sol.	I	-	-
Мятлик однолетний (*Poa annua* L.)	-	-	-	-	Sp.	II	-	-
Ярутка полевая (*Thaspi arvense* L.)	-	-	Sol.	II	-	-	-	-
Суммарный балл обилия жизненной формы ($N_{l.f.gab}$)	2,3		0,5		5,7		1,5	
Место во флоре	I		I		I		I	
Многолетники								
Осот полевой (*Sonchus arvensis* L.)	Sol.	II	Sol.	I	-	-	Sol.	II
Вьюнок полевой (*Convolvulus arvenis* L.)	Sol.	III	Sol.	II	-	-	Sol.	III
Полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.)	Sp.	I	-	-	Sp.	I	-	-
Суммарный балл обилия жизненной формы ($N_{l.f.gab}$)	0,1		0,2		0,3		0,4	
Место во флоре	II		II		II		II	

но на однолетних посевах сосны. Щирица жминдовидная довольно обильно встречается (Cop. 1) на посевах сосны однолетней в условиях степи и лесостепи, на однолетних посевах она не встречается, а на двулетних посевах ее представительство незначительно (Sp.). Присутствие многолетних сорняков на посевах сосны оценивается как виды, представленные единичными экземплярами (Sol.). Такие сорные растения как щирица запрокинутая, щирица жминдовидная, куриное просо, ромашка душистая, осот полевой, вьюнок полевой, полынь горькая присутствуют на полях обоих питомников. Сходства видового состава 2 фитоценозов (коэффициент Жаккара) оценивается в 47 %.

Значимость (обилие) жизненной формы по габитусу в фитоценозе определяется по суммарному баллу ($N_{l.f.gab}$). Балл обилия однолетних сорняков в Новобурасском питомнике на однолетних посевах сосны больше в 4,6 раза, чем на сосне двухлетней, а на посевах сосны в Усовском питомнике в 3,8 раза. Преобладание многолетних сорняков на посевах сосны в обоих питомниках примерно одинаковое и они занимают II место в фитоценозе. По эколого-фитоценотическому делению все отмеченные растения в фитоценозе относятся к группе сорняков.

Изучение взятых почвенных образцов на паровом поле в Новобурасском питомнике (лесостепь) показало, что наибольшее количество семян было в почвенном слое 20-30 см, это в 1,8 раза больше, чем в слое 0-10 см (табл. 2).

Таблица 2

Видовой и количественный состав семян сорных растений в почве Новобурасского (лесостепь) и Усовского (степь) питомников

Глубина слоя почвы, см	Вид сорного растения	Число семян в слое почвы, шт.	Число семян мл шт./га
1	2	3	4
Новобурасский питомник (лесостепь) Пар/сосна однолетняя			
0-10	Щирица запрокинутая Щирица жминдовидная	121/94 -/18	24,218,8 -/3,6
10-20	Щирица запрокинутая Щирица жминдовидная Чертополох колючий	183/82 5/- 3/-	36,6/16,4 1/- 0,6/-
20-30	Щирица запрокинутая	219/63	12,6
Всего семян в слое 0-30 (балл засоренности пахотного слоя)	-	531/257	51,4/106,2 (4/5)
Усовский питомник (степь) Пар/сосна однолетняя			
0-10	Щирица жминдовидная Щирица запрокинутая	92/232 86/24	17,2/46,4 18,4/4,8
10-20	Щирица жминдовидная Щирица запрокинутая Просо куриное Циклохена дурнишник.	72/116 40/56 -/14 2/-	14,4/23,2 8/11,2 2,8/- 0,4/-

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
20-30	Щирица жминдовидная Щирица запрокинутая	64/140 56/19	12,8/28 11,2/3,8
Всего семян в слое 0-30 (балл засоренности пахотного слоя)	-	412/601	82,4120,2 (4/5)

Полученный результат можно объяснить проведением на пару культиваций, которые стимулируют прорастание семян сорняков. На однолетних посевах сосны наибольшее количество семян находится в слое 0-10 см. Это в 1,8 раза больше, чем в слое почвы 20-30 см. Основным засорителем почвы в питомнике является однолетнее сорное растение щирица запрокинутая.

В Усовском питомнике (степь) на паровом поле наиболее засоренным семенами сорных растений был слой почвы 0-10 см, что в 1,5 раза больше, чем слой почвы 20-30 см. На посевах сосны однолетней наибольшую засоренность имел слой почвы 0-10 см, это в 2,3 раза больше, чем в слое 20-30 см. Основным засорителем почвы полей питомника является однолетнее сорное растение щирица жминдовидная. Балл засоренности пахотного слоя в Новобурасском питомнике 4, а в Усовском – 5.

Таким образом, по результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- на посевах сосны однолетней в питомниках степной и лесостепной зон присутствует 13 видов сорных растений, а такие виды сорняков как щирица запрокинутая, щирица жминдовидная, просо куриное, осот полевой встречаются в агрофитоценозе обоих питомников;

- наибольшая засоренность почвы в питомниках на посевах сосны однолетней была в слое 0-10 см, это в 1,8-2,3 раза больше, чем в слое почвы 20-30 см;

- на паровых полях питомника наибольшая засоренность почвы была в слое 0-10 см, что в 1,5-1,8 раза больше, чем в слое 20-30 см.

ЛИТЕРАТУРА

1. Державин, Л. М. Засоренность полей и задачи комплексной борьбы с сорняками / Л. М. Державин, В. В. Исаев, Ю. Н. Березкин // Земледелие. – 1984. – № 2. – С. 45-47.

2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.

3. Исаев, В. В. Прогноз и картографирование сорняков / В. В. Исаев. – М.: Агропромиздат. – 1990. – 192 с.

4. Маштаков, Д. А. Влияние степени засоренности посевов на условия роста сеянцев сосны обыкновенной в степи Приволжской возвышенности / Д. А. Маштаков, С. В. Немоляев, В. Н. Филатов // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования», сб. II Международ. науч.-практ. конф. – с. Соленое Займище: ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», 2017. – С. 423-426.

УДК 631.527.1

ПОДБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ВИДОВ РОДА *POPULUS* L. ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ

А. К. Романенко; **А. В. Солонкин**, д. с.-х. н.; **С. Н. Крючков**, д. с.-х. н.; **А. С. Соломенцева,** к. с.-х. н.; **С. А. Егоров**; **Д. А. Горбушова**
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Представлены перспективные для селекционных целей виды *Populus alba* L., *Populus bolleana* Lauche., *Populus nigra* var. *italica* Münchh., *Populus simonii* Carrière и способы их отбора для последующей гибридизации путем определения жизнеспособности пыльцы.

Presents promising species for breeding purposes *Populus alba* L., *Populus bolleana* Lauche., *Populus nigra* var. *italica* Münchh., *Populus simonii* Carrière. and methods of their selection for subsequent hybridization by determining the viability of pollen.

Распространение видов рода *Populus (Salicaceae)* весьма широкое. Число видов в Арктике – 2, в европейской части Российской Федерации – 4, на Кавказе – 9, в Западной Сибири – 6, в Восточной Сибири – 5, на Дальнем Востоке – 9, в Средней Азии – 24. Их них количество эндемов составляет 3 на Кавказе, 1 в Восточной Сибири, 2 на Дальнем Востоке и 1 – в Средней Азии.

В Российской Федерации общее количество видов рода *Populus* насчитывает более 110, из них диких 36, интродуцированных 22, всего 58 [2].

Ареал рода относится к Северному полушарию. Полезная роль тополей – огромна. Они быстро размножаются, приспосабливаются к почвенным условиям, их мягкая древесина и кора может быть использована в строительстве и промышленности, почки возможно применять в медицине как антисептическое, жаропонижающее и успокаивающее вещество. В пчеловодстве тополя используются как источник прополиса. В озеленении населенных пунктов их широкие листья очищают воздух от вредных примесей и пыли, обогащают кислородом воздух, их высокая фитонцидная активность способствует сокращению количества вредных микроорганизмов. Являются основной лесообразующей породой в засушливых южных условиях.

В ходе инвентаризации насаждений (рис. 1) на опытных участках ФНЦ агроэкологии РАН были выделены 4 основных вида тополей, представляющих интерес для последующего размножения и селекции – *Populus alba* L., *Populus bolleana* Lauche., *Populus nigra* var. *italica* Münchh., *Populus simonii* Carrière.

Селекционная работа с тополями велась в г. Камышине на Нижневолжской станции по селекции древесных видов. Так, *Populus alba* был высажен в 1930 г., *Populus nigra* var. *italica* – в 1954 г., *Populus simonii* – в 1967 г. Гибриды прекрасно сохранялись даже без особого ухода за почвой [2].

Для организации сортоиспытания и последующей гибридизации, а также с целью разработки агротехники выращивания насаждений различного назначения для повышения их продуктивности, авторами выделено селекционное значение исследуемых видов тополей (табл. 1).

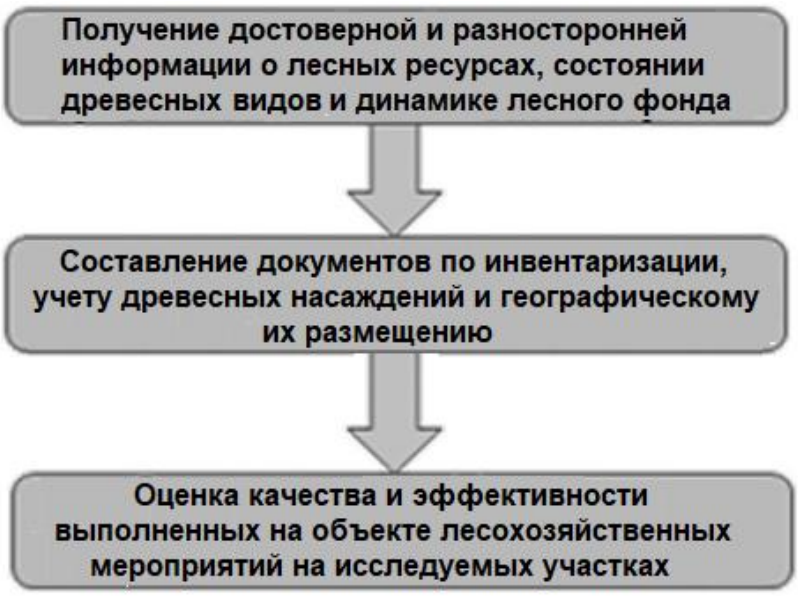


Рис. 1. Основные задачи лесоинвентаризационных работ

Таблица 1

Характеристика исследуемых видов тополей

Вид	Цветение (месяц)	Лист	Максимальная высота, м	Селекционное значение
Populus alba	Апрель	3-лопастный, темно-зеленый	До 30-35	Засухо-, морозоустойчивость, дымо- и газоустойчивость, а также малый процент поражения сердцевинной гнилью
Populus bolleana	Март-апрель	5-лопастный, крупный, темно-зеленый	До 30-32	Засухоустойчивость, теплолюбивость, ветроустойчивость, способность расти на засоленных почвах
Populus nigra var. *italica*	Май	Крупный, широкояйцевидный, темно-зеленый	До 35	Нетребовательность к типу почв, солеустойчивость, устойчивость к затоплению, ввиду чего возможно использование в противоабразионных насаждениях
Populus simonii	Апрель	Округлый, серовато-зеленый	До 30	Засухо- и зимостойкость, способность быстро размножаться черенками

Жизнеспособность пыльцы имеет основное значение при скрещивании и гибридизации видов. Сбор пыльцы велся в марте месяце, после чего проводилось ее окрашивание с помощью йода (2 мл йода/10 мл воды), наблюдение велось в световом поле микроскопа Микмед-6 с увеличением 20 х/0,40. Проведенные исследования установили, что наилучший результат по жизнеспособности пыльцы показал вид *Populus bolleana* – 238 шт., далее в порядке убывания виды *Populus piramidalis* – 170 шт., *Populus alba* – 134 шт., *Populus simonii* – 12 шт. (рис. 2).

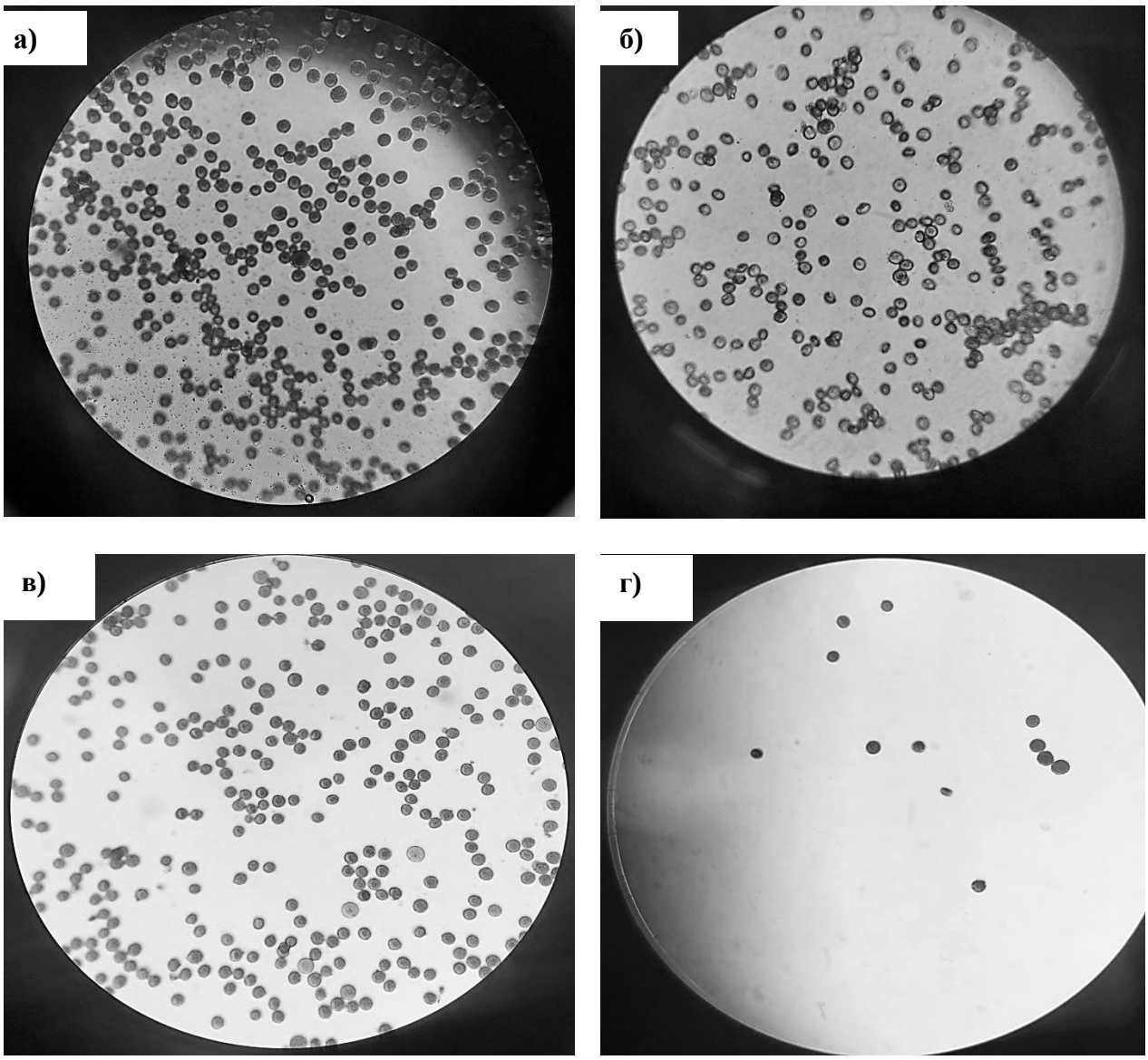


Рис. 2. Результаты опыта по окрашиванию пыльцы у видов *Populus bolleana* (а), *Populus piramidalis* (б), *Populus alba* (в), *Populus simonii* (г)

После опыта с определением жизнеспособности пыльцы было произведено опыление опытных растений на срезанных ветвях. По итогу лучший результат показали варианты скрещивания видов *Populus alba* × *Populus bolleana* и *Populus piramidalis* × *Populus nigra.* У варианта скрещивания *Populus simonii* × *Populus alba* произошло полное засыхание и осыпание сережёк, предположительно, из-за несовместимости видов, что требует дальнейшего изучения и разработки новых комбинаций (рис. 3).

Проведенные исследования указывают на перспективность селекционных работ с учетом того, что тополя являются более перспективными видами для засушливых условий, особенно для участков с близким залеганием грунтовых вод и поливных участков. В дальнейшем у полученных в ходе опытов гибридов планируется изучение физиологических особенностей, а также способов ускоренного размножения семенным и вегетативным путем.

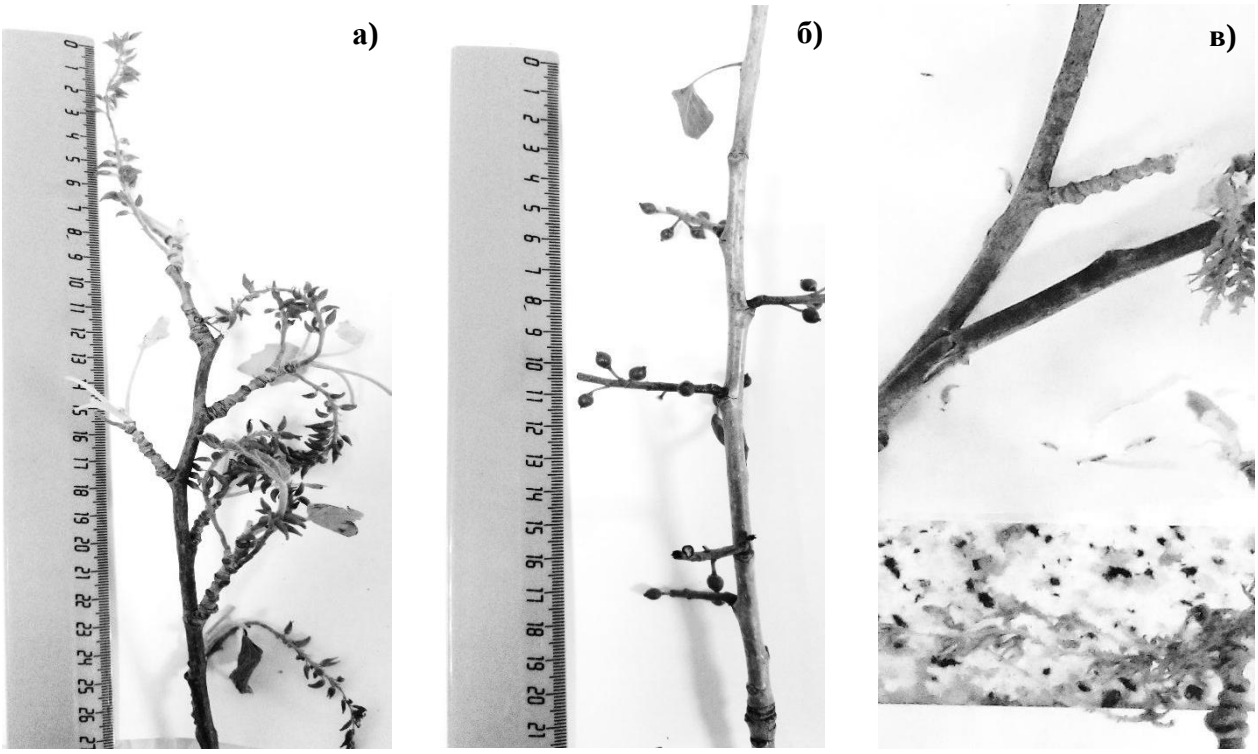


Рис. 3. Результаты скрещивания видов *Populus alba* × *Populus bolleana* (а), *Populus piramidalis* × *Populus nigra* (б), *Populus simonii* × *Populus alba* (в)

ЛИТЕРАТУРА

1. Альбенский, А. В. Культура тополей / А. В. Альбенский. – М.: Гос. лесотехн. изд-во, 1946. – 45 с.

2. Соколов, С. Я. Ареалы деревьев и кустарников СССР: Т. 3 / С. Я. Соколов, О. А. Связева, В. А. Кубли. – Ленинград: Наука. Ленингр. отделение, 1977. – 169 с.

УДК 68.35.37

УРОЖАЙНОСТЬ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. П. Сухарева, к. с.-х. н.; **А. В. Беликина**

ФГБНУ "Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук", г. Волгоград, РФ

Проведенной научно-исследовательской работой установлено, что самая высокая урожайность сафлора была на варианте с шириной ряда 15 см и нормой высева 350 млн шт. – 1,13 т/га, самая низкая – на варианте в широкорядном способе посева (45 см), с нормой высева 450 млн шт./га – 0,61 т/га.

The research work carried out found that the highest yield of safflower was in the variant with a row width of 15 cm, and the sowing rate of 350 million units – 1.13 t / ha, the lowest yield in the variant in a wide row of 45 cm, with a norm sowing 450 million units/ha – 0.61 t/ha.

Семена сафлора содержат до 37 % светло-желтого полувысыхающего масла, белка до 19 %, крахмала до 25 %. Получаемый жмых сафлора может успешно оптимизировать рационы кормления животных по восполнению белкового дефицита в кормах [3, 4]. В оставшемся жмыхе содержится 18 аминокислот, половина из которых незаменимые. В исследования**х** по кормлению лактирующих коров установлено, что при добавлении жмыха сафлора среднесуточные удои молока от 1 головы увеличивались на 0,6 кг, также повышалось его качество. Содержание в молоке сухого вещества увеличилось на 0,7 % [3]. В исследованиях зарубежных ученых, проводивших опыты по скармливанию зеленой массы сафлора ягнятам, было получено улучшенное качество их мяса [11, 12].

Селекционная работа по получению сортов сафлора в ФНЦ агроэкологии РАН началась в 90-х годах прошлого столетия. В 2002 г. был введен в Государственный реестр селекционных достижений сорт сафлора красильного Камышинский 73 [1]. Спустя 20 лет получены 4 сорта, наиболее востребованным товаропроизводителями региона является сорт Александрит, в области его посевы занимают 75 % от общей площади, занятой сафлором.

Биологическая особенность сафлора произрастать в засушливых регионах обусловлена его генетической наследственностью, поэтому он относится к разряду страховых культур, способных сформировать урожай семян в самых экстремальных условиях. В засушливых условиях 2002 г. на опытном участке ФНЦ агроэкологии РАН сорт Камышинский 73 сформировал урожай семян 0,76 т/га. В период вегетации культуры (май – август) выпало 41,4 мм осадков. Среднесуточная температура в июле на момент бутонизация – цветение – плодообразование составляла 26,3 °С при поступлении влаги всего 0,4 мм, а количество суховейных дней достигло 21 [6]. Исследованиями в засушливых регионах определено, что на рост и развитие сафлора влияние дефицита влаги оказывает в фазы развития «всходы» – «стеблевание и «стеблевание – бутанизация» [5].

Актуальным вопросом в технологии выращивания сафлора для получения его семян остаются способы посева. Проведенные исследования на опытном участке в зоне светло-каштановых почв в Волгоградской области вносят вклад в научные знания по семеноводству сафлора. Технология выращивания сафлора во многом похожа на технологию выращивания подсолнечника, ведь оба растения принадлежат к семейству Астровых (*Asteraceae*), ботаническое строение и время наступления фенологических фаз схожие [7]. За время введения сафлора в севообороты установлено, что наилучшие результаты по хозяйственно-полез-ным признакам получаются после высева зерновых культур [7]. Лучший способ основной обработки почвы для его посевов – отвальная вспашка, которая способствует проникновению его стержневого корня для поиска влаги в глубину до 2 м.

Исследования и практика в регионе показали, что лучшая основная обработка почвы для роста сафлора и формирования его урожая семян, оказалась с глубокой обработкой почвы орудиями с чизельной обработкой почвы на глубину 0,35-0,37 см – 1,46 т/га и с орудием ПН-4-35 на глубину до 0,20-0,22 см – 1,67 т/га. Мелкая дисковая обработка почвы позволила получить 1,21 т/га [8]. Сафлор отзывчив на использование минеральных веществ для оптимизации пищевого режима в количестве $N_{30}P_{60}$ в его посевах, особенно в увлажненные годы.

Способы посева сафлора – один из значимых вопросов технологии производства семян сафлора. Вопросы семеноводства сафлора в сухом климате в научной литературе освещены недостаточно. По данным исследований, опубликованных в научной литературе, известно несколько способов посева сафлора: рядовой, через 15 см, черезрядный 30 см, широкорядный 45 см с разными вариантами и нормами высева от 100 до 450 тыс. всходов семян на 1 г.

Опытный участок расположен в степной зоне с гидротермическим коэффициентом 0,6-0,4. Климат, месторасположения участка резко континентальный с максимальной летней температурой +45°С, зимней – до −41 °С. Снежный покров образуется и достигает высоты, в снежные зимы до 22 см и сохраняется до трех месяцев.

Почва опытного участка светло-каштановая. По механическому составу тяжелосуглинистая, солонцеватая в комплексе с солонцами средними и глубокими 5-10 %. Рельеф – слабоволнистая равнина. В механическом составе почвы опытного участка по генетическим горизонтам определено заметное преобладание крупно-пылеватой и илистой фракции. Почвы опытного участка имеют слабощелочную реакцию. В период исследований она не изменялась и была равна 7,6-8,0. Почвы низко обеспечены азотом, средне – фосфором и повышено – калием. Содержание гумуса – 1,2-2,0 %. Среднегодовое количество осадков 300-350 мм.

На участке высеян сафлор по предшественнику черный пар. С осени была проведена основная обработка почвы – дискование, весной весеннее боронование в два следа с последующей предпосевной культивацией. Высевался сорт сафлора красильного Александрит и Камышинский 73, оригинатором которых является ФНЦ агроэкологии РАН. Повторность в опыте трехкратная, варианты непрерывные. Все повторения в эксперименте размещены в одном поле. Площадь опытного участка 180 м^2.

В осенне-зимние периоды 2020, 2021 гг. сельскохозяйственного сезона выпало около 370 мм осадков. Среднемесячная температура воздуха за осенние месяцы 8,5 °С (среднемноголетняя величина +6,6 ºС) и за зимние месяцы –6,8 °С (среднемноголетняя норма –11,0 °С).

Сложившиеся погодные условия в исследуемом периоде способствовали проведению посева в третьей декаде апреля при среднемесячной температуре воздуха 10,5 ºС (среднемноголетняя величина этого месяца соответствовала 8,5 ºС). Всходы обозначились 6 мая, т. е. через 2 недели в 2020 г. и 8 мая в 2021 г.

Запас продуктивной влаги в период сева в 2020, 2021 г. в метровом слое составлял до 87,2 мм.

Среднемесячная температура воздуха в 2020, 2021 г. за месяцы май – август составила 19,3; 24,8; 22,3 и 20,5 ºС соответственно (при среднемноголетней норме данного периода – 16,1; 20,1; 22,4 и 21,0 ºС соответственно), где превышение суммарной среднемесячной температуры воздуха вегетационного периода (21,7 ºС) составило 1,8 ºС над среднемноголетней величиной данного периода.

Вегетационный период сафлора в годы исследований составил 110-124 дней.

Цель исследований – дать оценку способам сева и нормам высева сафлора красильного в агроландшафтах зоны светло-каштановых почв, сухой степи.

На урожай культуры оказывают влияние множество факторов, управляемые и неуправляемые. К последним относят природно-климатические, к управляемым факторам можно отнести возможности сельхозорганизации для выращивания культур. Значимым фактором в технологии выращивания сафлора относится способ посева и густота стояния растений, которые определяются почвенно-климатическими условиями, влажностью и засоренностью почвы, хозяйственным назначением, сортовыми особенностями. Формирование урожая семян сафлора зависит от обеспечения растений светом, теплом, влагой, пищевым режимом растений, что во многом зависит от площади питания растений и освещения. Для определения наиболее оптимальной площади размещения растений в посевах и обеспечения их необходимыми условиями, в нашем исследовании выбрано три способа посева сафлора с шириной междурядий 15, 30, 45 см и с тремя нормами высева: 250, 350, 450 шт./ всходов семян на га (таблица). В проводимых исследованиях был использован сорт сафлора Александрит, репродукции супер-элита за стандарт был выбран сорт Камышинский 73.

Таблица

Урожайность сортов сафлора красильного в зависимости от способов и норм высева в 2020-2021 гг.

Способ посева с шириной междурядий, см	Норма высева, тыс. семян	Урожайность сорта, ц/га	
		Александрит	Камышинский 73
15	250	1,07	0,80
	350	**1,13**	0,83
	450	0,93	**0,67**
30	250	1,02	0,81
	350	**1,10**	0,78
	450	0,91	**0,62**
45	250	1,00	0,79
	350	**1,06**	0,74
	450	0,86	**0,61**

Рассматривая полученные данные о высеве сафлора при различных способах, можно увидеть, что при междурядьях шириной 15 см удалось получить наибольший урожай у сорта сафлора Александрит – 1,13 т/га при норме высева 350 млн шт. При этом же способе посева и нормой высева 450 млн шт. у сорта Камышинский 73 был собран самый низкий урожай семян – 0,67 т/га.

По результатам сева растений сафлора красильного при черезрядном севе шириной рядов 30 см максимальный сбор семян составил 1,10 т/га у сорта Александрит, а минимальный показатель при этом способе сева был у сорта Камышинский 73.

При широкорядном способе сева, где ширина междурядий составляла 45 млн шт., максимальный сбор семян сафора 1,06 т/га был у сорта Александрит при норме высева 350 млн шт. на га, а наименьший показатель был у сорта Камышинский 73 при высеве 450 млн шт./га.

Таким образом, по данным об урожае семян сафлора можно сделать вывод о том, что оптимальная норма высева – 350 тыс. шт. семян на гектар. При любом способе сева при этой норме будет получен наибольший урожай семян.

Достоверность результатов опыта была выявлена двухфакторным дисперсионным анализом с повторениями. Фактор А – способ сева, второй фактор В – сорта сафлора. Используя Microsoft Excell, узнаем, что р-значение и по строкам (способ сева) 0,431805007 $p > 0,05$ и по столбцам (сорт) 0,000738324 меньше 0,05, а взаимодействие этих факторов на результат опыта выше 0,05 и равно 0,99456623 достоверно существенно и оказывает влияние на урожайность. Установлены доли влияния факторов на результат опыта, а именно урожайность культуры. Рассчитаем: способ сева оказывает влияние 71,5 %, сорт – 7,8 %, взаимодействие анализируемых факторов равно 0,18 %, неучтенные факторы, оказывающие влияние на урожай культуры, составляют 20,45 %. Неучтенными факторами могут метеорологические условия, пищевой режим растений, влагообеспеченность, обработка почвы и пр.

Таким образом, исследованиями определено, что самая высокая урожайность сафлора была на варианте с шириной ряда 15 см и норомой высева 350 млн шт. – 1,13 т/га, самая низкая – на варианте в широкорядном 45 см, с нормой высева 450 млн шт./га – 0,61 т/га. Результаты исследования весьма существенны, что подтверждено результатами дисперсионного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородычев, В. В. Кормопроизводство в Волгоградской области – проблемы и пути развития // В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Известия НВ АУК. – 2014. – № 1(33). – С. 39-45.

2. Василенко, В. Н. Сафлоровый жмых как объект кормления сельскохозяйственных животных [Электронный ресурс] / В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, А. В. Терёхина [и др.] // Кормопроизводство. – 2018. – № 3. – С. 41-46URL https://kormoproizvodstvo.ru/3-2018/3-2018-07-1204/ (Режим доступа: 12.01.2023).

3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Альянс, 1985. – С. 257-353.

4. Зайцева, Н. А. Продуктивность сафлора красильного в различных по влагообеспеченности условиях / Н. А. Зайцева, Е. В. Ячменева, И. И. Климова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 2(62). – С.143-151.

5. Каталог селекционных достижений ФНЦ агроэкологии РАН / А. И. Беляев, А. М.Пугачёва, А. В. Солонкин [и др.]. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2021. – 72 с.

6. Кулешов, А. М. Урожайность сортов сафлора в условиях Волгоградской области / А. М. Кулешов // Научно-агрономический журнал. – 2020. – № 1-1(108). – С. 35-38.

7. Муртазаева, Р. Н. Состояние кормопроизводства Волгоградской области и спектр направлений по вопросам кормления птицы / Р. Н. Муртазаева, Г. Н. Зверева, Д. А. Гребнева // Известия НВ АУК. – 2019. – № 3(55). – С. 235-244.

8. Плескачёв, Ю. Н., Воронов С. И., Магомедова Д. А. Элементы технологии возделывания различных сортов сафлора красильного / Ю. Н. Плескачёв, С. И. Воронов, Д. А. Магомедова // Известия НВ АУК. – 2020. – № № 3(59). – С. 134-142.

9. Прахова, Т. Я. Урожайные свойства и адаптивность сортов сафлора в условиях лесостепи Среднего Поволжья / Т. Я. Прахова, А. Н. Кшникаткина, А. А. Щанин // Нива Поволжья. – 2020. – № 2(55). – С. 46-51.

10. Титова, Е. Экономические аспекты культивирования некоторых растений, используемых в качестве сырья при производстве биотоплива / Е. Титова, Н. Бондарчук, Е. Романова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – № 1. – С. 54-61.

11. De Oliveira, M. R. C. Safflower seed supplementation in lamfeed: Effects upon fatty acid profile and quality of meat patty formulations / M. R. C. De Oliveira, L. Echeverria, A. C. Martinez [et al.] // Anais Da Academia Brasileira De Ciencias. – 2021. – № 93(3). – С. 1-11. doi:10.1590/0001-3765202120190903

12. Kott, R. W. Boles Feedlot performance, carcass composition, and muscle and fat CLA concentrations of lambs fed diets supplemented with safflower seeds/ R. W. Kott, P. G. Hatfield, J. W. Bergman [et al.] // Small Ruminant Research. – 2003. – № 49. – pp. 11-17. – doi:10.1016/S0921-4488(03)00052-X

УДК 631.527.8

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ГЕНОФОНДА ДЛЯ ПОЛЕЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР*

Ю. И. Сухоруких[1], д. с.-х. н., проф.; **С. Г. Биганова**[2], к. с.-х. н., доц.

[1]*ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»,* г. Майкоп, РФ

[2]*Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»,* г. Сочи, РФ

Авторами разработаны методические основы отбора древесной и кустарниковой растительности с учетом целевого назначения полезащитных лесных полос. Предлагаемые методы превосходят известные аналоги по основным параметрам.

The authors have developed methodological bases for the selection of tree and shrub vegetation, taking into account the purpose of field-protective forest belts. The proposed methods are superior to known analogues in basic parameters.

Создание защитных лесных насаждений требует специального подхода, основанного на последних достижениях науки и передовой практики [5, 11]. Среди них важное место занимает использование лучшего генофонда, основанного на отборе плюсовых деревьев [4, 6, 8].

В качестве плюсовых деревьев отбирают растения, превосходящие по селекционным показателям другие особи одного вида, класса возраста и фенологической формы [4, 8, 11]. В лесном хозяйстве в нормативных документах отмечается, что они должны быть устойчивыми к стрессовым факторам, иметь хороший выход деловой части ствола, превышать средние показатели окружающих особей (насаждения) по высоте на 10 % и более, диаметру на 30 % и более. На участках, пройденных выборочными или постепенными рубками превышения несколько ниже: по высоте не менее чем на 8 %, диаметру – 20 % и более. Отбор осуществляется в нормальных и плюсовых насаждениях [8]. Для иных целей плюсовые деревья выделяют по соответствующим методикам [4, 6. 8].

*"Исследования выполнялись за счет средств гранта ФГБОУ ВО «МГТУ», шифр работы НП6-2023 и ФИЦ СНЦ РАН, шифр работы 0492-2021-0009".

Для целей защитного лесоразведения рекомендуется выделять продуктивные по высоте, устойчивые к неблагоприятным факторам раметы [4]. Учитывая, что для полезащитных лесных полос основным является рабочая высота, отбор рекомендуется проводить именно по этому показателю (высоте) без предъявления требований к деловой части ствола [6]. При этом вопрос разработки критериев выделения плюсовых деревьев в полосных насаждениях является приоритетным в селекции для целей полезащитного лесоразведения [3].

При разрешении этой задачи за основу взяты положения теории нормального распределения, согласно которой в качестве перспективных выделяют раметы, имеющие количественные признаки, превышающие среднее значение на удвоенное среднеквадратичное отклонение [7]. Выполненные на этой основе исследования показали, что плюсовые деревья, произрастающие в лесных полосах, должны превышать средние по высоте на 25 % и более. С учетом этого и других нормативных документов разработаны требования к деревьям различных селекционных категорий в облиственном и безлиственном состоянии. Учитывая различное развитие растений в крайних и срединных рядах полосы, отбор в них следует осуществлять отдельно [3].

Величина селекционного дифференциала при выделении плюсовых деревьев различными способами в лесных полосах по предлагаемой и известной методике представлена в таблице.

Таблица

Селекционный дифференциал плюсовых деревьев при выделении инструментальным и глазомерно-инструментальным способами по различным методикам (извлечение из [8])

Порода	Селекционный дифференциал (предлагаемый метод)	Средняя высота известного метода		Отличие селекционного дифференциала по предлагаемому методу от известного	
		селекционный дифференциал, м			
		при $D_{ср}$ + 30 %, $H_{ср}$ + 10 %	при $D_{ср.}$ + 20 %, $H_{ср.}$ + 8 %	$D_{ср}$ + 30 %, $H_{ср}$ + 10 %	$D_{ср.}$ + 20 %, $H_{ср.}$ + 8 %
Инструментальный способ					
Ясень ланцетный	5,85	3,62	3,36	61,60	74,11
Акация белая	4,79	4,11	3,69	16,55	29,81
Дуб черешчатый	4,56	2,91	3,01	56,7	51,50
Орех грецкий	3,29	2,08	2,06	58,17	59,71
Среднее				**48,25**	**53,78**
Глазомерно-инструментальный способ					
Ясень ланцетный	6,63	5,39	4,79	23,01	38,41
Дуб черешчатый	6,31	5,71	5,31	10,51	18,83
Гледичия трехколючковая	5,67	4,73	4,73	19,87	19,87
Акация белая	5,05	2,95	2,68	71,19	88,43
Среднее				**31,15**	**41,39**

Примечание. 1. $D_{ср}$ + 30 %, $H_{ср}$ + 10% – превышение над средними по диаметру на 30 %, высоте на 10 %; 2. $D_{ср}$ + 20 %, $H_{ср}$ + 8% – превышение над средними по диаметру на 20 %, высоте на 8 %.

Полученные результаты показывают, что при инструментальном отборе по предлагаемому методу в сравнении с известным, среднее значение селекционного дифференциала по высоте увеличивается на 48,25-53,78 %, а при глазомерно-инструментального на 31,15-41,39 %.

В некоторых случаях при создании полезащитных лесных полос требуется использовать сильнорослые или низкорослые кустарники [11]. Самым ценным кустарниковым видом в лесном хозяйстве считается лещина обыкновенная (*Corylus Avellana L.*). Она выполняет разнообразные экологические функции и дает вкусные питательные плоды [2]. Для отбора вида по высоте разработана соответствующая методика. Согласно ей, на лесных участках растения лещины в возрасте старше 12 лет высотой менее 2,97 м выделяются в качестве низкорослых, а 11,13 м и более – высокорослых [10].

Орех грецкий (*Juglans regia L.*) является самым ценным интродуцентом среди древесных растений нашей страны. Потребности страны за счет собственных ресурсов удовлетворяются менее чем на 5 %. Одним из мощных резервов повышения сбора его плодов является выращивание вида в полезащитных лесных полосах. Устновлено, что здесь у ореха основная масса плодов сосредоточена в крайних рядах. Учетывая эту особенность впервые предложена схема создания лесных полос из ореха грецкого различного формового (сортового) состава. В крайние ряды рекомендуется высаживать средне-рослые обильно плодоносящие, в срединные – сильнорослые формы (сорта) без предъявления требований к урожайности. В обеих случаях обязательным является способность используемого генофонда давать плоды хорошей и высшей селекционной категории качества. Для выделения требуемых форм разработана соответствующая методика [6]. По сравнению с известной она обеспечивает более строгий отбор и более высокие показатели качества пищевой части (вкус, извлекаемость, масса, выход ядра и общая балльная оценка плодов) у отбираемых родоначальников [1].

Для лещины с учетом требований к ее плодам создана отдельная методика [9], которая по сравнению с известной позволяет выделять более ценный генофонд по основным показателям качества пищевой части – массе, вкусу, выходу ядра [2].

Также авторами разработан метод итерации средних, который позволяет отбирать требуемый генофонд независимо от статистического распределения показателей [12], тогда как известный [5] при статистическом распределении, отличающимся от нормального, может давать значения, лишенные смысла [12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Биганова, С. Г. Сравнение методик выделения перспективного генофонда ореха грецкого по качеству плодов. / С. Г. Биганова, Ю. И. Сухоруких, Э. К. Пчихачев // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – № 183(2). – С. 17-23. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-2-17-23

2. Биганова, С. Г. Сравнение методик оценки качества плодов лещины (фундука) / С. Г. Биганова, Ю. И. Сухоруких // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 389. – EDN SBKXYN.

3. Критерии отбора плюсовых деревьев для защитного лесоразведения / Ю. И. Сухоруких, С. Г. Биганова, А. П. Глинушкин [и др.] // Новые технологии. – 2023. – Т. 19, № 1. – С. 69-79. – DOI 10.47370/2072-0920-2023-19-1-69-79.

4. Крючков, С. Н. Лесоразведение в засушливых условиях / С. Н. Крючков, Г. Я. Маттис. – Волгоград: Издательство ВНИАЛМИ, 2014. – 301 с.

5. Методические рекомендации по фитомелиоративной реконструкции деградированных и опустыненных пастбищ Российской Федерации инновационными экологическими и безопасными ресурсосберегающими технологиями / А. И. Беляев, К. Н. Кулик, А. С. Манаенков [и др.]. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2021. – 68 с.

6. Отбор ореха грецкого для защитного лесоразведения. Рекомендации / Ю. И. Сухоруких, С. Г. Биганова, Э. К. Пчихачев [и др.] / Адыгейский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Федеральное агентство по образованию, Майкопский государственный технологический университет. Майкоп, 2007. – 23 с.

7. Петров, С. А. Методы определения и практическое использование коэффициента наследуемости в лесоводстве / С. А. Петров. – М: Тип. ЦБНТИлесхоза, 1973. – 51 с.

8. Приказ Минприроды России от 20.10.2015 N 438 "Об утверждении Правил создания и выделения объектов лесного семеноводства (лесосеменных плантаций, постоянных лесосеменных участков и подобных объектов)" (Зарегистрировано в Минюсте России 12.02.2016 N 41078).

9. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2018621330 Российская Федерация. Модели для оценки хозяйственно-ценных признаков плодов лещины: № 2018621021: заявл. 17.07.2018: опубл. 21.08.2018 / С. Г. Биганова, Ю. И. Сухоруких; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет». – EDN JXKEHI.

10. Сухоруких, Ю. И. Отбор лещины на силу роста, декоративность и качество плодов / Ю. И. Сухоруких, С. Г. Биганова // Научно-агрономический журнал. – 2023. – № 1(120). – С. 5-9. – DOI 10.34736/FNC.2023.120.1.001.05-09.

11. Энциклопедия агролесомелиорации. / Составитель и гл. ред. Е.С. Павловский. – Волгоград: «ВНИАЛМИ», 2004. – 675 с.

12. Sukhorukikh, Yu. I. A Method of Iteration of Averages in Ecological Research / Yu. I. Sukhorukikh, S. G. Biganova // Arid Ecosystems. – 2023. – Vol. 13, No. 3. – pp. 342-347 DOI: 10.1134/S2079096123030149

8. ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕНОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И БИОТЕХНОЛОГИИ В АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ И ЛЕСОВОДСТВЕ

УДК 631.52

РАЗЛИЧИЯ В ЭКСПРЕССИИ ГЕНА RUBISCO У СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ КАМЫШАНКА 4 И ЕЛАНСКАЯ В УСЛОВИЯХ ЗАСУШЛИВОГО КЛИМАТА

А. А. Абдулова; П. А. Зыбинская; П. А. Крылов, к. б. н.
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Засуха является основным фактором, ограничивающим урожайность пшеницы (*Triticum a.*) в полуаридных и аридных регионах. Ген RuBisCo участвует в ответе на засуху и может влиять на засухоустойчивость и продуктивность растений. В данном исследовании проведено сравнение экспрессии гена RuBisCo двух устойчивых к засухе сортов пшеницы Камышанка 4 и Еланская, произраставших на полях в условиях сезонной засухи во время стадии цветения. В результате было выявлено, что достоверных различий в экспрессии RuBisCO на стадии цветения между двумя сортами пшеницы нет.

Drought is the main factor limiting the yield of wheat (*Triticum a.*) in semi-arid and arid regions. The RuBisCO gene is involved in the response to drought and can affect the drought resistance and productivity of plants. In this study, the expression of the RuBisCO gene was compared between two drought-resistant wheat varieties Kamyshanka 4 and Yelanskaya during the flowering stage that grew in the fields under seasonal drought conditions. The study revealed that there were no significant differences in the expression of RuBisCO between the two wheat varieties ($p > 0,05$).

Засушливый пояс европейской части России включает в себя огромные территории, в т. ч. и пахотных земель [1]. Наиболее распространенными сельскохозяйственными растениями являются зерновые культуры, одна из которых – пшеница (*Triticum a.*). Для Волгоградской обл. районированными сортами пшеницы являются Камышанка 4 и Еланская. Данные сорта выведены селекционерами ФНЦ агроэкологии РАН и отличаются высокой продуктивностью, засухоустойчивостью и качеством зерна.

Стресс, индуцированный засухой, может сильно сказываться на качестве и урожайности зерновых. Повышенная засухоустойчивость пшеницы имеет решающее значение для устойчивого производства продуктов питания и глобальной продовольственной безопасности [3]. Генетические модификации с целью улучшения засухоустойчивости сельскохозяйственных растений являются важным стратегическим ходом для получения стабильного урожая в засушливых регионах. Одним из ключевых генов, влияющих на продуктивность растений, является ген RuBisCo. Рибулозо-бисфосфаткарбоксилаза состоит из двух

субъединиц и является важным ферментом фотосинтеза и фотодыхания, обеспечивая реакцию карбоксилирования и оксигенирования сахара рибулозо-1,5-бисфосфата (RuBP). Ген rbcL высококонсервативен у многих фотосинтезирующих организмов [2, 5] и кодируется хлоропластным геномом [7].

При повышении температуры выше оптимального уровня растения охлаждают свои листья путем транспирации, однако частые и длительные периоды засухи ограничивают доступ к воде и способствуют тепловому стрессу [6]. В ответ на индуцируемый засухой стресс, устьица на листьях, через которые растения ассимилируют CO_2, закрываются, сокращая тем самым потерю воды, но снижая поступление CO_2 в растения. В таких условиях экспрессия RuBisCo снижается, его активность ингибируется, замедляется процесс фотосинтеза, увеличивая выработку активных форм кислорода, что вызывает повреждение мембран и изменение функций некоторых ферментов, связанных с синтезом АТФ [4, 6].

Целью данного исследования стало сравнение продуктивности двух сортов пшеницы, выращиваемых на территории Волгоградской обл. – Камышанка 4 и Еланская – по оценке экспрессии гена большой субъединицы RuBisCO.

Образцы листьев озимой мягкой пшеницы сортов Камышанка 4 и Еланская были собраны на стадии цветения с экспериментальных участков, расположенных в Городищенском р-не Волгоградской обл. Выделение РНК проводили на спин-колонках с помощью коммерческого набора HiPure Total RNA Kit (Magen, Китай). Стандартный протокол, прилагающийся к набору, модифицировали следующим образом: образцы листьев гомогенизировали с помощью гомогенизатора Precellys 24 (Bertin technologies, Франция), после добавления элюирующего раствора колонки инкубировали в термостате 5 мин при 60 °С для увеличения выхода РНК. Также на этапе выделения РНК проводили обработку ДНКазой I с помощью набора DNase Set (Magen, Китай) в соответствии с инструкцией производителя. Концентрацию выделенной РНК измеряли на флуориметре Qubit 4 (Thermo Fisher Scientific, США) с помощью набора Equalbit RNA BR Assay Kit (Vazyme, Китай). ПЦР в реальном времени с обратной транскрипцией проводили в амплификаторе Gentier 96E (Tianlong, Китай) с помощью готовой смеси для ПЦР 5X qPCRmix-HS SYBR (Евроген, Россия) с добавлением MMLV-ревертазы (Евроген, Россия). Готовили мастер-микс, содержащий по 16 мкл деионизированной воды, свободной от РНКаз, 5 мкл 5X qPCRmix-HS SYBR, по 1 мкл прямого и обратного праймера (конечная концентрация 0,4 мкМ), 1 мкл РНК на каждую пробирку. Перед подготовкой ПЦР все образцы были разведены водой, не содержащей РНКаз, до концентрации около 10 нг/мкл. Для проведения ПЦР использовали праймеры к мРНК большой субъединицы фермента RuBisCO (RbcL, NCBI GenBank: AY328025.1): прямой праймер 5'-CTTGAATGCTACTGCAGGTA-3', обратный праймер 5'-ATCCCGGCAATAATGAGC-3'. Параметры амплификации были следующими: 15 мин при 55 °С (обратная транскрипция), 1 мин при 95°С, 40 циклов 20 с при 95 °С, 30 с при 56 °С и 1 мин при 72 °С с детекцией флуоресценции на этапе элонгации. Результаты ПЦР обрабатывали с помощью MS Excel и STATISTICA 12 (StatSoft, США).

Для выявления различий в экспрессии гена RuBisCO у сортов озимой пшеницы Камышанка 4 и Еланская было проведено выделение РНК из листьев

растений и ПЦР в реальном времени с обратной транскрипцией. Концентрация выделенной РНК сильно варьировалась от 3 до 170 нг/мкл. Эту проблему решили путем разбавления всех образцов выше 10 нг/мкл до этого значения и добавления нескольких микролитров образцов ниже 10 нг/мкл в смесь для ПЦР. Коэффициент амплификации (E), рассчитанный по стандартной кривой для пары праймеров к RbcL, составил 2,5. Графики амплификации, полученные в результате ПЦР, изображены на рис. 1.

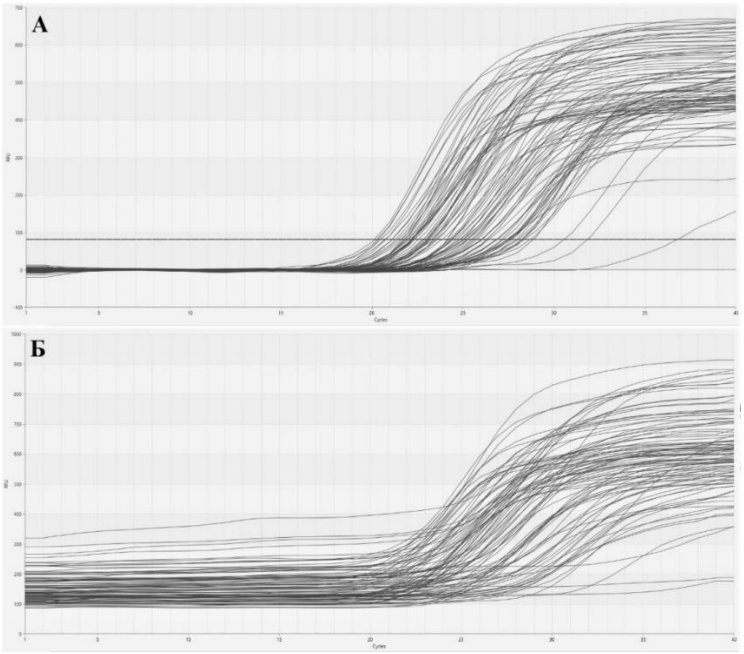


Рис. 1. Графики, полученные в результате ПЦР в реальном времени с обратной транскрипцией с использованием праймеров к RuBisCO (А – сорт пшеницы Камышанка 4; Б – сорт пшеницы Еланская)

Количественные результаты ПЦР указаны в таблице, содержащей средние значения порогового цикла амплификации с коэффициентом вариации, а также медианные значения этого параметра с указанием 1-го и 3-го квартиля.

Таблица

Количественные результаты ПЦР в реальном времени

Сорт пшеницы	Среднее значение C_t	Медианное значение C_t
Камышанка 4	25,73 (± 0,13)	25,93 (23,10 ÷ 27,52)
Еланская	23,87 (± 0,11)	22,97 (21,93 ÷ 26,11)

У сорта пшеницы Камышанка 4 среднее значение порогового цикла амплификации больше примерно на 2 цикла, а медианное на 3, что является незначительной разницей (рис. 2). Это подтверждается сравнением пороговых циклов амплификации двух сортов пшеницы в программе STATISTICA.

Для доказательства достоверности различий в экспрессии RuBisCO у сортов пшеницы Камышанка 4 и Еланская применили дисперсионный анализ с использованием непараметрического U-критерия Манна-Уитни для множественных групп ($p < 0,05$). Анализ показал, что достоверных различий в экспрессии RuBisCO между двумя сортами пшеницы нет ($p = 0,096$). Можно предположить, что Камышанка 4 и Еланская имеют схожий уровень продуктивности, так как один из ключевых ферментов фотосинтеза RuBisCO экспрессируется у них на равном уровне.

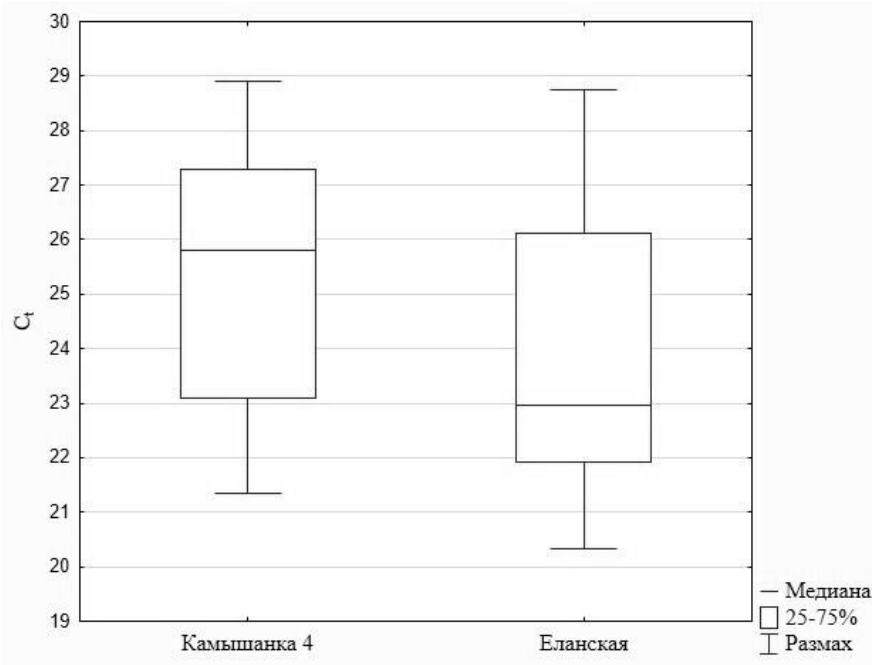


Рис. 2. График, отражающий значения пороговых циклов амплификации гена RuBisCO у сортов озимой пшеницы Камышанка 4 и Еланская

В результате исследования было выявлено, что оба засухоустойчивых сорта озимой пшеницы Камышанка 4 и Еланская на стадии цветения имели схожий уровень экспрессии гена большой субъединицы RuBisCO, достоверных различий в уровне экспрессии не обнаружено. Предположительно, эти сорта могут иметь также схожий уровень продуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Катастрофические засухи в степной европейской части России, их дендрохронологическая индикация и связь с цикличностью солнечной активности / К. Н. Кулик, А. Т. Барабанов, В. И. Панов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18, № 2-2. – С. 438-443.

2. A Conserved Mechanism Controls Translation of Rubisco Large Subunit in Different Photosynthetic Organisms / I. Cohen, Y. Sapir, M. Shapira // Plant Physiology. – 2006. – Vol. 141, № 3. – P. 1089-1097. – DOI 10.1104/pp.106.079046

3. Drought Response in Wheat: Key Genes and Regulatory Mechanisms Controlling Root System Architecture and Transpiration Efficiency / M. Kulkarni, R. Soolanayakanahally, S. Ogawa [et al.] // Frontiers in chemistry. – 2017. – Vol. 5. – P. 106. – DOI 10.3389/fchem.2017.00106

4. Enhancing Rubisco gene expression and metabolites accumulation for better plant growth in Ficus deltoidea under drought stress using hydrogen peroxide / M. M. Khandaker, R. Jamaludin, A. Majrashi [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2022. – Vol. 13. – P. 965765. – DOI 10.3389/fpls.2022.965765

5. Exceptionally high rates of positive selection on the rbcL gene in the genus Ilex (Aquifoliaceae) / X. Yao, Y. Tan, J. Yang [et al.] // BMC Evolutionary Biology. – 2019. – Vol. 19, № 192. – P. 1-13. – DOI 10.1186/s12862-019-1521-1

6. Heat-induced changes in the abundance of wheat Rubisco activase isoforms / G. E. Degen, D. J. Orr, E. Carmo-Silva // New Phytologist. – 2021. – Vol. 229, № 3. – P. 1298-1311. – DOI 10.1111/nph.16937

7. Wostrikoff, K. Rubisco large-subunit translation is autoregulated in response to its assembly state in tobacco chloroplasts / K. Wostrikoff, D. Stern // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2007. – Vol. 104, № 15. – P. 6466-6471. – DOI 10.1073/pnas.0610586104

УДК 606:581.144.2

ВЛИЯНИЕ АУКСИНОВ НА УКОРЕНЕНИЕ ГИБРИДА ВЯЗА (*ULMUS* SP.) В КУЛЬТУРЕ IN VITRO*

Е. Л. Гричик; О. О. Жолобова, к. б. н.
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Представлены результаты исследования о влиянии разных концентраций ауксинов (ИМК, ИУК, НУК) в составе питательной среды на ризогенез гибрида вяза. Проведенные исследования позволили установить, что для успешного укоренения наиболее эффективными ауксинами являются 3-индолилуксусная кислота (ИУК), индолил-3-масляная кислота (ИМК) в концентрации 0,5 мг/л.

The results of a study on the effect of different concentrations of auxins (IBA, IAA, NAA) in the nutrient medium on the rhizogenesis of the hybrid elm are presented. The conducted studies allowed us to establish that for successful rooting, the most effective vaccines are 3-indolylacetic acid (IAA), indolyl-3-butyric acid (IBA) at a concentration of 0.5 mg/l.

Впервые селекционные работы по выведению гибридов вяза начаты А. В. Альбенским в 1939 г. на Нижневолжской станции селекции древесных пород ВНИАЛМИ, г. Камышин. Селекционные работы проводились с целью адаптировать древесную породу к голландской болезни (графиоз) и к экстремальным климатическим условиям юго-восточной части Российской Федерации [2]. Под руководством Г. Я. Маттиса в 1981-1985 гг. селекционные работы продолжила И. В. Калинина [3].

Гибрид Вяза береста (*Ulmus* sp.) – дерево до 3 м в высоту, имеющее шаровидную форму с густой, правильно округлой кроной и небольшими эллиптически яйцевидными слегка волнистыми листочками [6]. Широкое использование этой ценной формы для озеленения и агролесомелиорации крайне затруднено, причиной этого является сложность размножения формы. Растения стерильны и поэтому не могут стать источником размножения семенами. Кроме агролесомелиоративных целей, также имеет высокую декоративную ценность и часто используется для озеленения парков, садов и скверов. Может использоваться для очистки загрязненных почв. Его корни обладают способностью абсорбировать и удерживать токсичные вещества, которые они затем метаболизируют и разлагают. Этот процесс известен как фиторемедиация [4].

Микроклональное размножение является ценным инструментом для сохранения и размножения редких или ценных пород растений, которые сложно культивировать с использованием традиционных методов. Это метод обеспечивает высокий коэффициент размножения, что делает его эффективным инструментом для сохранения биологического разнообразия и борьбы с вымиранием растений [1].

В исследовании зарубежных ученых M. P. Corchete, J. J. Diez, T. Valle для укоренения *Ulmus pumila* L. использовались ИМК и НУК в концентрациях 0,1,1

*Исследование выполнено в рамках выполнения государственного задания НИР ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100427-1 «Разработать научные основы сохранения и воспроизводства ценных генотипов древесных и кустарниковых растений в культуре in vitro».

и 2 мг/л. Наиболее эффективным гормоном для укоренения и регенерации эксплантов оказался НУК в концентрации 0,1 мг/л, наиболее высокие концентрации вызывали активное образование каллуса без корнеобразования. Добавление ИМК в таких же концентрациях привело к регенерации побегов, но отсутствию корнеобразования [8].

В работе С. С. Макарова и А. А. Панкратовой с *Populus tremula* L. на этапе укоренения использовали ИМК в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л. Лучший результат укоренения был получен на концентрации 0,5 мг/л. Увеличение концентрации ИМК не оказало положительного эффекта [5].

В исследовании Biroščíková M., Spišáková K., Lipták Š, Pichler V., Ďurkovič J. на этапе укоренения *Ulmus glabra* Huds. был достигнут высокий процент корнеобразования на среде WPM с добавлением ИМК-0,4 мг/л и 0,6 мг/л [7].

В наших исследованиях питательные среды готовили по протоколу MS (Murashige and Skoog, 1962) [1] с добавлением гормонов ауксинов: 3-индолилуксусная кислота (ИУК), индолил-3-масляная кислота (ИМК), альфа-нафтилуксусная кислота (НУК) в концентрациях 0,5; 1,0 и 1,5 мг/л.

Культуру выращивали в пробирках при 22-24 °С в течение 4 недель на фитостеллажах с фотопериодом 16/8 и интенсивностью света 70 мкмоль/с/м^2.

Наиболее высокий процент эксплантов (90 и 80%), давших побеги, а также наибольшая средняя длина побегов 2,6 и 2,8 см были получены при концентрации 0,5 мг/л ИМК и ИУК. Наблюдалось активное размножение побегов на эксплант, среднее значение 2,3-2,9 см (табл. 1).

Таблица 1

Влияние гормонов на побегообразование

Питательная среда	Способность к побегообразованию, %	Кол-во побегов на эксплант, шт.	Длина побегов, см
MS без гормонов (контроль)	50	1,7 ± 0,3	1,80 ± 0,4
MS+ИМК 0,5 мг/л	90	2,3 ± 0,2	2,60 ± 0,2
MS+ИМК 1 мг/л	10	1,3 ± 0,3	1,03 ± 0,3
MS+ИМК 1,5 мг/л	0	0	0
MS+ИУК 0,5 мг/л	80	2,9 ± 0,5	2,80 ± 0,4
MS+ИУК 1 мг/л	40	1,6 ± 0,3	1,10 ± 0,2
MS+ИУК 1,5 мг/л	0	0	0
MS+НУК 0,5 мг/л	60	1,9 ± 0,3	1,40 ± 0,2
MS+НУК 1 мг/л	10	0,6 ± 0,2	0,40 ± 0,2
MS+НУК 1,5 мг/л	0	0	0

В ходе исследования эффективных гормонов для укоренения гибрида вяза было выявлено, что использование ауксинов, таких как ИМК (0,5 мг/л) и ИУК (0,5 мг/л) приводит к высокому проценту укоренения эксплантов. Анализ табл. 2 подтверждает, что ИМК (0,5 мг/л) способствовала укоренению 80 % эксплантов, в то время как использование ИУК при такой же концентрации привела к укоренению 50 % эксплантов. Процент укоренившихся эксплантов при использовании НУК (0,5 мг/л) был, как и у контрольной группы (30 %),

наблюдались низкие показатели количества и длины корней, по сравнению с другими ауксинами на вариантах с применением НУК корни были толще и в несколько раз короче, зафиксировано значительное образование каллуса у основания экспланта (рис. 1).

Таблица 2

Влияние гормонов на укоренение эксплантов вяза

Питательная среда	Кол-во укоренившихся, %	Кол-во корней на побег, шт.	Длина корней, см	Корни второго порядка, %
MS без гормонов (контроль)	30	0,4 ± 0,2	2,70 ± 1,4	30
MS+ИМК 0,5 мг/л	80	1,4 ± 0,3	2,50 ± 0,5	70
MS+ИМК 1 мг/л	30	0,5 ± 0,3	0,60 ± 0,3	10
MS+ИМК 1,5 мг/л	0	0	0	0
MS+ИУК 0,5 мг/л	50	1,6 ± 0,5	2,07± 0,7	10
MS+ИУК 1 мг/л	20	0,2 ± 0,1	0,70 ± 0,5	0
MS+ИУК 1,5 мг/л	0	0	0	0
MS+НУК 0,5 мг/л	30	1,0 ± 0,5	0,50 ± 0,3	20
MS+НУК 1 мг/л	20	0,8 ± 0,5	0,20 ± 0,1	10
MS+НУК 1,5 мг/л	0	0	0	0

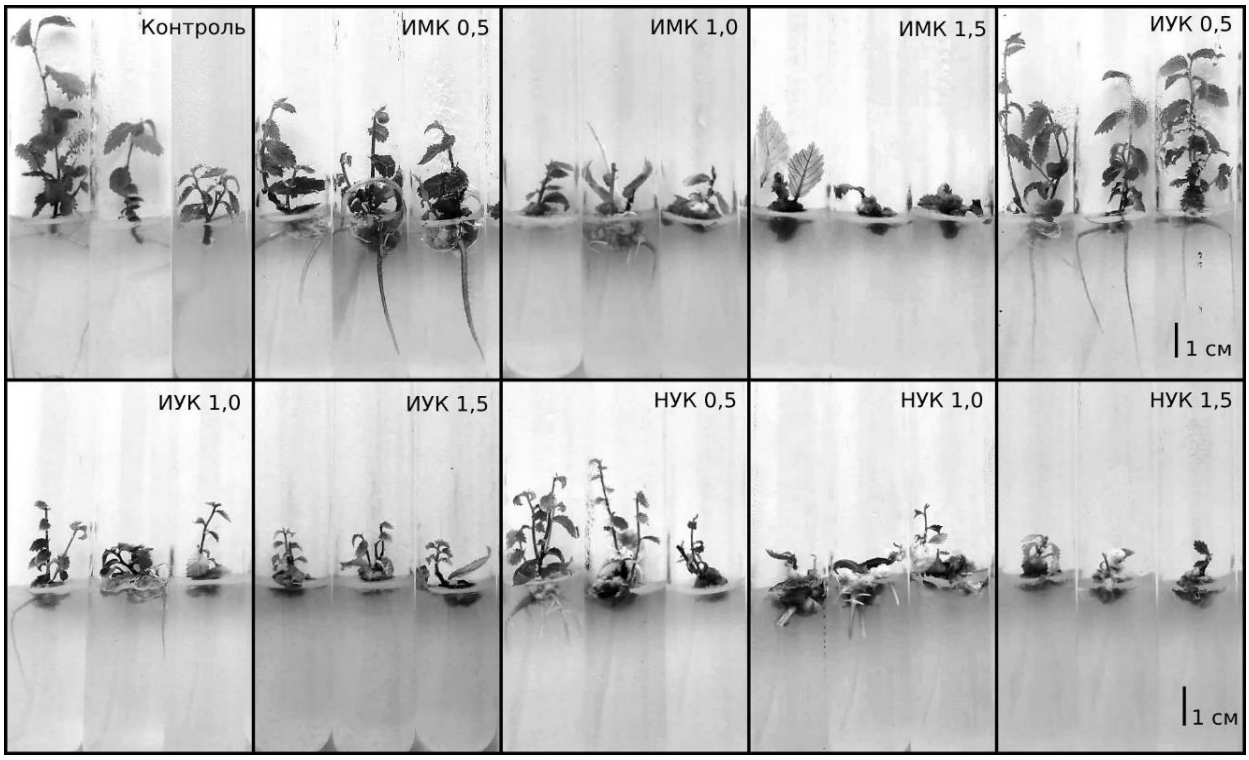


Рис. 1. Влияние концентраций ауксинов на пролиферацию побегов и ризогенез

При дальнейшем увеличении концентрации гормонов до 1,0 и 1,5 мг/л наблюдалось снижение пролиферации побегов. Вместо этого, у эксплантов появлялось значительное количество каллуса у основания побега, на концентрации 1,5 мг/л наблюдалось значительное образование каллуса с последующей полной некротизацией побегов (см. рис. 1). Очевидно, что повышение концен-

траций гормонов не способствует развитию побегов, а приводит к необратимым изменениям в клетках экспланта.

Проведенные исследования позволили установить, что для успешного укоренения наиболее оптимальными ауксинами являются 3-индолилуксусная кислота (ИУК), индолил-3-масляная кислота (ИМК) в концентрации 0,5 мг/л.

Очень важно отметить, что при использовании ИУК в концентрации 0,5 мг/л было минимальное появление каллуса на базальной части эксплантов. Это свидетельствует о том, что данный ауксин способствует более эффективному образованию корней нормальной морфологии. Более того, использование ИУК способствовала активному формированию новых побегов на эксплант.

Среда с добавлением ИМК 0,5 мг/л способствовала формированию более развитой корневой системы.

На основании проведенных исследований можно заключить, что использование ИУК и ИМК в концентрации 0,5 мг/л является оптимальным условием для укоренения и пролиферации регенерантов гибрида вяза. Более высокиеконцентрации гормонов оказывают отрицательное влияние на рост и развитие микрочеренков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутенко, Р. Г. Биология клеток высших растений in vitro и биотехнологии на их основе / Р. Г. Бутенко. – М.: ФБК – Пресс. – 1999. – 160 с.

2. Завьялов, А. А. Некоторые итоги селекции вяза в сухой степи юго-востока европейской территории России / А. А. Завьялов, А. П. Иозус // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 3. – С. 66-70.

3. Иозус, А. П. Гибридизация вязов *Ulmus* L. в сухой степи юго-востока европейской территории России / А. П Иозус, А. А. Завьялов, С. Н. Крючков // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 7. – С. 14-19. URL: https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37850 (дата обращения: 04.08.2023).

4. Крючков, С. Н. Лесоразведение в засушливых условиях / С. Н. Крючков, Г. Я. Маттис. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 300 с.

5. Макаров, С. С. Изучение влияния росторегулирующих веществ различной природы при клональном микроразмножении осины [Электронный ресурс] / С. С. Макаров, А. А. Панкратова // Лесохоз. информ.: электронный сетевой журн. – 2016. – № 3. – С. 138-143. URL: http:// lhi.vniilm.ru

6. Назарян, А. И. Шаровидная форма вяза в уличном озеленении г. Новочеркасска / А. И Назарян // Моя будущая профессия – ландшафтный дизайнер: материалы I Международ. науч.-практ. студ. конф. (3-4 апр. 2013 г., г. Новосибирск) / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2013. – С. 197-200.

7. Micropropagation of mature wych elm (*Ulmus glabra* Huds.) / M. Biroščíková, K. Spišáková, Š. Lipták, V. Pichler, J. Ďurkovič // Plant Cell Rep. – 2004. – No 22: 640-644. https://doi.org/10.1007/s00299-003-0749-8

8. Micropropagation of *Ulmus pumila* L. from mature trees / M. P. Corchete, J. J. Diez, T. Valle // Plant Cell Reports. – 1993. – No 12: 534-536. https://doi.org/10.1007/BF00236103

УДК: 58.02:58.085

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАСУХИ ДЛЯ ОТБОРА УСТОЙЧИВЫХ ГЕНОТИПОВ *CARAGANA PYGMAEA* L.В КУЛЬТУРЕ IN VITRO*

О. О. Жолобова, к. б. н.; **С. В. Мельник**
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Проведено исследование устойчивости *Caragana pygmaea* L. к действию моделируемой засухи в культуре in vitro. Для этого в питательную среду был добавлен осмотик полиэтиленгликоль. Согласно результатам исследования, устойчивость эксплантов *C. pygmaea* зависит от способности генотипа к ризогенезу.

The study of the resistance of *Caragana pygmaea* L., to the action of simulated drought in culture in vitro. To do this, the osmotic polyethylene glycol was added to the nutrient medium. According to the results of the study, the stability of explants with *C. pygmaea* depends on the ability of the genotype to rhizogenesis.

На территории Российской Федерации значительная часть земель, используемая для выращивания сельскохозяйственных растений, находится в засушливой зоне [2]. В связи с этим актуальным направлением является отбор древесных и кустарниковых растений, устойчивых к дефициту воды для увеличения лесистости засушливых территорий. Это позволит смягчить действие засухи и суховеев, а так же повысит урожайность сельскохозяйственных культур. Лабораторные методы позволяют провести быстрый скрининг большого количества генотипов на небольшой территории в заданных условиях. Моделирование засухи в культуре in vitro основано на добавлении в питательную среду веществ, которые снижают осмотический потенциал. Наиболее оптимальным соединением является полиэтиленгликоль (ПЭГ). Это инертный, неионный полимер, который не проникает в растение, а его концентрация в среде остается постоянной на весь период проведения тестирования [4]. Данное вещество было использовано для оценки дефицита доступной воды на экспланты белого тополя [7], *Coccoloba uvifera* [5] и подвоя *Gisela 5* [6]. В данной работе модельным объектом являлись растения-регенераты *Caragana pygmaea* L., из семейства *Fabaceae*. Представители рода *Caragana это* быстрорастущие растения, которые устойчивы к абиотическим стресс факторам окружающей среды [3].

В качестве питательной среды использовали состав макро- и микросолей по прописи Мурасиге Скуга с добавлением сахарозы 30 г/л и агара 7 г/л. В качестве осмотика добавляли ПЭГ с молекулярной массой 6000 в концентрациях 20, 40, 60 г/л и среда без ПЭГ в качестве контроля. Образцы культивировали на фитостеллажах СТЕЛЛАР-ФИТО LINE (АНО «АВТех», Россия) с 16-часовым фотопериодом и интенсивностью 3000-4500 люкс, при температуре 24 °С в течение 8 недель. Для оценки устойчивости генотипов к действию осмотика оценивали содержание хлорофилла в листовых пластинах, процентное содержание

*Работа выполнена в рамках исполнения плана научно-исследовательской работы ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100427-1 Разработать научные основы сохранения и воспроизводства ценных генотипов древесных и кустарниковых растений в культуре in vitro.

воды в стебле и изменения устьичного аппарата. Для экстракции пигментов использовали диметилсульфоксид. Для определения процентного содержания воды образцы высушивали при 105 градусах до постоянной массы. Для оценки устьичного аппарата с помощью скотча отделяли нижний эпидермис и микроскопировали препарат с помощью микроскопа ЛЮМ 1 LED (Альтами, Россия) и камеры Levenhuk M500 BASE (Levenhuk, США). Обработку данных осуществляли с помощью программного обеспечения LevenhukLite × 64 (Levenhuk, США) и ImageJ (США). Достоверность различий определяли с помощью критерия Манна-Уитни ($p \leq 0,05$). Обработку полученных результатов проводили при помощи пакета Microsoft Excel.

В результате проведенного исследования было отмечено, что устойчивость *C. pygmaea* зависила от способности генотипа к ризогенезу. Экспланты, у которых сформировалась корневая система, были более жизнеспособными, чем растения без корней (рис. 1).

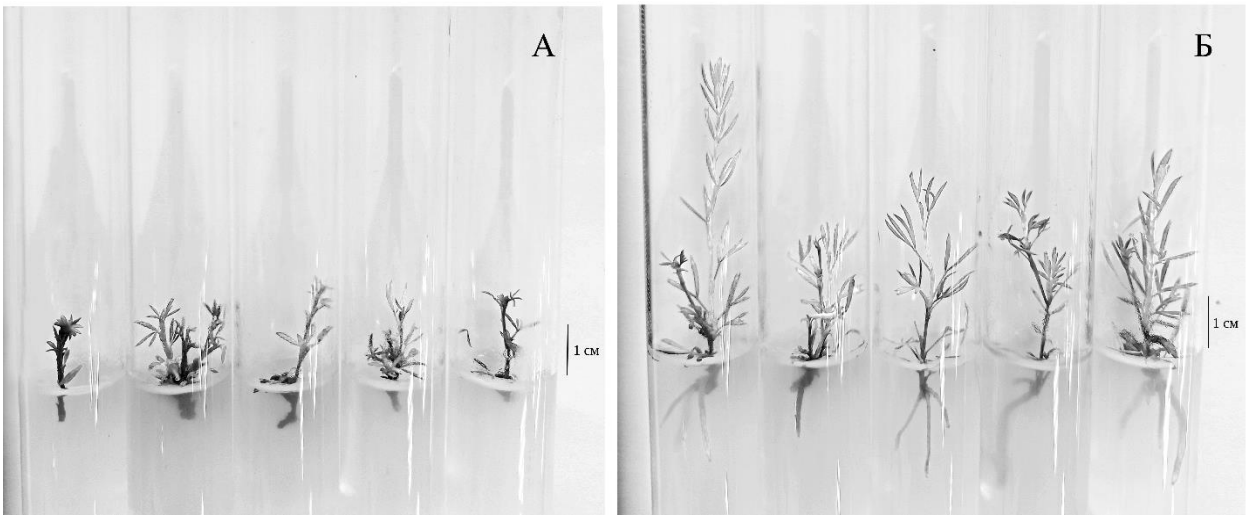


Рис. 1. Экспланты *C. pygmaea* через 8 недель культивирования на среде МС с добавлением ПЭГ 6000 в концентрации 20 г/л А) неукорененные растения; Б) растения с корневой системой

Процентное содержание воды в опытных образцах выше, чем в контрольной группе, статистически достоверными являются различия между контрольной группой и средой с содержанием ПЭГ в концентрации 60 г/л (рис. 2).

Увеличение содержания воды связано с синтезом осмотических соединений, которые позволяют растению удерживать воду внутри организма. Данный признак свидетельствует об устойчивости эксплантов к дефициту доступной воды [1].

Под влиянием ПЭГ в питательной среде произошло уменьшение площади устьичных клеток и уменьшение площади устьичных щелей (табл. 1).

Уменьшение площади устьиц связано с нарушением растяжения клеток в условиях засухи, а смыкание устьиц позволяет уменьшить транспирацию в условиях водного дефицита. Так же было отмечено полное смыкание устьичных клеток у эксплантов на среде МС с добавлением ПЭГ 6000 в концентрации 60 г/л (рис. 3).

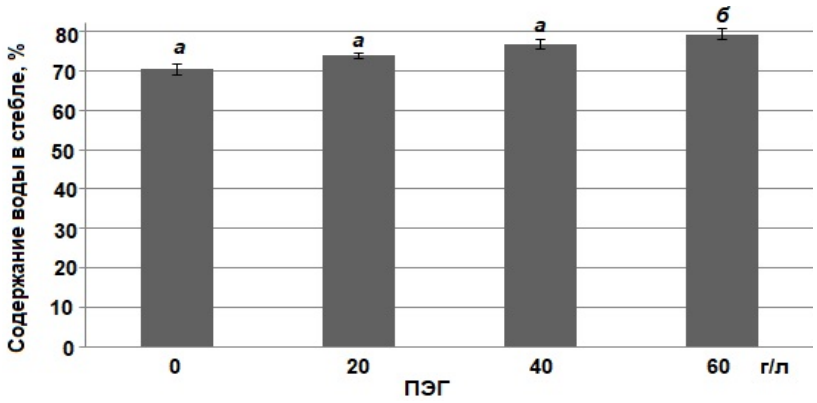


Рис. 2. Процентное содержание воды в стебле *C. pygmaea* L. через 8 недель культивирования на среде МС с добавлением ПЭГ 6000 в концентрации 0; 20; 40; 60 г/л (*а* и *б* показывают статистически значимое различие согласно с U-критерием Манна-Уитни ($p \leq 0,05$)

Таблица 1

Параметры устьичного аппарата листовой пластины *C. pygmaea*

Концентрация ПЭГ в питательной среде, г/л	Площадь устьичных клеток, мкм^2	Площадь устьичной щели, мкм^2
0	321,94 ± 8,40 *а*	18,96 ± 2,91 *а*
20	278,72 ± 9,30 *б*	3,85 ± 0,51 *б*
40	225,11 ± 11,57 *в*	3,04 ± 0,59 *б*
60	218,03 ± 18,89 *в*	1,23 ± 0,59 *б*

Здесь и в табл. 2 а и б показывают статистически значимое различие согласно с U-критерием Манна-Уитни ($p \leq 0,05$).

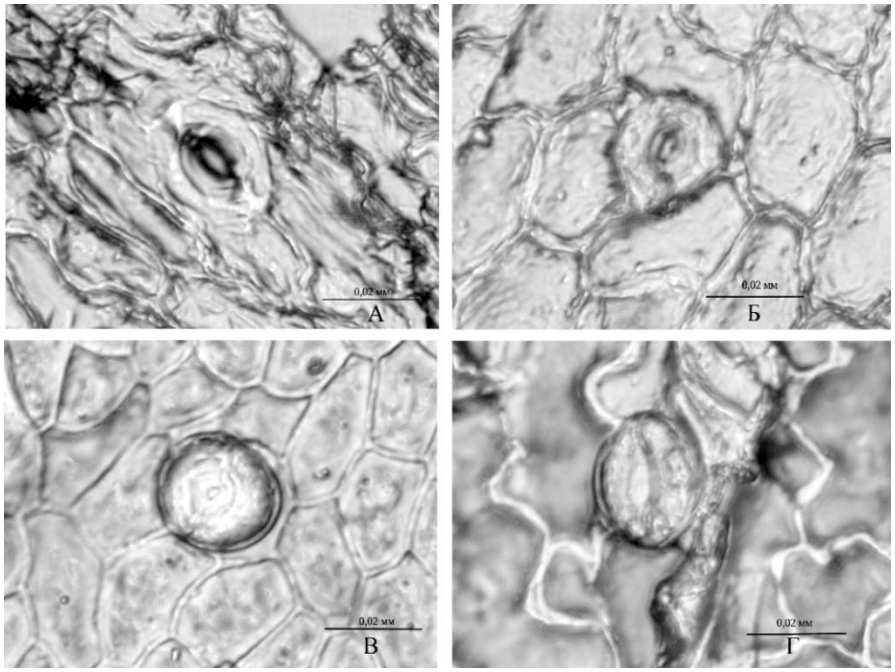


Рис. 3. Устьичные клетки *C. pygmaea* через 8 недель культивирования на среде МС с добавлением ПЭГ 6000 А) 0 г/л; Б) 20 г/л; В) 40 г/л; Г) 60 г/л

Смыкание устьичных клеток привело к снижению содержания хлорофилла в листовых пластинах опытных групп. Статистически значимая разница зафиксирована между образцами контрольной группы и ПЭГ 60 г/л (табл. 2).

Согласно результатам проведенного исследования под влиянием ПЭГ 6000 в питательной среде, отмечено увеличение процентного содержания воды в стебле эксплантов, уменьшение площади устьиц, смыкание устьичных щелей, а также снижение содержания хлорофилла в листовых пластинах. Формирова-

Таблица 2

Содержание хлорофилла в листьях *C. pygmaea* через 8 недель культивирования на среде МС и средах с добавлением осмотика

Концентрация ПЭГ в питательной среде, г/л	Содержание общего хлорофилла, мг/г	Содержание хлорофилла *а*, мг/г	Содержание хлорофилла *б*, мг/г
0	1,38 ± 0,27 *а*	0,93 ± 0,16 *а*	0,45 ± 0,11 *а*
20	0,76 ± 0,06 *а*	0,57 ± 0,05 *а*	0,19 ± 0,01 *а*
40	0,88 ± 0,05 *а*	0,66 ± 0,04 *а*	0,23 ± 0,01 *а*
60	0,54 ± 0,10 *б*	0,40 ± 0,07 *б*	0,14 ± 0,02 *б*

ние корней *C. pygmaea* в условиях моделируемой засухи может являться критерием отбора засухоустойчивых генотипов, поскольку укорененные растения были более устойчивыми к данному абиотическому стрессу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ибрагимова, З. Ш. Параметры водного режима и содержание фотосинтетических пигментов на разных стадиях развития сои в условиях засухи / З. Ш. Ибрагимова, С. А. Мамедова, Р. Т. Алиев // Журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2023. – № 6. – С. 11-16.

2. Юферев, В. Г. Динамика осадков и температуры в летний период на территории Волгоградского Заволжья / В. Г. Юферев, Н. А. Ткаченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 2 (62). – С. 467-474.

3. Ethnobotany, phytochemistry and pharmacology of the genus Caragana used in traditional Chinese medicine / Q. Meng, Y. Niu, X. Niu [et al.] // Journal of ethnopharmacology. – 2009. – Т. 124. – № 3. – P. 350-368.

4. Faisal, S. Polyethylene Glycol mediated osmotic stress impacts on growth and biochemical aspects of wheat (*Triticum aestivum* L.) / S. Faisal, S. M. Mujtaba, Asma, W. Mahboob // Journal of Crop Science and Biotechnology. – 2019. – Т. 22. – P. 213-223.

5. Polyethylene-glycol modulated foliar anatomical and histochemical traits in *Coccoloba uvifera* (L.) L.: A salt and drought tolerant tree species / M. Manokari, M. Cokulraj, M. Faisal [et al.] // South African Journal of Botany. – 2023. – Т. 153. – P. 28-36.

6. Response of the cherry rootstock to water stress induced in vitro / N. Sivritepe, U. Erturk, C. Yerlikaya, [et al.] // Biologia Plantarum. – 2008. – Т. 52. – P. 573-576.

7. The influence of drought on growth and development of white poplar shoots in vitro / V. Vuksanovic, B. Kovacevic, S. Orlovic, [et al.] // Topola. – 2019. – № 203. – P. 13-18.

УДК 630.165

ОЦЕНКА ЭКСПРЕССИИ ГЕНА RUBISCO У *GLEDITSIA TRIACANTHOS* В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЗАСУХИ

П. А. Крылов, к. б. н.; **П. А. Зыбинская**

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Борьба с опустыниванием является приоритетной задачей агролесомелиорации. Для реализации этой задачи необходимо выделить виды и особи древесно-кустарниковых растений,

обладающих засухоустойчивостью и высокой продуктивностью. *Gleditsia triacanthos* L. является интродуцентом и активно применяется в защитном лесоразведении. Экспрессия гена RuBisCo напрямую связана с продуктивностью растений. На основании этого целью работы стало проведение оценки экспрессии гена RuBisCo для выявления особей в популяции *Gleditsia triacanthos* L. в условиях засухи. В результате было выявлено две особи в популяции *Gleditsia triacanthos* L., произрастающих в засушливых условиях, у которых показатель экспрессии гена RuBisCo составил свыше 10 нг/мкл. Исследуемые особи в дальнейшем можно использовать для селекции и решения задач агролесомелиорации.

Борьба с деградацией территорий Юга России, в частности опустынивания, является одной из приоритетных задач агролесомелиорации [1]. К самому распространённому и экономически выгодному способу борьбы из уже существующих можно отнести создание новых лесозащитных полос. Перспективным видом древесных растений является *Gleditsia triacanthos* L., которая является интродуцентом и используется в агролесомелиорации территорий подверженных опустыниванию, так как обладает высокой устойчивостью к засухе [2, 4, 5]. За исключение наличия устойчивости к засухе, также важным параметром древесно-кустарниковых растений является их продуктивность. На молекулярно-генетическом уровне хлоропластный ген RuBisCo отвечает за продуктивность путем участия в регуляции цикла Кальвина и фотодыхания у всех растений [3, 6, 8, 9]. В связи с вышесказанным, важным является проводить отбор высокопродуктивных особей *Gleditsia triacanthos* L. из популяций, произрастающих в условиях аридного климата на основе изучения экспрессии гена RuBisCo для решения задач агролесомелиорации.

Целью работы стало проведение оценки экспрессии гена RuBisCo для выявления особей в популяции *Gleditsia triacanthos* L. в условиях засухи.

Исследование проводилось на базе кластерных дендрологических коллекций (кадастр № 34:34:000000:122 – питомник древесных растений ФНЦ агроэкологии РАН). Семенная популяции *Gleditsia triacanthos* L. включала 10 взрослых особей. Отбор образцов листовой пластинки для изучения экспрессии гена RuBisCo проводился 18 июля в период с 10^{00} по 11^{00} часов по местному времени. Листовые пластинки сразу же помещались в фиксирующий раствор IntactRNA (Евроген, Россия), после чего транспортировались в лабораторию и хранились при – 20 °С в течение суток.

Выделение РНК из листьев *Gleditsia triacanthos* L. осуществлялось согласно протоколу из коммерческого набора HiPure Plant RNA Mini Kit (Magen, Китай) из 100 мг растительной ткани без использования жидкого азота. Концентрацию и качество РНК в образцах оценивали с помощью флуориметра Qubit 4.0. (Thermo Fisher Scientific Inc., США) и спектрофотометра SPECTROstar Nano (BMG LABTECH, Германия) при длинах волн A260/A280.

Для оценки экспрессии гена RuBisCo были использованы два праймера: F:CTTGAATGCTACTGCAGGTA и R:ATCCCGGCAATAATGAGC. Количественную ПЦР-РВ проводили на амплификаторе real-time Gentier 96E (Tianlong, Китай) с использованием коммерческого набора 50X SYBR Green I для ПЦР-РВ (Евроген, Россия). Количественную оценку экспрессии гена RuBisCo оценивали в программе QuantStudio Design and Analysis Software v1.5.1 (Thermo Fisher

Scientific Inc., США) на основе построения стандартной кривой. Количественные данные оценивали в программе Statistica 12.0 (StatSoft, США).

В результате выделения РНК из листьев *Gleditsia triacanthos* L. были получены следующие концентрации, а также проведена оценка качества для дальнейшего исследования экспрессии гена RuBisCo (табл. 1).

Таблица 1

Концентрация и качество выделенной РНК из листьев особей *Gleditsia triacanthos* L.

Особь	Концентрация, нг/мкл	Качество выделенной РНК, A260/A280 нм
1	3,5	1,4
2	15,6	**1,8**
3	3,7	1,7
4	54,4	**1,9**
5	119	**2,0**
6	79,2	**1,9**
7	18,1	**1,9**
8	4,2	1,6
9	8,0	1,6
10	11,1	1,6

Наилучшее качество выделенной РНК в образцах листьев *Gleditsia triacanthos* L. было обнаружено в пробах с концентрацией не менее 15 нг/мкл. Перед постановкой ПЦР-РВ все образцы, концентрация которых была свыше 10 нг/мкл, разбавили до этого значения стерильной дистиллированной водой свободной от ДНКаз и РНКаз. Дополнительно к исследуемым образцам была взята общая проба для построения стандартной кривой. Стандартная кривая содержала 7 разведений и делалась в 3 проворностях, эффективность ПЦР, которой составила 95,093 % (рис. 1).

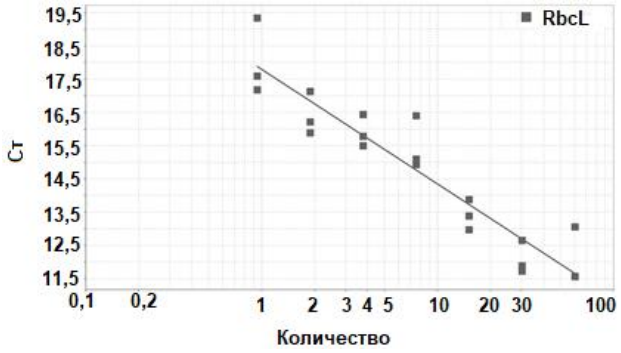


Рис. 1. Стандартная кривая экспрессии гена RuBisCo

Для исследуемых образцов был получен следующий график амплификации (рис. 2).

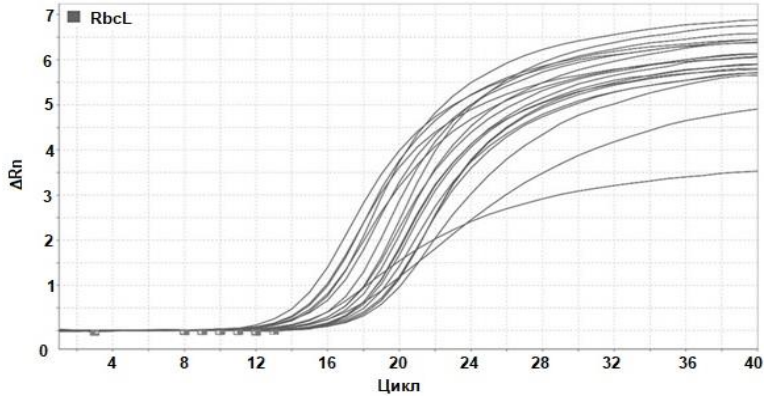


Рис. 2. График амплификации экспрессии гена RuBisCo.в исследуемых образцах листьев *Gleditsia triacanthos* L.

Таблица 2

Количественная экспрессия гена RuBisCo в особях *Gleditsia triacanthos* L.

Особь	C_t ср.	Количество ср., нг/мкл
1	16,613	2,2
2	14,148	**11,6**
3	16,844	1,8
4	16,063	5,1
5	14,961	8,1
6	15,104	7,0
7	14,343	**12,9**
8	17,287	1,4
9	17,722	1,0
10	15,795	4,0

На основе графика амплификации была расчитана количественная экспресия гена RuBisCo (концетрация целевой РНК) в листьях исследуемых особей *Gleditsia triacanthos* L., произрастающих в засушливых условиях (табл. 2).

В результате мы обнаружили две особи *Gleditsia triacanthos* L., чья экспрессия гена RuBisCo составила 11,6 и 12,9 нг/мкл соотвественно. У трех особей экспрессия гена составила менее 2 нг/мкл, что в 6 раз меньше по сравнению со 2 и 7 особью. Также было обнаружено пять оставшися особей имели в средем 5,2 нг/мкл, что все равно в 2,2 раза меньше чем у лидирующих по экспрессии RuBisCo особей *Gleditsia triacanthos* L.

В результате проведенного исследования гена RuBisCo в популяции *Gleditsia triacanthos* L. были выявлены особи, обладающие высоким уровнем экспрессией этого гена. Это может быть использованы в основе разработки новых методов отбора и селекции *Gleditsia triacanthos* L. для решения задач агролесомелиорации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулик, К. Н. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель / К. Н. Кулик // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 3(118). – С. 08-13.

2. Balakina, A. A. Investigation of the structure and composition of the seed cell of Gleditsia and some changes in its structure during swelling / A. A. Balakina, E. E. Nefedieva, Yu. S. Larikova // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2021. – No 03(206): 46-52.

3. Chloroplast genomes: diversity, evolution, and applications in genetic engineering / H. Daniell, C. S. Lin, M. Yu [et al.] // Genome biology. – 2016. – No 17(1): 134.

4. Effects of tree size and park maintenance on soil seed bank of Gleditsia triacanthos, an exotic tree in urban green areas / P. Csontos, T. Kalapos, T. Faradhimu [et al.] // Biologia Futura. – 2020. – No 71: 81-91.

5. Melnik, K. A. Features of fruiting of introduced representatives of the generic Gleditsia complex in the age aspect / K. A. Melnik, A. Sh. Khuzhakhmetova // Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and Higher professional education. – 2022. – No 4(68):184-193.

6. Modifying Plant Photosynthesis and Growth via Simultaneous Chloroplast Transformation of Rubisco Large and Small Subunits / E. Martin-Avila, Y. L. Lim, R. Birch [et al.] // The Plant cell. – 2020. – No 32(9): 2898-2916.

7. Rubisco activity and regulation as targets for crop improvement / M. A. Parry, P. J. Andralojc, J. C. Scales [et al.] // J. Exp. Bot. – 2013 – No 64(3): 717-30.

8. Zoschke, R. Chloroplast translation: structural and functional organization, operational control, and regulation / R. Zoschke, R. Bock // Plant Cell. – 2018. – No 30(4): 745-770.

УДК 577.21

ОЦЕНКА ПОЛИМОРФИЗМА ISSR-МАРКЕРОВ В ПОПУЛЯЦИЯХ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L.

П. А. Кузьмин; А. Р. Макарова

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Приведены результаты молекулярно-генетических исследований двух популяций *Robinia pseudoacacia* L., произрастающих в Волгоградской обл. С использованием 6 ISSR праймеров проведена оценка полиморфизма и генетического разнообразия популяций. Максимальная доля полиморфизма установлена с применением праймера UBC 818 для первой популяции, с праймером UBC 857 для второй популяции.

The results of molecular genetic studies of two populations of Robinia pseudoacacia L. growing in the Volgograd region are presented. Polymorphism and genetic diversity of populations were evaluated using 6 ISSR primers. The maximum proportion of polymorphism was established using the UBC 818 primer for the first population, with the UBC 857 primer for the second population.

Важной задачей популяционной генетики является выявление генетического разнообразия и особенностей внутривидовой дифференциации древесных растений к условиям аридного климата. В результате опустынивания отмечается сокращение генетического разнообразия. Информация о генетической структуре популяции поможет точно оценить генетический потенциал вида, на основе которого можно разработать эффективные мероприятия по сохранению генетического разнообразия [1].

Повысить эффективность селекционного процесса и при этом уменьшить время его проведения поможет маркер-опосредованный отбор. Использование в селекции молекулярных маркеров обозначено термином MAS (marker-assisted selection). В процессе создания нового сорта, формы, линии используют известный маркер, который сцеплен с нужным геном. Селекционер пытается установить взаимосвязь между маркером и признаком, после чего может использовать традиционные методы селекции. Особенностью ДНК-маркерного анализа является проведение его на любой стадии онтогенеза растения, в лабораторных условиях, без предварительной оценки фенотипа в полевых условиях [5].

Определить уровень полиморфизма популяции растений возможно с использованием ISSR-анализа. С целью изучения различных элементов генома и их полиморфизма применяют межмикросателлитные маркеры или ISSR-маркеры (Intel Simple Sequence Repeats). ISSR-маркеры являются неспецифическими маркерами мультилокусного типа, амплифицируют фрагменты ДНК разных длин до 5000 п.н. Данные участки находятся в геноме между микросателлитами. ISSR-маркеры используются с целью генотипирования и эффективны при отсутствии специфичных маркеров [4, 6, 7].

Целью исследования являлась оценка полиморфизма ISSR-маркеров и генетического разнообразия популяций *Robinia pseudoacacia* L. в Волгоградской обл.

Объектами исследования являлись две популяции *Robinia pseudoacacia* L.

Исследование проведено на базе кластерных дендрологических коллекций (кадастр № 34:34:000000:122 – питомник древесных растений ФНЦ агроэкологии РАН, 34:34:070010:21 – Кировское лесничество). Две популяции, расположенные в городе Волгограде, имеют отличия по уровню влагообеспеченности, геологической истории и рельефу.

Первая популяция находится в Кировском лесничестве на Ергенинской возвышенности, где отмечается низкий уровень влагообеспеченности, что замедляет рост деревьев. *С*редняя высота деревьев составляет 3,2 м. Фенофазы существенно сдвигаются на несколько недель, что негативно сказывается на развитии данной популяции.

Вторая популяция *Robinia pseudoacacia* L. находится в питомнике древесных растений ФНЦ агроэкологии РАН. Средняя высота деревьев в данной популяции около 8 м. Здесь у деревьев наблюдается обильное цветение и стабильное плодоношение [3].

Образцы исследуемых растений были собраны в середине вегетационного периода.

Выделение ДНК с использованием додецилсульфата натрия (SDS) и меркаптоэтанола проводили по методике [8].

1.На гомогенизаторе измельчали 100 мг образца в 800 мкл экстракционного буфера, содержащего 100 mM трис-HCl, 50 mM ЭДТА, и 500 mM NaCl (pH 8,0). Непосредственно перед использованием в буфер добавляли 0,2 % (об/об) 2-меркаптоэтанола и 2 % ПВП 10000.

2. После гомогенизации добавляли 100 мкл 20 % SDS, перемешивали и инкубировали в твердотельном термостате при 65 °C 15 минут.

3. После инкубации для осаждения белков добавляли 225 мкл 2М ацетата калия и осторожно перемешивали переворачиванием.

4. Образцы инкубировали в холодильнике при 4 °C в течение 15 минут, затем центрифугировали при 12000 g в течение 10 минут при комнатной температуре.

5. Супернатант переносили в новую пробирку и осаждали ДНК равным объемом ледяного изопропилового спирта.

6. Осадок ДНК центрифугировали при 12000 g в течение 10 минут при комнатной температуре, дважды промывали 0,5 мл 70 % этанола и ресуспендировали в 100 мкл ТЕ-буфера.

Концентрацию полученной ДНК определяли на спектрофотометре Spectrostar (Labtec) в кювете с объемом ячейки 50 мкл и толщиной поглощающего слоя 10 мм. Геномную ДНК разбавляли до концентрации 10 нг/мкл в ТЕ-буфере. Праймеры для ISSR анализа были синтезированы в ЗАО «Евроген» (Москва) в соответствии с набором праймеров, разработанных в Университете Британской Колумбии (UBC, Канада).

Для постановки ПЦР-анализа использовались по три образца с каждого растения, с популяции взято по десять растений. Для ПЦР реакционная смесь объемом 25 мкл включала в себя 2 единицы Taq-полимеразы, 2,5 мкл стандартного 10×буфера для ПЦР, 25 пМ праймера, 2,5 мМ Mg^{2+}, 0,25 мМ dNTP, 5 мкл геном-

ной ДНК. В качестве отрицательного контроля в реакционную смесь добавляли 5 мкл деионизированной воды вместо ДНК. Реакционную смесь нагревали при температуре 95 °С –10 минут, затем повторяли 40 циклов амплификации: 30 с при 95 °С, 30 с при 56 °С, 1 мин при 72 °С. Амплификацию проводили в термоциклере Applied Biosystems QuantStudio 5 (Thermo Fisher Scientific, США) в присутствии красителя ROX с использованием праймеров, применяемых для определения межгенных спейсеров ITS1 (5'-CTACTAGATGGTTCGATTAGTC-3') и ITS2 (5'-GTCCCTGCCGTTTGTACACA-3'). Для проверки достоверности полученных результатов реакцию с каждым праймером ставили три раза.

С целью определения полиморфизма ДНК *Robinia pseudoacacia* L. был осуществлен отбор информативных ISSR-праймеров (табл. 1). Для этого была использована шкала эффективности праймеров предложенная Р. Н. Календарем и С. В. Боронниковой [2]. Данная шкала имеет градацию от 1 (низкая) до 5 (высокая).

Таблица 1

Эффективность ISSR-праймеров

Праймер	Последовательность 5' → 3'	Температура отжига, T_m, °С	Эффективность праймера*
UBC807	AGA GAG AGA GAG AGA GT	50,0	1
UBC808	AGA GAG AGA GAG AGA GC	50,6	5
UBC811	GAG AGA GAG AGA GAG AC	54,2	2
UBC815	CTC TCT CTC TCT CTC TG	50,0	2
UBC818	CACACACACACACACAG	53,0	5
UBC823	TCT CTC TCT CTC TCT CC	50,7	5
UBC826	ACA CAC ACA CAC ACA CC	54,7	5
UBC834	AGA GAG AGA GAG AGA GY	51,5	4
UBC835	AGA GAG AGA GAG AGA GYC	54,0	2
UBC836	AGA GAG AGA GAG AGA GYA	51,5	2
UBC840	GAG AGA GAG AGA GAG AYT	51,5	1
UBC841	GAG AGA GAG AGA GAG AYC	54,0	3
UBC843	CTC TCT CTC TCT CTC TRA	51,5	2
UBC857	ACA CAC ACA CAC ACA CYG	54,0	5
UBC860	TGTGTGTGTGTGTGTGRA	51,5	5
UBC873	GAC AGA CAG ACA GAC A	50,0	1
UBC880	GGA GGG AGG GAG GGA G	62,4	2
UBC890	VHV GTG TGT GTG TGT GT	50,0	1

*Примечание. *Определяли согласно расчетной авторской пятибалльной шкале, предложенной С. В. Боронниковой и Р. Н. Календарем (2007). 1 – низкая до 5 – высокая.*

Геномная ДНК была проанализирована с каждым праймером. Всего было протестирована 18 ISSR-праймеров. Высокую эффективность показали 6 праймеров, которые были использованы в дальнейших исследованиях.

С целью разделения продуктов амплификации по размерам и их визуализации использовали метод горизонтального электрофореза. Для его проведения готовили 2 % агарозный гель и буферный раствор на основе трис-бората. На

источнике питания выставляли напряженность в 75 В, время проведения анализа 90 мин. Результаты электрофореза визуализировали с помощью прибора Gel-Doc XR («Bio-Rad», США) в проходящем ультрафиолетовом свете. Обработку электрофореграмм проводили с использованием программного обеспечения Quantity One® Version 4.6.3. Для идентификации размеров полученных фрагментов ДНК, использовали маркер, имеющий молекулярную массу 100 + bp DNA Ladder. Анализ осуществляли на основе бинарной матрицы, в которой наличие фрагмента обозначали как «1», а отсутствие его «0».

Математический анализ молекулярно-генетического полиморфизма ДНК проведен с применением программы POPGENE Version 1.31.

В работе протестировано 18 ISSR-праймеров, которые имели последовательности с ди- и тринуклеотидными микросателлитными мотивами, имеющими якорные нуклеотиды на 3'-конце. В результате тестирования 18 ISSR-праймеров 6 праймеров отличались высокой эффективностью, которая проявлялась в амплификации большего количества фрагментов ДНК. Остальные праймеры показывали среднюю и низкую эффективность (см. табл. 1). В связи с этим для определения полиморфизма ДНК *Robinia pseudoacacia* L. были взяты следующие праймеры: UBC808, UBC823, UBC826, UBC857, UBC860. Для получения электрофореграмм, пригодных для дальнейшего анализа, определяли оптимальную температуру отжига праймера. Для этого исследовали температуры в диапазоне от 45 до 55 °С.

Анализируемый праймер формировал специфичный спектр продуктов амплификации. Степень насыщенности ампликонами была различной в исследуемых спектрах (табл. 2).

Таблица 2

Оценка ISSR-спектров изученных популяций *Robinia pseudoacacia* L.

Праймер	Популяция	Размер фрагментов, п. н.	Число фрагментов	Число полиморфных фрагментов	Доля полиморфных фрагментов
UBC808	Первая	280-1190	15	2	0,133
	Вторая	360-1240	10	2	0,200
UBC818	Первая	320-1320	12	6	0,500
	Вторая	280-1220	15	4	0,267
UBC823	Первая	320-1140	14	5	0,357
	Вторая	290-1160	12	4	0,333
UBC826	Первая	280-640	11	4	0,364
	Вторая	300-960	10	3	0,300
UBC857	Первая	320-1400	16	7	0,438
	Вторая	280-1200	13	6	0,462
UBC860	Первая	240-980	7	3	0,428
	Вторая	290-920	6	2	0,333

ДНК маркирование первой популяции с использованием отобранных ISSR-праймеров позволило определить 75 амплифицированных фрагментов ДНК, из которых 27 являлись полиморфными (P_{05} = 0,360). Число амплифици-

рованных фрагментов варьировало от 7 до 15 в зависимости от праймера. Размер фрагментов составлял от 240 до 1320 пн. Максимальное число определенных фрагментов отмечено при использовании праймера UBC857. Доля полиморфных ампликонов в первой популяции составляла от 0,133 до 0,500.

Исследование ISSR-спектров второй популяции *Robinia pseudoacacia* L. выявило 66 амплифицированных фрагментов ДНК, из них 21 (0,318) являлись полиморфными. Количество амплифицированных фрагментов изменялось от 6 до 15. Доля полиморфных ампликонов во второй популяции 0,200-0,462.

Максимальная доля полиморфизма установлена с применением праймера UBC 818 для первой популяции, а для второй популяции с праймером UBC 857.

Таким образом, из 18 протестированных праймеров шесть являются эффективными для анализа полиморфизма ДНК *Robinia pseudoacacia* L. Сравнительный анализ генетических структур по полилокусным спектрам продуктов амплификации исследуемых маркеров различных популяций позволил определить в геноме определенные микросателлитные повторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генетическая дифференциация двух фенотипов Plantago media L. на Южном Тимане / И. Г. Захожий, Д. М. Шадрин, Я. И. Пылина [и др.] // Экологическая генетика. – 2020. – Т. 18, № 2. – С. 139-148.

2. Календарь, Р. Н. Анализ молекулярно-генетического полиморфизма природных популяций редких видов растений Урала с помощью ретротранспозонов / Р. Н. Календарь, С. В. Боронникова // Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы IV Московского Международ. конгр. – Ч. 2. – М.: ЗАО «Экспобиохимтехнологии», РХТУ им. Д. И. Менделееева, 2007. – 121 с.

3. Лазарев, С. Е. Комплексная оценка интродукции представителей рода *Robinia* L. и их адаптация для озеленения волгоградской области / С. Е. лазарев: автореф. дис. …. к.. с.-х. н. – Волгоград, 2022. – 24 с.

4. Мацькив, А. О. Анализ генетического разнообразия популяций чая на Западном Кавказе / А. О. Мацькив, Н. Г. Конинская, Е. С. Шуркина // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2022. – № 80. – С. 78-85. – DOI 10.31360/2225-3068-2022-80-78-84.

5. Оценка возможности применения ISSR-маркеров для систематизации и генетической паспортизации растений рода *Rhododendron* /А. А. Новикова, О. В. Шейкина, П. С. Новиков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 82. – С. 79-89.

6. Якушина, Л. Г. Эффективность SSR- и ISSR-маркеров для оценки генетического полиморфизма сортов и гибридов хризантемы садовой (*Chrysanthemum* × *hortorum* Bailey) / Л. Г. Якушина, Р. М. Шхалахова // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2021. – № 20-1. – С. 520-525. – DOI 10.14258/pbssm.2021105.

7. Luo, C. SSR-analysis of Genetic Relationship and Classification in Chrysanthemum Germplasm Collection / C. Luo, D. Chen, X. Cheng [et al.] // Horticultural Plant Journal, 2018. – Vol. 4, № 2. – P. 73-82. DOI: 10.1016/j. hpj.2018.01.003.

8. Niu, Ch. A safe inexpensive method to isolate high quality plant and fungal DNA in an open laboratory environment / Ch. Niu, H. Kebede, D. L. Auld [et al.] // African Journal of Biotechnology. – 2008. – V. 7. – № 16. – pp. 2818-2822.

УДК 575.112

ГЕННЫЕ СЕТИ УСТОЙЧИВОСТИ К ЗАСУХЕ У ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*QUERCUS ROBUR*)

В. О. Малов; А. В. Третьякова; Л. В. Деревщикова; П. А. Крылов, к. б. н.
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

В ответе растений на недостаток влаги задействовано большое количество генов, организованных в генетические сети. Большинство исследований генных взаимодействий проводится на модельном растении *Arabidopsis thaliana*, а геномы остальных автоматически аннотируются на основании гомологии с описанными генами и их продуктами у арабидопсиса. В данном исследовании проводится анализ наличия в геноме дуба черешчатого (*Quercus robur*) гомологов генов ключевых участников ответа на засуху *Arabidopsis thaliana*. Найдены гены, гомологичные ключевым участникам сигнальных путей у арабидопсиса, что позволяет предположить, что два основных пути ответа на засуху и другие абиотические типы стресса: путь абсцизовой кислоты и путь DREB-белков – функционируют у дуба черешчатого аналогично таковым у арабидопсиса, за исключением, возможно нескольких отдельных белков.

A large number of genes organized into genetic networks are involved in the plant response to deficiency of water. Most researches of gene interactions are carried out on the model plant Arabidopsis thaliana, and the genomes of other plants are automatically annotated based on homology with the described genes and their products in Arabidopsis. This study analyzes the presence of homologues of *Arabidopsis thaliana* L. genes coding key participants in the response to drought in the pedunculate oak genome (*Quercus robur* L.). Genes homologous to key participants of signaling pathways in arabidopsis have been found, which suggests that the two main pathways of response to drought and other abiotic types of stress: the abscisic acid pathway and the DREB protein pathway function in pedunculate oak similarly to those in arabidopsis, with the possible exception of several individual proteins.

Используемые для сельского хозяйства территории России в значительной мере подвержены засухе, что существенно осложняет хозяйственную деятельность [1]. В связи с этим имеется потребность в создании новых засухоустойчивых сортов растений, включая древесные. Дуб черешчатый (*Quercus robur*) – одно из важнейших растений, используемых для создания лесных насаждений на территории юга России, поэтому вопрос его устойчивости к засухе стоит особенно остро.

Различные абиотические типы стресса: жара, засоленность почвы, засуха и избыточная освещенность на молекулярном уровне приводят к схожим негативным эффектам, таким, как нарушение водно-солевого баланса и увеличение концентрации свободных радикалов. Поэтому физиологические ответы на различные абиотические стрессы включают сходные изменения в метаболизме растения [13]. Многие компоненты сигнальных путей оказываются вовлечены в физиологический ответ сразу на несколько типов абиотического стресса [7, 18].

Геном дуба черешчатого (*Quercus robur*) секвенирован, и аннотирован [45], что дает возможность проводить сравнительный анализ генов с их гомологами в других организмах. Это в свою очередь позволяет находить перспективные гены интереса для молекулярной селекции. Одними из таких генов являются гены компонентов консервативных сигнальных путей ответа на абиотические факторы стресса.

Изучение генетических сетей устойчивости к засухе и иным абиотическим факторам стресса позволит в дальнейшем планировать эксперименты по молекулярной селекции дуба черешчатого (*Quercus robur*). Наиболее перспективными генами интереса представляются гомологи ключевых компонентов сигнальных путей и их конечных мишеней, уже описанных в базах данных.

Большинство молекулярно-генетических исследований проводится на модельном растении *Arabidopsis thaliana*, и почти все гены, упомянутые в этом анализе – были открыты и названы для этого растения. Остальные геномы, в том числе, дуба черешчатого (*Quercus robur*) – аннотированы автоматически, на основании данных ДНК и РНК-секвенирования с измерением количественной экспрессии участков генома, но без экспериментального исследования белков. На основании таких данных можно с высокой вероятностью предполагать наличие у дуба черешчатого ключевых сигнальных путей, но для работ по молекулярной селекции потребуется дальнейшая экспериментальная работа.

В связи с этим, целью исследования стало построение сети генов, влияющих на устойчивость растения к засухе, которые являются перспективными мишенями для дальнейших работ по селекции.

В данной работе проводится анализ описанных в литературе взаимодействий генов, преимущественно у *Arabidopsis thaliana* и поиск гомологичных генов и белков в автоматически аннотированном геноме дуба черешчатого, который расположен в открытом доступе на сайте NCBI. Поиск гомологичных генов производился при помощи поисковых запросов по базе Gene(NCBI): (Gene name) AND Quercus robur [Organism], а также при помощи программы локального выравнивания белковых последовательностей BLASTp (параметры: Organism: Quercus robur).

Был выполнен анализ генов, вовлеченных в ответ на дефицит флаги у *Quercus robur* и *Arabidopsis thaliana*, по результатам которого была построена схема (рис. 1), включающая два основных пути устойчивости к абиотическим факторам стресса.

Всего было отобрано 23 гена, которые являются ключевыми участниками ответа на дефицит влаги и гомологи которых имеются у дуба черешчатого (*Quercus robur*). На схеме отображены путь абсизовой кислоты и путь транскрипционных факторов ICE/DREB [12]. Абсцизовая кислота – основной фитогормон стресса, при дефиците влаги его концентрация увеличивается. Существуют несколько типов рецепторов ABA, которые запускают пути, активирующие транскрипцию конечных генов устойчивости [8]. У Дуба черешчатого были обнаружены гомологи рецепторов ABAR [17] и PYR/PYL/RCAR [15], но не были найдены гомологи транскрипционных факторов ABRE. Нисходящие молекулы этих путей, такие, как фосфатазы ABI1 [11] и ABI2 [6], киназа SLAC-1 [16], ABI4 [14] и конечные мишени. Гомологи транскрипционных факторов ABI3 [8] и ABI5 [19] у *Quercus robur* также обнаружены. У *Quercus robur* прослеживаются гомологи ключевых учасников DREB-пути, активирующегося в условиях засухи и холода: ICE1 [2], JAZ [10], COL1 [21], SIZ1 [20], HOS1 [9], MYB15 [1].

По результатам анализа генома дуба черешчатого (*Quercus robur*) можно с высокой вероятностью предположить, что основные генные сети устойчивости к

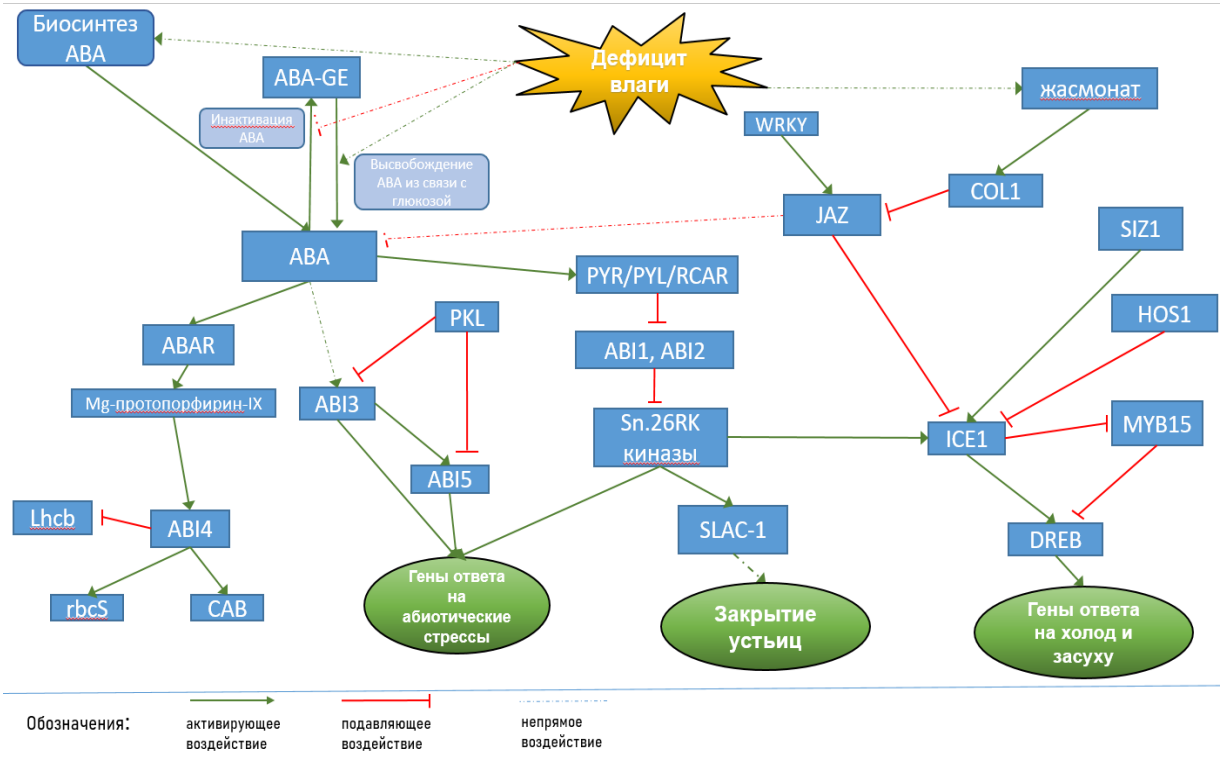


Рис. 1. Генетическая сеть пути абсцизовой кислоты и транскрипционного фактора DREB2 в ответ на дефицит влаги

засухе аналогичны таковым у *Arabidopsis thaliana*, не найдены только отдельные гены, которые могли быть неверно определены вследствие несовершенства методов автоматической аннотации генома. Дальнейшие работы по молекулярной селекции засухоустойчивых сортов дуба черешчатого (*Quercus robur*) потребуют дальнейшей экспериментальной проверки отобранных перспективных генов интереса, а имеющиеся данные являются хорошей базой для начала таких работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года, переработанная и дополненная / К. Н. Кулик [и др.]; ФНЦ агроэкологии РАН. – Волгоград, 2018. – 36 с.

2. A R2R3 type MYB transcription factor is involved in the cold regulation of CBF genes and in acquired freezing tolerance / M. Agarwal, Y. Hao, A. Kapoor [et al.] // Journal of Biological Chemistry. – 2006. – No Dec 8; 281(49): 37636-45. – doi: 10.1074/jbc.M605895200. – PMID: 17015446.

3. ABA perception and signalling / A. S. Raghavendra, V. K. Gonugunta, A. Christmann [et al.] // Trends Plant Science. – 2010 Jul. – No 15(7):395-401. – doi: 10.1016/j.tplants.2010.04.006. – PMID: 20493758.

4. Abscisic acid inhibits type 2C protein phosphatases via the PYR/PYL family of START proteins / S-Y. Park, P. Fung, N. Nishimura [et al.] // Science. – 2009 May 22. – No 324(5930):1068-71. – doi: 10.1126/science.1173041 – PMID: 19407142.

5. Activity of guard cell anion channel SLAC1 is controlled by drought-stress signaling kinase-phosphatase pair / D. Geiger, S. Scherzer, P.Mumm [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences USA. – 2009 Dec 15. – No 106(50):21425-30. – doi: 10.1073/pnas.0912021106. – PMID: 19955405.

6. Arabidopsis ABA response gene ABI1: features of a calcium-modulated protein phosphatase / J. Leung, M. Bouvier-Durand, P. C Morris [et al.] // Science. – 1994 Jun 3. – No 264(5164):1448-52. – doi: 10.1126/science.7910981. – PMID: 7910981.

7. Decoding the oak genome: public release of sequence data, assembly, annotation and publication strategies / C. Plomion, J-M. Aury, J. Amselem [et al.] // Molecular Ecology Resourses. – 2016 Jan. – No 16(1):254-65. – doi: 10.1111/1755-0998.12425. – PMID: 25944057.

8. Finkelstein, R. R. The Arabidopsis abscisic acid response gene ABI5 encodes a basic leucine zipper transcription factor / R. R. Finkelstein, T. J. Lynch // Plant Cell. – 2000 Apr. – No 12(4):599-609. – doi: 10.1105/tpc.12.4.599. – PMID: 10760247.

9. ICE1: a regulator of cold-induced transcriptome and freezing tolerance in Arabidopsis / V. Chinnusamy, M. Ohta, S. Kanrar [et al.] // Genes Development. – 2003 Apr 15. – No 17(8):1043-54. – doi: 10.1101/gad.1077503. – PMID: 12672693.

10. Isolation of the Arabidopsis ABI3 gene by positional cloning / J. Giraudat, B. M. Hauge, C. Valon [et al.] // Plant Cell. – 1992 Oct. – No 4(10):1251-61. – doi: 10.1105/tpc.4.10.1251. – PMID: 1359917.

11. Jasmonate regulates the inducer of cbf expression-C-repeat binding factor/DRE binding factor1 cascade and freezing tolerance in Arabidopsis / Y. Hu, L. Jiang, Wang F. [et al.] // Plant Cell. – 2013 Aug. – No 25(8):2907-24. – doi: 10.1105/tpc.113.112631. – PMID: 23933884.

12. Leung, J. The Arabidopsis ABSCISIC ACID-INSENSITIVE2 (ABI2) and ABI1 genes encode homologous protein phosphatases 2C involved in abscisic acid signal transduction / Leung J., S. Merlot, J. Giraudat // Plant Cell. – 1997 May. – No 9(5):759-71. – doi: 10.1105/tpc.9.5.759. – PMID: 9165752.

13. Plant hormone regulation of abiotic stress responses / R. Waadt, CA. Seller, P-K. Hsu [et al.] // Nature Reviews Molecular Cell Biology. – 2022 Oct. – No 23(10):680-694. – doi: 10.1038/s41580-022-00479-6. – PMID: 35513717.

14. Role of ABA in Maturation of Rapeseed Embryos. / R. R. Finkelstein, K. M. Tenbarge, J. E. Shumway [et al.] // Plant Physiology. – 1985 Jul. – No 78(3):630-6. – doi: 10.1104/pp.78.3.630. – PMID: 16664296.

15. SIZ1-mediated sumoylation of ICE1 controls CBF3/DREB1A expression and freezing tolerance in Arabidopsis / K. Miura, JB. Jin, J. Lee [et al.] // Plant Cell. – 2007 Apr. – No 19(4):1403-14. doi: 10.1105/tpc.106.048397. – PMID: 17416732.

16. The Arabidopsis abscisic acid response locus ABI4 encodes an APETALA 2 domain protein / R. R. Finkelstein, M. L. Wang, T. J. Lynch [et al.] // Plant Cell. – 1998 Jun. – No 10(6):1043-54. – doi: 10.1105/tpc.10.6.1043. – PMID: 9634591.

17. The Arabidopsis CORONATINE INSENSITIVE1 protein is a jasmonate receptor / J. Yan, C. Zhang, M. Gu [et al.] // Plant Cell. – 2009 Aug. – No 21(8):2220-36. – doi: 10.1105/tpc.109.065730 – PMID: 19717617.

18. The Mg-chelatase H subunit is an abscisic acid receptor / Y-Y. Shen, X-F. Wang, F-Q. Wu [et al.] // Nature. – 2006 Oct 19. – No 443(7113):823-6. – doi: 10.1038/nature05176. – PMID: 17051210.

19. The negative regulator of plant cold responses, HOS1, is a RING E3 ligase that mediates the ubiquitination and degradation of ICE1 / C. H. Dong, M. Agarwal, Y. Zhang [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences USA. – 2006 May 23. – No 103(21):8281-6. – doi: 10.1073/pnas.0602874103. – PMID: 16702557.

20. Two transcription factors, DREB1 and DREB2, with an EREBP/AP2 DNA binding domain separate two cellular signal transduction pathways in drought- and low-temperature-responsive gene expression, respectively, in Arabidopsis / Q. Liu, M. Kasuga, Y. Sakuma [et al.] // Plant Cell. – 1998 Aug. – No 10(8):1391-406. – doi: 10.1105/tpc.10.8.1391. – PMID: 9707537.

21. Wang, W. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance / W. Wang, B. Vinocur, A. Altman // Planta. – 2003 Nov. – No 218(1):1-14. – doi: 10.1007/s00425-003-1105-5. – PMID: 14513379.

УДК: 577.113.083

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОТОКОЛА ЭКСТРАКЦИИ ДНК ИЗ ЛИСТЬЕВ ГЛЕДИЧИИ ТРЕХКОЛЮЧКОВОЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

А. Ф. Рябуха, к. фармацевт. н.; **Е. Д. Иванова**
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Проведено сравнение четырех протоколов экстракции ДНК из листьев Гледичии трехколючковой (Gleditsia triacanthos L.) и выбраны два оптимальных протокола для дальнейшего проведения молекулярно-генетического анализа. С полученной по данным протоколам ДНК была проведена ПЦР с двумя праймерами – ITS и psb K-psb I.

Four protocols of DNA extraction from the leaves of Gleditsia triacanthos L. (*Gleditsia triacanthos* L.) were compared and two optimal protocols were selected for further molecular genetic analysis. With the DNA obtained according to these protocols, PCR was performed with two primers – ITS and psb K-psb I.

В настоящее время для территории Российской Федерации характерны растущие темпы деградации земель. По данным российских и зарубежных ученых защитное лесоразведение и агролесомелиорация являются экологичными, экономичными, надежными и продолжительно действующими методами мелиорации земель и борьбы с засухой [2]. Большой интерес для защитного лесоразведения в засушливых районах вызывает Гледичия трехколючковая (*Gleditsia triacanthos* L.), род Гледичия (*Gleditsia*), признанная перспективным видом для внедрения во вновь создаваемые барьерные зоны защитных лесных насаждений в связи с высокой засухоустойчивостью [1].

Интерес к данному виду обусловлен также содержанием тритерпеновых сапонинов, алкалоидов, комплекса пектинов, полисахаридов, фенольных соединений, аминокислот, имеющих высокую фармакологическую активность при различных заболеваниях [6, 7].

В настоящее время молекулярно-генетический анализ растений осуществляется с различными целями. Путем ДНК-маркирования проводятся выявление ценных генотипов, мониторинг генетической изменчивости исследуемого вида, его адаптации к негативным факторам среды обитания, определение уровня генетического разнообразия в селекционных программах различного направления [3, 4].

Ключевым этапом молекулярно-генетических исследований является процедура выделения ДНК из растительного материала. Существуют различные протоколы выделения ДНК, отличающиеся приемами разрушения клеточной стенки, очистки ДНК и т. д. Физико-химические свойства содержащихся в растениях первичных и вторичных метаболитов, во многом совпадающие со свойствами нуклеиновых кислот, могут загрязнять полученный препарат ДНК и препятствовать проведению ПЦР [5].

Таким образом, актуальным является апробация различных протоколов экстракции, позволяющих получить очищенную ДНК с максимальным выхо-

дом для последующего генетического анализа гледичии трехколючковой.

Целью исследования явилось сравнение четырех протоколов выделения и очистки ДНК из листьев гледичии трехколючковой и выбор оптимального протокола для дальнейших исследований с применением ДНК-маркирования.

ДНК выделяли из листьев гледичии трехколючковой, полученных от сеянцев, выращенных в лабораторных условиях. Измельчение материала и экстракцию ДНК проводили на гомогенизаторе Precellys 24 (Франция). Электрофорез проводили в камере для горизонтального электрофореза Bio-Rad (Америка). Амплификацию проводили на термоциклере Applied Biosystems QuantStudio 5 (Thermo Fisher Scientific, США). Для проведения полимеразной цепной реакции использовали готовую смесь 5 × qPCRmix-HS SYBR + LowROX буфер, праймеры ITS1 и ITS2, psb K и psb I (Евроген, Россия).

С целью получения ДНК с максимальным выходом и минимальным загрязнением образцов вторичными метаболитами апробировали четыре протокола экстракции и очистки ДНК (табл. 1).

Таблица 1

Основные этапы протоколов выделения ДНК

Этап получения ДНК	Протокол			
	первый	второй	третий	четвертый
Гомогенизация	Измельчение 100 мг листовой пластинки в 0,8 мл буфера состава: 100 mM трис-HCl, 50 mM ЭДТА и 500 mM NaCl (pH 8,0), 2 % ПВП 10000, 0,2 % (об.%) 2-меркаптоэтанола	Измельчение 100 мг листовой пластинки в буфере состава: 100 mM трис-HCl, 50 mM ЭДТА и 500 mM NaCl (pH 8,0), 1 % (об.%) 2-меркаптоэтанола	Измельчение 100 мг листовой пластинки в 0,8 мл буфера состава: 100 mM трис-HCl, 50 mM ЭДТА и 1,4 M NaCl (pH 8,0), 2 % ПВП 10000, 0,0028M раствор дитиотреитола	Измельчение 100 мг листовой пластинки в 0,8 мл подогретого до 65 °C буфера состава: 2 % ЦТАБ, 1,4M NaCl, 0,1 M трис-HCl, pH 8,0, 20 mM ЭДТА, 2 % ПВП 10000, 2 % 2-меркаптоэтанол
Экстракция и лизис клеток	Добавление к гомогенату 100 мкл 20 % додецилсульфата натрия, инкубирование в твердотельном термостате при 65 °C 15 мин. Пробу осторожно перемешивают, избегая встряхивания, так как буфер пенится и ДНК фрагментируется			Выдерживание гомогената 30 мин в твердотельном термостате при 65 °C
Очистка от метаболитов (белков, полисахаридов, полифенолов)	Добавление 225 мкл 2M ацетата калия, осторожное перемешивание, выдерживание при 4°C 15 мин, центрифугирование при 12000 g в течение 10 минут при комнатной температуре. Отбирают 600-700 мкл надосадочной жидкости			Очистка хлороформом (равным количеством). Отбор надосадка
Получение ДНК	Добавление к надосадочной жидкости равного объема холодного 99 % изопропанола, выдерживание в холодильнике 1 час, отделение ДНК центрифугированием, дважды промыв осадка 70 % спиртом, удаление спирта при нагревании 10 минут до 45 °C, растворение ДНК в 100 мкл ТЕ-буфера. Полученную ДНК хранить при –20 °C для последующего анализа			

Проверка качества выделенной ДНК проводилась методами спектрофотометрии и ПЦР в реальном времени (PCR-real time).

Концентрацию (нг/мкл) полученной ДНК определяли на спектрофотометре Spectrostar (Labtec) в кювете с объемом ячейки 50 мкл и толщиной поглощающего слоя 10 мм. Данный метод позволяет также сделать вывод о чистоте полученного экстракта.

Использовали два типа праймеров:

1. Ядерные последовательности ITS:

прямой праймер – ITS1-TCCGTAGGTGAACCTGCGG;

обратный праймер – ITS 2-TCCTCCGCTTATTGATATGC.

2. Хлоропластные маркеры psb K и psb I, являющиеся продуктом секвенирования межгенного спейсера. Данный фрагмент амплифицируется с помощью праймеров:

psb K-TTAGCCTTTGTTTGGCAAG;

psb I-AGAGTTTGAGAGTAAGCAT.

Полученные ампликоны разделяли методом горизонтального электрофореза в 2 % агарозном геле, в трис-ацетатном буфере при напряженности электрического поля 75В в течение 60 минут.

Визуализацию результатов электрофореза проводили в гель-документирующей системе («Invitrogen iBright», США), в проходящем ультрафиолетовом свете после связывания фрагментов ДНК с бромистым этидием.

Мы применили и сравнили несколько протоколов выделения ДНК с додецилсульфатом натрия и цетилтриметиламмония бромидом (табл. 1). Далее концентрация и чистота полученной ДНК была оценена спектрофотометрически (табл. 2).

Таблица 2

Концентрация и спектральные соотношения образцов ДНК

Спектрофотометрические характеристики образцов ДНК	Протокол			
	первый	второй	третий	четвертый
Концентрация, нг/мкл	76,14±20,38	289,17±37,68	86,62±29,4	108,3±37,46
Соотношение λ260/ λ280	1,42±0,07	1,53±0,03	1,75±0,03	1,70±0,05
Соотношение λ260/λ235	0,97±0,06	1,56±0,14	1,70±0,21	1,70±0,21

Как видно из представленных в табл. 2 результатов, при отсутствии в экстракционном буфере ПВП (второй протокол), являющегося сорбентом для полифенольных соединений, среднее значение концентрации было высоким – около 280 нг/мкл, но экстракты были загрязненными, о чем свидетельствовали и низкие значения спектральных соотношений λ260/λ280 и λ260/λ235. Спектры, полученные для образцов без ПВП в буфере экстракции, не имели четко выраженного максимума при 260 нм, что говорит о сильном загрязнении пробы белками и полифенолами. Недостаточная очистка пробы наблюдалась также при низкой концентрации меркаптоэтанола в экстракционном буфере (первый протокол).

При выделении ДНК по третьему и четвертому протоколу спектральные соотношения были в пределах 1,7-1,8, что свидетельствует о лучшей очистке

экстракта, содержащего ДНК, от белков и полифенолов, в сравнении с предыдущими методами.

Чистота полученной ДНК была также оценена методом горизонтального электрофореза.

Была проведена ПЦР в реальном времени с праймерами ITS и psb K-psb I и показана амплифицируемость или неамплифицируемость выделенных образцов ДНК на основании величины порогового цикла амплификации Ст.

Полученные ампликоны были разделены методом горизонтального электрофореза в 2 %-ном агарозном геле с бромистым этидием (0,003 %). Электрофореграммы представлены на рис. 1.

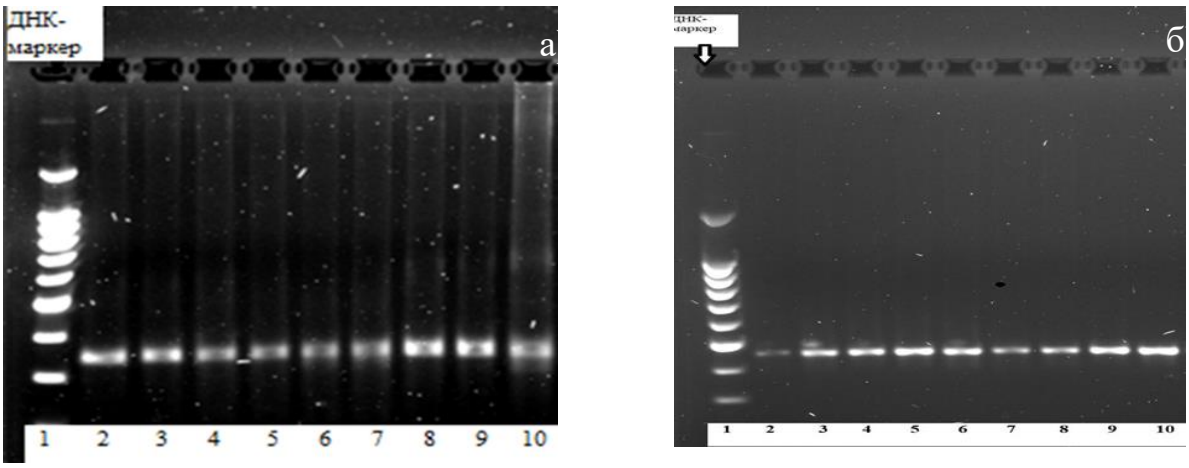


Рис. 1. Электрофореграмма продуктов ПЦР ДНК, полученной по третьему протоколу с праймерами ITS (а), и с праймерами psb K-psb I (б); лунка 1 – ДНК-маркер 250 + bp, лунки 2-10 – пробы ДНК

ДНК, выделенная по третьему и четвёртому протоколу, хорошо подвергалась амплификации с обоими праймерами, наблюдалось достаточное количество продукта и хорошая воспроизводимость.

По результатам проведенных исследований были выбраны два протокола экстракции ДНК из листьев гледичии трехколючковой, позволяющие достичь необходимого качества ДНК для последующего молекулярно-генетического анализа. Сравнительный анализ выбранных методов экстракции ДНК для растений рода *Gleditsia* показал, что успешная ISSR-ПЦР идет при устранении ингибирующих веществ (белков и полифенолов). Как метод экстракции с додецилсульфатом натрия, так и CTAB-метод позволяют получить приемлемое качество образцов ДНК для проведения дальнейшего ПЦР-анализа.

ЛИТЕРАТУРА

2. Адамова, Р. М. Эколого-биологические аспекты формирования защитных лесных насаждений в аридных районах / Р. М. Адамова, М-Р. А Казиев // Аридные экосистемы. – 2021. – Т. 87, № 2. – С. 26-32.

Кулик, К. Н. Роль защитного лесоразведения в борьбе с засухой и опустыниванием агроландшафтов / К. Н. Кулик, А. И. Беляев, А. М. Пугачёва // Аридные экосистемы. – 2023. – Т. 29, № 1(94). – С. 4-14.

3. Лесная селекция в России: достижения, проблемы, приоритеты (обзор) / В. В. Тараканов, М. М. Паленова, О. В. Паркина [и др.] // Лесохозяйственная информация. – 2021. – № 1. – С. 100-143.

4. Оценка полиморфизма дуба черешчатого (*Quercus robur*) с помощью SSR-анализа / Е. А. Кулаков, Е. А. Воробьева, В. А. Сиволапов [и др.] // Лесной вестник. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 44-51.

5. Рябушкина, Н. А. Специфика выделения ДНК из растительных объектов/ Н. А. Рябушкина, М. Е. Омашева, Н. Н. Галиакпаров // Биотехнология. Теория и практика. – 2012. – № 2. – С. 9-26.

6. Сальникова, Н. А. Химический состав и фармакологические свойства растений рода *Gleditsia* L. (обзор литературы) / Н. А Сальникова, М. А. Самотруева, Д. А. Коновалов // Курский научно-практический вестник "Человек и его здоровье". – 2019. – № 3. – С. 87-96.

7. Gleditsia species: An ethnomedical, phytochemical and pharmacological review / J-P. Zhang, X.-H. Tian, Y.-X. Yang, [et al.] // Journal of Ethnopharmacology. – 2016. – Feb 3; 178. – P. 155-71.

УДК 606:631.53

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ IN VITRO ВИДОВ РОДА *LONICERA* L., ПЕРСПЕКТИВНЫХ В ЗАЩИТНОМ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИИ И ГОРОДСКОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ*

Т. В. Терещенко; О. О. Жолобова, к. б. н.; **И. В. Могилевская,** к. б. н.
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Определен оптимальный способ стерилизации первичных эксплантов на этапе введения в культуру in vitro трех видов рода *Lonicera* L. Эффективность обработки составила 70-88 %. Результаты могут быть использованы для масштабирования биотехнологическими методами видов *Lonicera*, перспективных в агролесомелиорации.

The optimal sterilization method of primary explants at the introduction stage into in vitro culture for three species of the genus Lonicera L. The efficiency of treatment was 70-88 %. The results can be used for scaling up biotechnological methods of Lonicera species promising in agroforestry.

Род *Lonicera* L. семейства *Caprifoliaceae* насчитывает около 200 видов, имеющих широкий ареал произрастания: от Кавказа до Сибири и от Алтая до Гималаев, в западных районах Японии, Кореи и Китая [10]. Эти растения обладают высокой степенью адаптации, зимостойки, хорошо цветут и плодоносят, имеют качественные семена и перспективны в различных типах озеленительных посадок [4].

В настоящее время в лесных насаждениях встречается преимущественно один вид жимолости – татарская (*Lonicera tatarica* L.) [1, 3, 8]. Данная культура характеризуется быстрым ростом, засухоустойчивостью и морозостойкостью, переносит суровые условия степного климата, не требовательна к почвам, хорошо растет на глинистых и засоленных почвах. Однако *L. tatarica* поражается тлями и вирусными болезнями, что снижает достоинства этой породы [9].

*Исследование выполнено в рамках выполнения государственного задания НИР ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100427-1 «Разработать научные основы сохранения и воспроизводства ценных генотипов древесных и кустарниковых растений в культуре in vitro».

Для повышения биоразнообразия и устойчивости полезащитных лесных полос актуальна интродукция новых видов древесно-кустарниковых [2, 5]. В литературных источниках в настоящее время исследователями большее внимание уделяется размножению коммерчески ценных сортов жимолости съедобной (*L. edulis* Turcz.). В связи с этим для успешного внедрения в искусственные посадки и определения интродукционных возможностей перспективных для агролесомелиорации видов рода *Lonicera* L. необходимо изучить и отработать способы их размножения.

Эффективными методами масштабирования растений являются биотехнологические, они дают возможность ускоренно получать посадочный материал независимо от времени года и периода вегетации маточных деревьев [7]. In vitro культивирование тканей и органов растений позволяет проводить селекционный отбор генотипов, устойчивых к различным природным стресс-факторам путем моделирования селективных систем с заданными контролируемыми условиями среды [6].

Целью данной работы являлся подбор оптимальных способов стерилизации эксплантов некоторых видов рода *Lonicera* L. на этапе введения в культуру in vitro.

Методика исследования основывалась на общепринятых классических приемах работы с культурами изолированных тканей и органов растений [7].

В качестве первичных эксплантов использовали узловые сегменты размером 1,5-2,0 см, взятые с молодых побегов текущего года в период активной вегетации (май-июнь 2023 г.). В качестве маточных растений были взяты три вида жимолости (*Lonicera tatarica* L., *Lonicera morrowii* A. Gray, *Lonicera syringantha* Maxim.), произрастающие на территории дендрария ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:060061:10).

Первый этап стерилизации эксплантов заключался в 10-ти минутной обработке раствором с ПАВ и последующем промывании под проточной водой в течение 1 часа. На втором этапе стерилизация осуществлялась с применением 70 %-ного этилового спирта в течение 1 мин с промыванием в стерильной дистиллированной воде и последующей обработкой растворами дезинфицирующих препаратов: «Лизоформин 3000», пероксид водорода (H_2O_2) и «Белизна». Далее экспланты пятикратно промывали в стерильной дистиллированной воде. Работа проводилась в стерильных условиях ламинарного бокса. Культивирование после обработки осуществляли на питательной среде Мурасиге и Скуга со сниженными вдвое концентрациями макро- и микросолей (½ MS) без добавления гормонов в течение 16-ти часового фотопериода при температуре 23 ± 2 °С.

Эффективность режимов стерилизации оценивалась по числу незараженных эксплантов, способных к дальнейшей регенерации, результаты оценки представлены в таблице.

В результате эксперимента выявлена эффективность обработки эксплантов *L. tatarica* и *L. syringantha* 3 %-ным раствором «Лизоформин 3000» в течение 10 мин при ведении в начале мая, максимальное число стерильных жизнеспособных эксплантов у обоих видов составило 70 %. При уменьшении концентрации «Лизоформин 3000» до 2 % их количество значительно снизилось.

Для *L. morrowii* оптимальной оказалась стерилизация 15 %-ным раствором пероксида водорода (эффективность 88,9 %) (рис. 1а); для *L. tatarica* и *L. syringantha* эффективность снизилась до 60,0-3,6 %.

Таблица

Эффективность стерилизации видов *Lonicera* в разное время введения

Время введения	Режим стерилизации*	Количество стерильных жизнеспособных эксплантов, % от начального		
		L. tatarica	*L. morrowii*	*L. syringantha*
Первая декада мая	«Лизоформин 3000», 2 %	50,0	40,0	30,0
	«Лизоформин 3000», 3 %	**70,0**	60,0	**70,0**
	H_2O_2, 15 %	60,0	**88,9**	63,6
Третья декада мая	«Лизоформин 3000», 5 %	20,0	27,3	18,2
	H_2O_2, 10 %	25,6	27,3	10,0
	H_2O_2, 20 %	58,3	53,6	16,7
Первая декада июня	«Белизна», 20 %	30,0	30,0	9,1
	«Белизна», 30 %	35,0	36,4	20,0
	«Белизна», 50 %	50,0	58,3	36,4

**Время стерилизации во всех режимах – 10 минут.*

Обработка даже высокой концентрацией раствора «Белизны» (50 %) дала меньшую эффективность (50,0-58,3 %) по сравнению с препаратом «Лизоформин 3000» (3 %) для *L. tatarica* и *L. morrowii*. Процент стерильных жизнеспособных эксплантов при снижении концентраций раствора «Белизны» не превысил 30 % из-за высокого заражения микроскопическими грибами (рис. 1б).

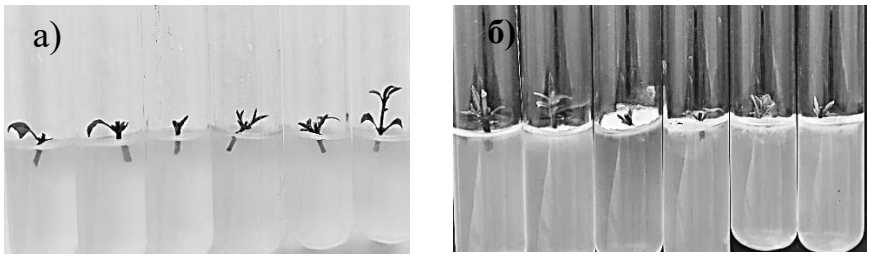


Рис. 1. Экспланты видов *Lonicera* L. через 7 дней культивирования in vitro: а – стерильные регенерирующие; В – зараженные

В результате исследования были получены активно регенерирующие стерильные культуры in vitro трех видов рода *Lonicera* L. (рис. 2).

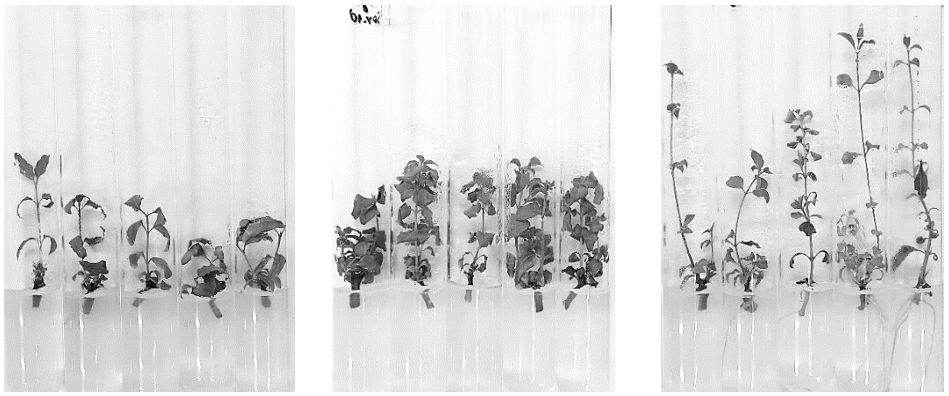


Рис. 2. Активно регенерирующие экспланты *Lonicera* L. через 8 недель культивирования in vitro (а – *L. tatarica*; б – *L. syringantha*; в – *L. morrowii*)

В ходе проведенного исследования выявлено, что эффективность стерилизации во многом зависит от времени года и периода вегетации растения. При увеличении концентраций дезинфицирующих растворов в конце мая – начале июня очаги некротизации у эксплантов отсутствовали при одновременном возрастании их зараженности. Вероятно, это связано с накоплением инфекций на побегах при введении в более поздние сроки вегетации. Поэтому обработка растворами «Лизоформин 3000» (5 %) и пероксида водорода (20 %) в этом случае оказалась неэффективной.

Таким образом, для каждого из исследуемых видов *Lonicera* L. определен оптимальный режим стерилизации с высоким процентом стерильных эксплантов (70-88 %), способных к активной регенерации. Введение в культуру in vitro в более ранние сроки (первая декада мая) дало большую эффективность на этом этапе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабанов, А. Т. Научное обоснование инновационного проекта агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства балочных водосборов / А. Т. Барабанов, А. В. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2017. – № 2(46). – С. 67-73.

2. Кулик, К. Н. Научное обеспечение агролесомелиорации в современных условиях и на перспективу / К. Н. Кулик, А. С. Рулев, А. М. Пугачёва // Лесная мелиорация и эколого-гидрологические проблемы Донского водосборного бассейна: материалы Нац. науч. конф., Волгоград, 29-30 окт. 2020 г. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2020. – С. 68-73.

3. Научное обоснование создания памятника природы на овражно-балочных землях правого берега Дона с целью сохранения уникальных лесокультурных комплексов / А. В. Кулик, О. А. Гордиенко, А. М. Пугачёва [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2019. – № 4(56). – С. 100-110.

4. Семенютина, А. В. Адаптация кустарников и перспективы их применения в рекреационно-озеленительных насаждениях засушливой зоны / А. В. Семенютина, С. М. Костюков // Вестник ИрГСХА. – 2011. – № 44-1. – С. 122-130.

5. Соломенцева, А. С. Интродукция смородины золотистой в засушливой зоне // А. С. Соломенцева / Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: материалы VIII Международ. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию создания Совета молодых ученых при СО ВАСХНИЛ, Новосибирск, 24 март. 2021 г. – Новосибирск: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, 2021. – С. 53-57.

6. Табацкая, Т. М. Биотехнологическая оценка коллекционного материала березы и тополя в условиях солевого стресса в культуре in vitro / Т. М. Табацкая, Е. Ю. Аминева, О. С. Машкина // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы V Международ. науч.-практ. конф., Симферополь, 5-9 окт. 2020 г. – Симферополь: «Ариал», 2020. – С. 190-191.

7. Тимофеева, С. Н. Технологии микроразмножения in vitro: учебно-методическое пособие / С. Н. Тимофеева, Ю. В. Смолькина, Н. В. Апанасова [и др.]. – Саратов: Саратовский государственный университет, 2016. - 38 с.

8. Турчин, Т. Я. Оценка объектов лесоразведения, созданных по различным технологиям в степной зоне / Т. Я. Турчин, Н. Е. Проказин, В. В. Поповичев [и др.] // Экономика и экология территориальных образований. – 2022. – Т. 6, № 3. – С. 46-60.

9. Чепурной, В. С. Практическая агролесомелиорация: методические указания по изучению эколого-биологических особенностей и морфологических признаков древесных видов для защитного лесоразведения / В. С. Чепурной, Д. В. Максимцов. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – 98 с.

10. Seed Germination and Vegetative Propagation of Promising Decorative *Lonicera tatarica* L. (*Caprifoliaceae* Juss.), Introduced into the Tashkent Botanical Garden (Uzbekistan) / S. S. Nosirov, N. K. Rakhimova, A. K. Matismoilov // American Journal of Plant Sciences. – 2023. – V. 14. – No 4. – P. 496-505.

УДК 631.532; 581.143.6; 581.192.7

ОСОБЕННОСТИ КАЛЛУСОГЕНЕЗА ЭКСПЛАНТОВ *COTINUS COGGYGRIA* В УСЛОВИЯХ IN VITRO*

Н. Г. Фоменко; О. О. Жолобова, к. б. н.
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Представлены результаты проведенного исследования по оценке способности к каллусообразованию *Cotinus coggygria* Scop. Описаны структурно-морфологические особенности первичного каллуса (цвет, структура) и его морфогенность.

Presents the results of a study conducted to assess the ability to callus formation of Cotinus coggygria Scop. The structural and morphological features of the primary callus (color, structure) and its morphogenicity are described.

Cotinus coggygria Scop. относится к семейству *Anacardiaceae* и представляет собой листопадный кустарник высотой до 5 м, достаточно светолюбива и не требовательная к почве, произрастает на песках, засоленных степных темно-каштановых и легких разностях светло-каштановых почв, солонцах. Имеет важное значение в степном защитном лесоразведении, а также используется для закрепления эродируемых обнаженных склонов, оврагов и других элементов гидрографической сети [3].

Размножается семенами и отводками, однако при семенном размножении выход сеянцев небольшой, из-за достаточно плотной семенной оболочки, которая значительно затрудняет проникновение влаги внутрь семени.

Одним из перспективных методов биотехнологии для трудновоспроизводимых растений является соматический эмбриогенез. В его основе лежит явление тотипотентности, которая позволяет растительной клетке в условиях культуры in vitro реализовывать имеющуюся у нее генетическую информацию и давать начало целому организму [2]. Этот эффективный метод регенерации растений является модельной системой для молекулярно-генетических и физиологических исследований растений на ранних этапах онтогенеза, а также имеет прикладное значение в современных генетико-селекционных исследованиях.

Протоколы по соматическому эмбриогенезу разработаны для многих растений семейства *Anacardiaceae*, таких как: *Mangifera indica* L. [5], *Anacardium occidentale* L. [6], *Pistachio vera* L. [7] и т. д.

*Работа выполнена в рамках государственного задания НИР ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100427-1 «Разработать научные основы сохранения и воспроизводства ценных генотипов древесных и кустарниковых растений в культуре in vitro» FNFE – 2022 – 0008.

Целью данного исследования являлось определить способность *C. Coggygria* к непрямому соматическому морфогенезу.

Для индукции каллусных тканей у *C. coggygria* на питательную среду, приготовленную по протоколу Мурасиге и Скуга [1], дополненную синтетическими фитогормонами: ауксин 2,4 – дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-D) и цитокинин тидиазурон (TDZ), в пяти концентрациях от 0,5 до 2,5 мг/л, в условиях ламинар-бокса БМБ-II-«Ламинар-С»-1,2 (Россия) переносили нарезанные микропобеги (с 1-2 междоузлием) и листовые экспланты, заранее асептически выращенных в условиях in vitro регенерантов, закрывали стерильной пищевой пленкой и культивировали в течение 4-х недель, на фитостеллажах СТЕЛЛАР-ФИТО LINE (Россия) с 16-часовом фотопериодом при температуре 22-24 °С.

По истечению этапа культивирования, проводилась оценка индукции каллусогенеза (ИК) и морфологических особенностей образовавшихся каллусных тканей. Индукция рассчитывалась по формуле [4]:

$$ИК = \frac{\text{количество каллуса индуцированное эксплантами}}{\text{общее количество инокулированных эксплантов}} \cdot 100\ \%.$$

В ходе проведения исследования у *C. coggygria* отмечалась специфическая реакция на присутствие фитогормонов в питательной среде. Помимо зафиксированной индукции каллусогенеза, наблюдалось покраснение побегов и листьев. Также была установлена прямая зависимость индукции от концентрации фитогормонов. На питательных средах, содержащих в своем составе TDZ, при увеличении концентрации гормона отмечалось снижение индукционной способности эксплантов, максимальные показатели индукции отмечалась на низких концентрациях 0,5-1,0 мг/л и составляли 83,6 и 75,2 % соответственно. Обратная зависимость наблюдалась на питательных средах с фитогормоном 2,4-D. Подробные результаты представлены в таблице.

Таблица

Индукция каллусогенеза эксплантов *C. Coggygria*

Индукция каллусогенеза, %				
TDZ, мг/л				
0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
83,6 ± 5,4	75,2 ± 9,1	67,1±7,9	63,3 ± 5,6	58,6 ± 9,2
2,4-D, мг/л				
0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
50,2 ± 12,5	58,8 ± 12,1	66,9 ± 13,6	83,8 ± 5,4	91,9 ± 4,7

При оценке структурно-морфологических особенностей каллусной ткани, было отмечено, что формировавшийся в процессе культивирования каллус как в присутствии гормона 2,4-D, так и TDZ на всех исследуемых концентрациях был от темно-коричневого до черного цвета. Это свидетельствует о том, что в процессе культивирования эксплантами выделялось высокое количество фенольных соединений, которые стремительно ускоряли процессы старения каллуса и препятствовали его дальнейшему нарастанию и формированию морфогенных клеток. На питательной среде с фитогормоном 2,4-D каллус не имел

четко дифференцированной структуры и был сильно обводненным (рис. 1). В присутствии невысоких концентраций TDZ каллусная ткань была рыхлой, при ее повышении структура становилось более плотной (рис. 2).

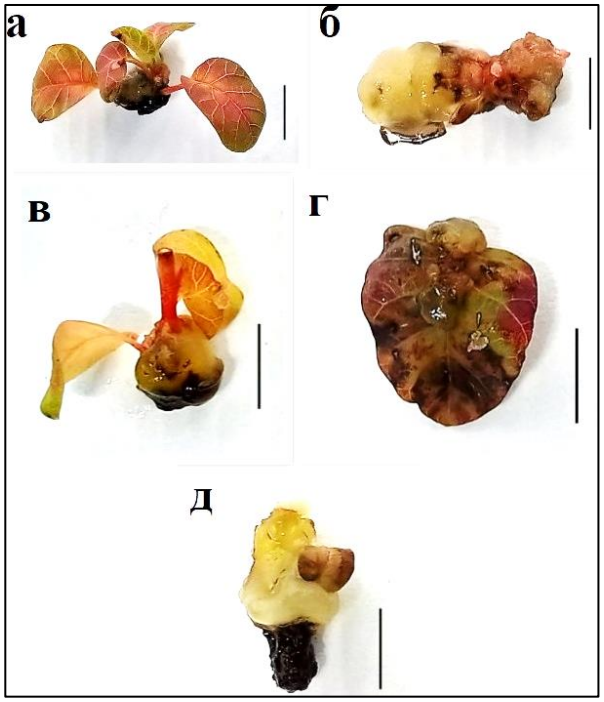


Рис. 1. Структура каллусных тканей *C. coggygria* на питательной среде с 2,4-D, мг/л: а – 0,5; б – 1,0; в – 1,5; г – 2,0; д – 2,5. Масштаб 0,5 см

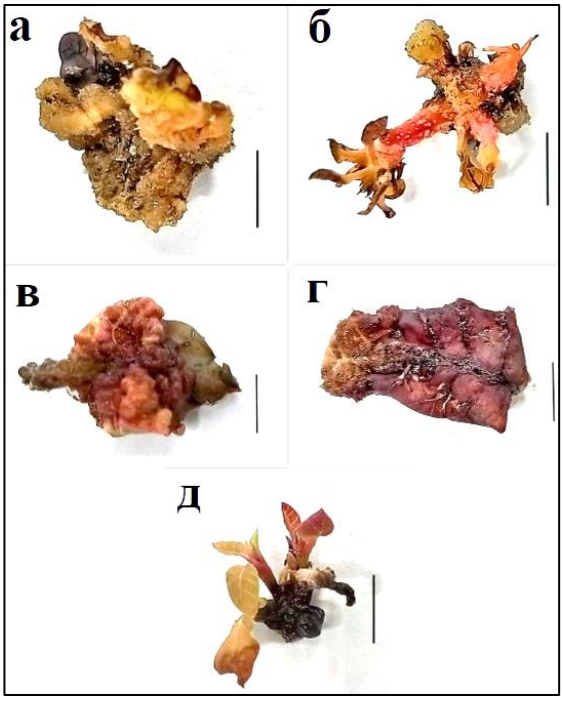


Рис. 2. Структура каллусных тканей *C. coggygria* на питательной среде с TDZ, мг/л: а – 0,5; б – 1,0; в – 1,5; г – 2,0; д – 2,5. Масштаб 0,5 см

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод о том, что *C. coggygria* способна к каллусообразованию, однако провести достоверную оценку на способность к непрямому соматическому морфогенезу не представляется возможным, поскольку образовавшийся первичный каллус на всех питательных средах с синтетическими фитогормонами 2,4-D и TDZ был некротизирован из-за активного накопления фенольных соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутенко, Р. Г. Биология клеток высших растений in vitro и биотехнологии на их основе: Учеб. пособие МГУ им. М. В. Ломоносова / Р. Г. Бутенко. – М.: ФБк-Пресс. 1999. – Т. 160. –С. 3.

2. Митрофанова, И. В. Соматический эмбриогенез как система in vitro размножения культурных растений / И. В. Митрофанова // Физиология и биохимия культурных растений. – 2009. – Т. 41, N 6. – С. 496-508.

3. Чепурной, В. С. Практическая агролесомелиорация. Методические указания по изучению эколого-биологических особенностей и морфологических признаков древесных видов для защитного лесоразведения / В. С. Чепурной, Д. В. Максимцов. – Краснодар: Изд-во Кубан. гос. аграр. ун-та, 2016. – С. 86-88

4. Abd El-Hameid, A. R. Identification of DNA variation in callus derived from Zingiber officinale and anticoagulation activities of ginger rhizome and callus / A. R. Abd El-Hameid,

Z. A. Abo El-kheir, M. S. Abdel-Hady // Bulletin of the National Research Centre. – 2020. – Vol. 44. – P. 103-108. doi:10.1186/s42269-020-0281-9

5. Ara, H. Mango (*Mangifera indica* L.) / H. Ara, U. Jaiswal, V. S. Jaiswal // Protocol for somatic embryogenesis in woody plants. – 2005. – Vol. 77. – P. 229-246. doi:10.1007/1-4020-2985-3_18

6. Nadgauda, R. S. Cashew (*Anacardium occidentale* L.) / R. S. Nadgauda, S. S. Gogate // Protocol for Somatic Embryogenesis in Woody Plants. – 2005. – Vol. 77. – P. 157-165. doi:10.1007/1-4020-2985-3_13

7. Onay A. Somatic embryogenesis in pistachio (*Pistacia vera* L.) / A. Onay, C. E. Jeffree // Somatic Embryogenesis in Woody Plants. – 2000. – Vol. 6. – P. 361-390. doi:10.1007/978-94-017-3030-3_11

9. ЭКОЛОГО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕЛЬСКОГО И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

УДК 574.9

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЭКОТОННОЙ СИСТЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩА ЦАГАН-НУР*

Д. М. Арилов; О. Г. Бембеева, к. б. н.
БНУ РК «Институт комплексных исследований аридных территорий»,
г. Элиста, РФ

Представлены результаты исследований побережий водохранилища Цаган-Нур за период 2022-2023 гг. Приведены современные данные о состоянии растительности экотонной системы, установлены преобладающие растительные сообщества для каждого блока экотонов, проведен флористический анализ.

Presents the results of studies of the Tsagan-Nur reservoir's coasts for the period 2022-2023. Modern data on the state of vegetation of the ecotone system are presented, the prevailing plant communities for each block of ecotones are established, and a floristic analysis is carried out.

Объект исследования – водохранилище руслового типа Цаган-Нур, располагающееся в Кетченеровском и Октябрьском р-нах Республики Калмыкия. Водохранилище вытянуто с севера на юго-восток, ограничено в верхней северной части земляной плотиной водоема у поселка Ханата, с юга – у поселка Цаган-Нур. Ложе вытянуто на 45 км при ширине от 0,7 до 1,5 км, средняя глубина 1,15 м. По данным космической съемки на 2023 г. его площадь составила 19,22 км^2.

Согласно классификации В. С. Залетаева «Экотоны в биосфере» [1], выделены 6 основных блоков структурно-функциональной организации экотонов «вода – суша». Для данного объекта сотрудниками института за период исследования были описаны и проанализированы 4 из них: флуктуационный – ежегодно заливаемый участок побережья; динамический – заливаемый не ежегодно, в годы максимального половодья; дистантный – незаливаемая территория, но испытывающая воздействие неглубоко (до 3-5 м) залегающих грунтовых вод, и маргинальный – воздействие водоема передается через микроклимат предыдущих блоков (переходный к зональному).

Целью данной статьи является описание и анализ полученной информации о современном состоянии растительности экотонных систем побережий водохранилища, используя имеющийся опыт многолетних (2001-2021 гг.) геоэкологических исследований [4, 5].

*Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-10017, https://rscf.ru/project/23-27-10017/.

Исследования 2022-2023 гг. проводились согласно методике комплексного изучения искусственных водоемов и экотонных зон для аридных территорий, сочетающей наземные исследования с геоинформационными технологиями. Изучение объекта проводилось во время вегетационного периода с апреля по октябрь на двух ключевых участках: в центральной (наиболее широкой) русловой части и южной приплотинной. Для исследования блоков экотонной системы на побережьях водохранилища прокладывали топоэкологические профили перпендикулярно урезу воды, от водоема вглубь побережья до зональной растительности. В пределах каждого блока отбирались грунтовые воды на минерализацию, отмечалась их глубина залегания, а также выполнялось стандартное геоботаническое описание и отбор почвенных укосов на биологическую продуктивность [3]. При оценке фитоценотического разнообразия сообществ использовали принцип выделения видов фитоценозов на основании выделения сообществ, видового состава, доминирования видов. Для определения видовой принадлежности растений исследуемых фитоценозов использовали определители высших сосудистых растений [6-8]. Анализ жизненных форм растений основан на подходах И. Г. Серебрякова [2].

Рассмотрим состояние каждого ключевого участка.

Весной 2023 г. воды в приплотинной части стало меньше, и урез воды по сравнению с весной 2022 г. сместился на 200 м в сторону центра водоема. Протяженность *флуктуационного* блока составила 290 м от уреза воды. В этом блоке было выделено 4 пояса смены растительных сообществ. Глубина залегания грунтовых вод на поясах возрастала от 0,25 до 1,30 м. Их минерализация варьировала от 14,29 до 19,26 г/л, тип засоления преимущественно сульфатно-натриево-хлоридный. Почвы влажные луговые засоленные высокосолончаковатые. В данном блоке на четырех исследуемых поясах были отмечены следующие сообщества: содовосолянковое (*Soda acutifolia*) с общим проективным покрытием (ОПП) 80 % и биологической продуктивностью воздушно-сухого веса фитомассы 194 г/м^2; бассиево-содосолянковое сообщество (*Soda acutifolia-Bassia hyssopifolia*) с ОПП 60 %, воздушно-сухой вес фитомассы составил 48 г/м^2; рудеральное сообщество (*Chenopodium album-Atriplex tatarica-Senecio vernalis*) с ОПП 55 %, воздушно-сухой вес 79 г/м^2; мортуково-сантонинополынное сообщество (*Artemisia santonica-Eremopyrum orientale*) с ОПП до 50 %, воздушно-сухой вес 43 г/м^2. Количество видов в поясах возрастало от 3 до 18.

Протяженность *динамического* блока составила около 70 м. В полосе этого блока произрастало рудеральное сантонинополынно-костровое сообщество (*Anisantha tectorum-Artemisia santonica*). Грунтовые воды залегли на глубине более 1,65 м. Почвы влажные луговые засоленные высокосолончаковатые. ОПП 65 %, количество видов 15. Сообщество двухъярусное: первый ярус высотой от 1,2 м и сомкнутостью крон 0,3-0,4, был представлен кустарниками *Tamarix ramosissima* и *Nitraria schoberi* высотой 0,90 м, с обилием по Друде un. Второй ярус высотой до 50 см представлен доминирующими видами: *Anisantha tectorum* (ПП 35 %) с обилием по Друде cop^2 и *Artemisia santonica* (ПП 12 %) с обилием sp^2.

Ширина *дистантного* блока достигала 140 м. Здесь сформировались лугово-бурые засоленные высокосолончаковатые почвы. Отмечено рудерально-

полынно-тамариксовое (*Tamarix ramosissima-Artemisia spp.-Ruderis*) сообщество с ОПП 70 %, воздушно-сухой вес фитомассы составил 91 г/м^2. Количество видов 20.

Маргинальный блок начинался с 697 м от уреза воды. Почвы бурые пустынно-степные легкосуглинистые в комплексе с солонцами. Зональная растительность была представлена мятликово-сантонинополынным (*Artemisia santonica-Poa bulbosa*) сообществом с ОПП 45 %, количество видов растений насчитывало 27. Воздушно-сухой вес фитомассы в данном блоке составил 72 г/м^2.

Урез воды в центральной части водохранилища по сравнению с весной 2022 г. сместился на 60 м в сторону коренного берега. Протяженность *флуктуационного* блока составила 103 м от уреза воды, из них полоса с *Phragmites australis* в воде составила 1,5 м. Выделены 2 пояса растительности. Глубина залегания грунтовых вод достигала 1,4 м с минерализацией до 10-12 г/л, тип засоления – натриево-сульфатно-хлоридный. Здесь формируются влажно-луговые и луговые почвы. Растительность первого пояса представлена содово-солянково-солеросовым сообществом (*Salicornia perennans-Soda acutifolia*), протяженность которого составила 52 м. Общее проективное покрытие сообщества составило 85 %. Воздушно-сухой вес фитомассы в данном блоке составил 56,4 г/м^2. Растительность второго пояса состояла из рудеральных растений, ширина полосы – 27 м, ОПП – 65 %, количество видов 13. Биологическая продуктивность в данной полосе составила 155 г/м^2.

Ширина *динамического* блока достигла 106 м, включая 2 полосы растительности. Грунтовые воды залегли на глубине более 2,05 м. Здесь сформировались луговые засоленные высокосолончаковатые почвы. В первой полосе растительности, протяженность которой составила более 60 м, произрастали сантонинополынно-неравноцветниково-тамариксовые (*Tamarix laxa-Anisantha tectorum-Artemisia santonica*) сообщества. ОПП сообщества – 75 %, количество встреченных видов – 19. Биологическая продуктивность сообщества составила 98 г/м^2. Во второй полосе протяженностью более 50 м произрастали мортуково-мятликово-сантоникополынно-тамариксовые сообщества (*Tamarix laxa-Artemisia santonica-Poa bulbosa-Eremopyrum orientale*). ОПП – 45 %, количество видов – 28. Воздушно-сухой вес фитомассы растений составил 58 г/м^2.

Ширина *дистантного* блока достигла 80 м. Почвы лугово-бурые засоленные высокосолончаковатые. Здесь произрастали злаково-полынно-тамариксовые (*Tamarix laxa-Artemisia spp-Poaceta*) сообщества. ОПП сообщества – 30 %, количество встреченных в данном блоке видов – 23. Воздушно-сухой вес фитомассы растений составил 67 г/м^2.

Маргинальный блок начинался с 320 м от уреза воды. Зональная растительность была представлена вострецово-мятликово-полынным (*Artemisia santonica, Artemisia austriaca-Poa bulbosa-Leymus ramosus*) сообществом с ОПП 45 %. Почвы бурые пустынно-степные легкосуглинистые в комплексе с солонцами. Количество видов растений – 22. Воздушно-сухой вес фитомассы составил 53 г/м^2.

Камеральная обработка полевого материала за 2022-2023 гг. исследования показала, что общее видовое богатство во флоре изучаемых ключевых участков на территории водохранилища Цаган-Нур составило 87 видов расте-

ний, относящихся к 74 родам и 22 семействам. Наиболее многочисленными семействами являются *Asteraceae* (19,5 %), *Poaceae* (17,2 %), *Chenopodiaceae* (14,9 %) и *Brassicaceae* (11,5 %). Семейства *Caryophyllaceae* (4,6 %), *Boraginaceae* (3,5 %) и *Rubiaceae* (3,5 %) отмечены меньшим количеством (3-4 вида) растений. Остальные 15 семейств насчитывают по 1-2 вида (25,3 %).

Анализ жизненных форм показал, что доминирующую роль во флоре исследуемых ключевых участков занимают малолетние и многолетние травы – 46 (52,9 %) и 32 видов (36,8 %) соответственно. Из полудревесных видов отмечены полукустарнички, на их долю, насчитывающих 5 видов, приходится 5,8 % (*Artemisia santonica, A. pauciflora, Tanacetum achilleifolium, Anabasis aphylla, Limonium suffruticosum*) и 1 (1,2 %) полукустарник (*Alhagi pseudalhagi*). Древесные виды представлены 3 (3,5 %) кустарниками: *Nitraria schoberi*, *Tamarix laxa* и *Tamarix ramosissima*.

Анализ видов растений по отношению к влаге позволил выделить ряд основных и промежуточных экологических типов. Большинство видов растений исследуемой флоры водохранилища относятся к ксерофитам – 41,4 % (36 видов). Мезофиты представлены 15 видами (17,2 %). Переходные типы (мезоксерофиты и ксеромезофиты) занимают 21,8 % (19 видов) и 19,5 % (17 видов) соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Залетаев, В. С. Структурная организация экотонов в контексте управления // Экотоны в биосфере = Ecotones in Biosphere / Рос. акад. наук. Ин-т вод. проблем. Рос. акад. естеств. наук; под ред. В. С. Залетаева. – М.: РАСХН, 1997. – С. 11-30.

2. Серебряков, И. Г. Экологическая морфология растений / И. Г. Серебряков. – М.: Высшая школа, 1962. – 377 с.

3. Уланова, С. С. Методика комплексной геоэкологической оценки искусственных водоемов и прилегающих территорий: методическое пособие / С. С. Уланова; Ин-т комплекс. исслед. аридных территорий. – Элиста: [тип.] ИКИАТ, 2009. – 53 с. ISBN 978-5-902603-21-4.

4. Уланова, С. С. Экологический мониторинг водоемов Прикаспийской низменности на территории Калмыкии (на примере водохранилища Цаган-Нур) / С. С. Уланова // Аридные экосистемы. – 2015. – Т. 21, № 2(63). – С. 27-37. – EDN VCMDIN.

5. Уланова, С. С. Экотонные системы побережий водохранилища Цаган-Нур и их изменения по результатам долговременного мониторинга / С. С. Уланова // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. – 2021. – № 2(43). – С. 28-35. – DOI 10.24412/2071-7830-2021-243-28-35. – EDN FGYESX.

6. Флора Нижнего Поволжья. Т. 2, ч. 1. Раздельнолепестные двудольные цветковые растения (*Salicaceae – Droseraceae*) / Отв. ред. Н. М. Решетникова; Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. – 497 с.

7. Флора Нижнего Поволжья. Т. 2, ч. 2. Раздельнолепестные двудольные цветковые растения (Crassulaceae - Cornaceae) / Отв. ред. Н. М. Решетникова; Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. – 519 с.

8. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – Л.: Наука, 1995. – 990 с.

УДК 634.0.6:634.0.266

НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕСЕННЕГО ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

А. Т. Барабанов, д. с.-х. н.
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, РФ

Защита почв от эрозии должна осуществляться на знании закономерностей формирования склонового стока на водосборах при разном характере сельскохозяйственных деятельности. Установлено, что при промерзании почвы более 50 см водопоглощение и сток зависят только от снегозапасов и влажности почвы

Soil protection from erosion should be based on knowledge of the patterns of formation of slope runoff in catchments with different types of agricultural activities. It is established that when the soil freezes more than 50 cm, water absorption and runoff depend only on snow reserves and soil moisture.

Противоэрозионная защита почв может быть достигнута на основе применения системы земледелия, которая должна строиться на адаптивно-ландшафтном принципе и знании особенностей формирования склонового стока на водосборах. Идеология адаптивно-ландшафтного принципа (подхода), обустройства сельскохозяйственных земель впервые была сформулирована В. В. Докучаевым [3], который считал важнейшим условием повышения продуктивности земель восстановление *гидрологического режима территории.*

Аналогичные задачи ставил перед собой и выдающийся ученый – эрозиовед, профессор А. С. Козменко при разработке основ противоэрозионной мелиорации [5]. Он впервые обосновал необходимость осуществлять *регулирование поверхностного стока комплексом мероприятий на целых водосборах.* Важно отметить, что главным условием сельскохозяйственной деятельности, как у В. В. Докучаева, так А. С. Козменко, является регулирование водного режима. Для этого необходимо знание закономерностей формирования склонового стока, влияние на него природных и антропогенных факторов и их взаимодействия.

В результате многолетних исследований учеными выявлено много природных факторов, от которых зависит поверхностный сток. Осуществлен ряд важных теоретических разработок, объяснены многие сложные явления гидрологического процесса, созданы математические модели, применяемые для расчета стока, разработаны противоэрозионные мероприятия и приемы. Однако, многие аспекты гидрологического процесса, особенно в связи с сельскохозяйственной деятельностью, не были раскрыты. Значение факторов было оценено неоднозначно. Многие противоэрозионные приемы (особенно агротехнические), разработанные на эмпирической основе без теоретического обоснования и оценки их стокорегулирующей роли, оказались малоэффективны [1].

Для познания закономерности. Анализ существующих моделей, характеризующих связь процесса стокообразования с природными факторами, показал, что большинство авторов рассматривают образование стока в период снеготаяния как сложное многофакторное явление. В моделях формирования стока и уравнениях его расчета значение природных факторов у разных авторов сильно

отличается [7, 8, 10, 15, 11, 13]. Это не дает возможности получить однозначный ответ на вопрос об их стокорегулирующей роли. Некоторые авторы считают, что склоновый сток находится в прямой зависимости только от снегозапасов [11, 15]. Другие авторы для расчета стока используют много факторов [8-10]. Влияние этих факторов часто рассматривается без учета их взаимодействия.

Наши исследования проводились на стоково-эрозионных стационарах ФНЦ агроэкологии РАН (ранее ВНИАЛМИ) с применением метода стоковых площадок в лесостепной зоне на серой лесной почве и степной – на обыкновенном черноземе и светло-каштановой почве.

Анализ многолетних (свыше 60 лет) экспериментальных данных, полученных несколькими поколениями ученых ВНИАЛМИ, а также обобщение литературных материалов позволили сформулировать новые важные теоретические и практические выводы. Ранее нами была открыта закономерность, названная потом «законом лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод» [1], согласно которому его образование зависит от трех природных факторов: глубины промерзания, влажности почвы и запасов воды в снеге. Эти факторы являются лимитирующими для формирования стока, то есть наличие его или отсутствие. Теоретически и экспериментально установлено, что при уровнях любого из этих факторов ниже лимитирующих (глубина промерзания меньше 50 см или запасы влаги в слое почвы 0-50 см меньше 70 мм в степной зоне и меньше 120 мм в лесостепной зоне или снегозапасы меньше объема свободных пор в слое почвы 0-30 см) сток не формируется.

При уровнях каждого из этих факторов выше лимитирующих сток формируется на всех угодьях и величина (слой) его от глубины промерзания почвы совсем не зависит, т. е. при глубине промерзания почвы свыше 50 см она не играет роли в формировании стока. Он зависит только от снегозапасов и запасов воды в почве. Процесс этот очень сложный и генезис его в литературе пока недостаточно исследован. Мы на основе статистического анализа результатов исследований разработали математические модели расчета стока на серых лесных, черноземах, каштановых и светло-каштановых почвах [1]. В общем виде связь стока со снегозапасами и запасами воды в почве выражается уравнением $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$, где x_1 – снегозапасы; x_2 – запасы воды в почве; a, b_1, b_2 – коэффициенты регрессии. Таким образом, процесс образования стока приходит к двухфакторному уравнению связи, а по сути процесса – однофакторному, потому что водопроницаемость почвы обусловливается объемом свободных пор, который, в свою очередь, зависит от ее влажности в мерзлом состоянии, то есть водопоглощение в мерзлую почву полностью обусловливается увлажнением почвы, точнее дефицитом влажности.

Для понимания генезиса этого процесса и разработки теории формирования стока при глубоком промерзании почвы необходимо исследование процесса инфильтрации влаги в мерзлую почву с позиций теплообмена между впитывающей талой водой и мерзлой почвой.

Процесс теплофизического взаимодействия талой воды с мерзлой почвой исследовали В. Д. Комаров и Т. Т. Макарова [8], И. Л. Калюжный, К. К. Павлова, С. А. Лавров [4], Е. А. Гаршинёв [2], А. А. Танасиенко, А. С. Чумбаев [14]. В

работах [2, 4] изложены концепции «ледяного экрана» и «запирающего слоя», которые сыграли важную роль в понимании процесса инфильтрации талой воды в мерзлую почву. Однако однозначного ответа на этот вопрос пока нет.

Автором ранее было установлено [2, 3], что количество талой воды, поглощенной мерзлой почвой, определяется мощностью оттаявшего за весенний паводок верхнего слоя почвы и объемом свободных пор, зависящем от запасов влаги в этом слое. Многолетние исследования [3, 5, 13] показали, что за весь период снеготаяния почва оттаивает сверху не более чем на 30 см. По годам и по природным зонам этот показатель изменяется от 3 до 30 см.

Таким образом, при глубоком промерзании почвы (более 50 см) и больших запасах влаги в почве и снеге сток всегда формируется. Величина его зависит от снегозапасов и объема свободных пор в верхнем слое (0-30 см) почвы, который в свою очередь зависит от ее увлажнения.

Процесс водопоглощения талой воды в мерзлую почву протекает следующим образом. Перед снеготаянием часть пор в почве свободна, а остальные заняты водой. После начала снеготаяния талая вода, имеющая некоторый запас тепла, при поступлении в почву способствует ее оттаиванию, заполнению свободных пор. На границе между оттаявшим и мерзлым слоями при определенном соотношении температуры воды и почвы образуется ледяной экран. При дополнительном поступлении влаги в почву этот процесс продолжается, ледяной экран оттаивает и образуется ниже. Как было показано выше, мощность этого слоя к концу снеготаяния колеблется по зонам и погодам от 3 до 30 см, т. е. только этот верхний слой «работает» на впитывание талой воды в мерзлую почву. Количество воды, просочившейся в оттаявший слой выше ледяного экрана равно объему свободных пор. Если запасы снеговой воды больше этого объема, то излишки ее стекают, т. е. из них формируется поверхностный сток талых вод. Иными словами, общая величина просочившейся в почву воды определяется свободной порозностью небольшого оттаявшего самого верхнего слоя.

Опираясь на изложенные выше положения, нами разработан совершенно новый (получен патент на изобретение [12]) способ прогнозирования стока (У, мм) на сельскохозяйственных угодьях за 30-45 дней до начала снеготаяния для условий, когда природные факторы стока выше лимитирующего уровня. Заключается он в измерении глубины промерзания почвы, определении запасов воды в снеге и почве, расчете порозности почвы на основе определения ее удельной и объемной массы. Главное отличие этого способа от других состоит в том, что эти показатели определяются только в слое до 30 см, так как известно, что только в этом слое происходит процесс впитывания (термоинфильтрации) [1, 2]. Вовлечение в расчет стока более глубоких слоев почвогрунта только увеличивает ошибку прогноза.

Величина стока определяется снегозапасами и объемом свободных пор в слое почвы 0-30 см, который в свою очередь зависит от запасов влаги в почве. Он равен разнице между общей порозностью и запасами воды в почве. Общая порозность рассчитывается по соотношению объемной и удельной массы почвы. Общая величина стока рассчитывается по формуле:

$$У = W_c - \left[\left(1 - \frac{d_v}{d}\right) * 100\right] * h * 10 - W_n,$$

где $У$ – величина стока, мм; W_c – запасы воды в снеге, мм; W_n – запасы воды в почве, мм; d_v – объемная масса почвы, г/см^3; d – удельная масса почвы, г/см^3; h – мощность почвенного слоя, м.

Итак, установлено, что при промерзании почвы более 50 см водопоглощение и сток зависят только от снегозапасов и свободной порозности верхнего (до 30 см) слоя почвы, которая связана с ее влажностью – основным фактором формирования стока.

За период снеготаяния почва оттаивает на глубину не более 30 см, то есть этот слой «работает» на впитывание. Он обычно увлажняется до полной влагоемкости. Объем свободных пор в этом слое почвы обусловливает ее впитывающую способность. Влажность верхнего слоя почвы является основным фактором формирования поверхностного стока талых вод, то есть, чем больше влаги в почве, тем меньше в ней свободных пор.

Эти фундаментальные знания позволяют разработать высокоэффективные мероприятия по управлению эрозионно-гидрологическим процессом путем воздействия на природные факторы стока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабанов, А. Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие / А. Т. Барабанов. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – 188 с.

2. Гаршинёв, Е. А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация: Теория и модели / Е. А. Гаршинёв. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. – 196 с.

3. Докучаев, В. В. Наши степи прежде и теперь (1892) / В. В. Докучаев. – М. – Л.: ОГИЗ – Сельхозгиз, 1936. – 117 с.

4. Калюжный, И. Л. Гидрофизические процессы на водосборе: Экспериментальные исследования и моделирование / И. Л. Калюжный, С. А. Лавров. – СПб.: Нестор-История, 2012. – 616 с.

5. Козменко, А. С. Основы противоэрозионной мелиорации / А. С. Козменко. – М.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы. – 1954. – 424 с.

6. Комаров, В. Д. Исследование влияния глубины промерзания почвы и других факторов на талый сток рек степной и лесостепной зон / В. Д. Комаров, Т. Т. Макарова // Метеорология и гидрология. – 1972. – № 8. – С. 67-74.

7. Комиссаров, М. А. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в Южном Предуралье / М. А. Комиссаров, И. М. Габбасова // Почвоведение. – 2014. – № 6. – С. 734-743.

8. Кумани, М. В. Многолетняя динамика основных элементов стока рек в пределах Центрального Черноземья / М. В. Кумани, Д. В. Шульгина, В. В. Киселёв // Региональные геосистемы. – 2021. – № 4. – С. 617-631.

9. Мотовилов, Ю. Г. Система физико-математических моделей формирования речного стока и ее применение в задачах гидрологических расчетов и прогнозов: автореф. дис. … д. геогр. н. – М.: Инст-т водных проблем РАН, 2019. – 42 с.

10. Мухин, В. М. Методы прогнозирования притока воды в водохранилища за период весеннего половодья / В. М. Мухин // Труды Гидрометцентра России. Гидрометеорологические прогнозы. – 2014. – Вып. 351. – С. 108-140.

11. Оценка влияния изменений климата на водный режим и сток рек бассейна Волги / Н. И. Алексеевский, Н. Л. Фролова, М. М. Антонова [и др.] // Вода: химия и экология. – 2013.– № 4. – С. 3-12.

12. Патент RU 2790452 A01 13/16, G01N 33/24 Способ прогнозирования поверхностного стока талых вод в агроландшафтах на водосборных бассейнах Волги и Дона / Барабанов А. Т.; заявитель ФНЦ агроэкологии РАН. № 2021126560, заявл. 08.09.2021 г., опубл. 21.02.2023 г.

13. Прогноз притока воды к Цимлянскому водохранилищу в период половодья в современных климатических условиях: проблемы и воспроизводимость / Н. А. Варенцова, М. Б. Киреева, Н. Л. Фролова [и др.] // Водные ресурсы. – 2020. – Т. 47, № 6. – С. 694-709

14. Танасиенко, А. А. Условия формирования льдистого экрана в эродированных черноземах Западной Сибири / А. А. Танасиенко, А. С. Чумбаев // Почвоведение. – 2010. – № 4. – С. 450-460.

15. Шеппель, П. А. Специальный весенний попуск паводковых вод Волги / П. А. Шеппель. – Волгоград: Нижне-Волж. изд-во, 1990. – 191 с.

УДК 634; 551.464; 631

О НОВОМ ГИДРО-ИЗОТОПНОМ ЭКОЛОГО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОМ ЭФФЕКТЕ ОПТИМАЛЬНОЙ АГРОЛЕСОГИДРОМЕЛИОРАЦИИ БАССЕЙНОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ПО СОХРАНЕНИЮ И ПРОДУКТИВНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЛЕГКОЙ, ПРОТИЕВОЙ ВОДЫ В СТЕПИ (ПРОГНОЗНО-МОДЕЛЬНЫЙ АСПЕКТ)

В. И. Панов, к. географ. н.

Поволжская агролесомелиоративная опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»,

Самарская обл., п. Новоберёзовский, РФ

Выдвигается абсолютно новый агролесо- и гидромелиоративный путь решения жизненно-важной проблемы всего степного засушливого пояса – резкого снижения больших ежегодных непродуктивных потерь преимущественно самой ценной легкой, протиевой воды при ветро-метельной сублимации в холодный период года и на физическое испарение в теплый, достигающие за год 40-60 % или 200-280 мм от годовой суммы осадков. Из-за физико-химических свойств изотопных фракций водорода и кислорода, в первую очередь, теряются при фазовых переходах сублимации и физического испарения молекулы легкой (протиевой или «живой») воды, – самые ценные в экологическом отношении для всего живого; поверхностные воды обогащаются нежелательной фракцией тяжелой (дейтериевой) воды. Естественно, эта вода участвует во всех биопродукционных (начиная с фотосинтеза растительной продукции во всех степных незащищенных агроценозах и агроландшафтах и в пищевых цепях всех имеющихся здесь экосистем, включая человека) и других биоэкологических процессах, оказывая свое неблагоприятное влияние. Выявленный новый гидро-изотопный защитный эколого-оздоровительный эффект, создаваемый оптимальной агролесогидромелиорацией в бассейновых агроэколандшафтах, позволяет сберечь в выпадающих атмосферных осадках, в защищенном лесоаграрном ландшафте, до 75-85 % легкой протиевой воды, из которых 100-140 мм можно направить на повышение и стабилизацию урожая, биопродуктивность агроэкосистем и улучшенный изотопный состав химических элементов водорода и кислорода, входящих в состав полученной биопродукции и питьевой воды. Этот изотопный эффект значительно улучшает гидрологическую, экологическую, санитарно-гигиеническую и иммунно-геронтологическую ситуацию в огромном степном регионе, оздоровляет степную среду обитания человека, поднимает на более высокий уровень роль агролесомелиорации и степного лесоразведения.

A completely new agroforestry- and hydro-reclamation way of solving the vital problem of the entire steppe belt – annual large non-productive losses of the most valuable moisture for all living things (reaching 40-60 % or 200-280 mm) – fractions of light (protium or "living") water; surface waters are enriched with an undesirable fraction of heavy (deuterium) water A completely new agroforestry- and hydro-reclamation way is being put forward to solve the vital problem of the entire steppe arid belt – reducing large annual unproductive losses of the most valuable moisture for all living things (reaching 40-60 % or 200-280 mm) - the fraction of light (protium or "living") water; surface waters are enriched with an undesirable fraction of heavy (deuterium) water.

A new hydro-isotope ecological and health-improving effect created by optimal agroforestry in basin agroecolandscapes has been identified, which allows saving up to 75-85 % of light protium water in a protected landscape, of which 100-140 mm can be used to increase and stabilize the yield and bio-productivity of agroecosystems. The hydrological, ecological, sanitary-hygienic and immune-gerontological situation in the vast steppe region will significantly improve.

Вода – основа жизни на Земле. Несмотря на свою кажущуюся простоту состава химической формулы (H_2O) – она одно из самых удивительных и загадочных веществ в мире [1, 5, 6, 11, 12]. Вода – это главная активная среда и условие самоорганизации рельефа поверхности суши, живой материи, биосферы, основное «рабочее тело» терморегуляции земного шара, его ландшафтной сферы. Все живое на 2/3 состоит из атомов водорода, на 1/4 из атомов кислорода и на 1/10 из атомов углерода [1, 2, 6, 12]. Всего два химических элемента в молекуле воды, но как много они значат для жизни, живой материи, человека. И понятие «чистая вода» определяется не только степенью ее «загрязненности» растворенными в ней многими другими химическим элементами и веществами, но и соотношением в ней «своих» изотопов (легкого водорода и кислорода). Это кажется удивительным, но это в значительной степени так.

Известно, что молекула воды состоит всего из 2 химических элементов – водорода и кислорода, каждый из которых имеет несколько изотопов (термин «изотоп» предложен для обозначения атомов одного и того же элемента, но имеющих разную массу за счет наличия в ядре разного количества нейтронов). Изотопы бывают «легкие» и «тяжелые», устойчивые (стабильные) и неустойчивые (распадающиеся), радиоактивные и нерадиоактивные [1, 2, 5, 6, 10-12]. Как правило, вещество с более тяжелыми изотопами обладает меньшей физико-химической активностью [2, 6, 11]. Это наглядно видно из данных таблицы, где представлены некоторые важнейшие физико-химические характеристики легкой и тяжелой воды.

Из приведенных в таблице показателей (имеется еще много других показателей) видно, что молекулы легкой и тяжелой воды существенно отличаются и по разному реагируют на факторы и условия окружающей среды, в разное время проходят критические точки так называемых фазовых переходов (физического испарения жидкой воды, сублимации (возгонки) снега, конденсации пара и др.). Разнообразие условий среды благоприятствуют изменчивости изотопного состава природных вод, их фракционирования в разных географических условиях при различных гидрографических, гидрохимических, гидробиологических и биологических процессах с фазовыми переходами в системе «жидкость – пар» и «твердое тело (лед, снег) – пар».

Таблица

Некоторые физико-химические характеристики легкой (протиевой) и тяжелой (дейтериевой) воды

Параметры воды	Окись протия H_20	Окись дейтерия D_20
Относительная атомная масса	1	2
Плотность, г/см^3	1 (при 4^o С)	1,106 (при 11,2^o С)
Температура плавления льда, ^{o}С	0	3,79
кипения воды	100,00	101,41
Молярная теплоемкость, кал/моль (при 0 ^{o}С)	18,00	20,13
Скрытая теплота испарения, кал/г (при 100 ^{o}С)	539,00	798,00
Динамическая вязкость при 20^o С	10,90	12,60
Растворимость (при 25 ^{o}С), г/кг хлористого натрия (NaCl)	359,00	289,00
Поверхностное натяжение, дин/см (при 25 ^{o}С)	71,97	71,93
Константа диссоциации (ионизации)	$1{,}1\text{-}10^{-14}$	$2{,}0^{-15}$

В природе и природных водах водород представлен смесью трех изотопов:

одного легкого (наиболее распространенного) – протия (Н) и двух тяжелых – дейтерия (^{2}Н, Д, D), – стабильного, нерадиоактивного и радиоактивного, неустойчивого трития (^{3}Т), встречается в природе в ничтожном количестве.

Особое значение имеет дейтериевая или тяжелая вода, в химический состав молекулы которой входят один или два атома дейтерия – HDO и D_2O, малая примесь к обычной «легкой» или протиевой воде). Она не радио-активна, но обладает особыми свойствами (используется в ядерной физике), замедляет физические, химические, биохимические, биофизиологические и другие процессы.

На долю дейтерия в природных водах приходится 0,15 – весовых процента или 1 атом дейтерия на каждые 4000 атомов протия. Это соотношение в разных условиях различно из-за различий свойств протия и дейтерия; процесс природного разделения молекул воды с разным изотопным составом получил название природного фракционирования, сепарации или сегрегации. Процесс обогащения воды дейтериевой фракцией называется дейтеризацией.

Установлено (И. Киршенбаум [6], В. М. Мухачёв, Ю. А. Поляков [10], О. В. Мосин, И. Игнатов, Г. Д. Бердышев, Е. И. Денько и др.), что повышенные концентрации тяжелой воды, в общей массе обычной природной, отрицательно влияют на все живое, а, следовательно, и на человека – на его физиологию, иммунитет, здоровье, заболеваемость, процесс старения и продолжительность жизни (тяжелая вода понижает активность биохимических и биофизических процессов в организме человека). Отсюда следствие – человек в своей природопользовательской деятельности (промышленной, химической, нефтегазовой, энергетической, транспортной, горнодобывающей, сельскохозяйственной, лесной, лесохимической и других) должен предпринимать все возможное по снижению концентрации дейтерия в питьевой воде и пище. Всем хорошо известно, что нормальная экологическая среда жизни человека – это когда он дышит чистым воздухом, пьет чистую, здоровую воду, питается здоровой пищей. Мы

знаем, как вредны для всего живого химически загрязненные воздух, вода, пища, среда обитания (биосфера); значительно меньше наши знания об «изотопной чистоте» поверхностных вод; исходя из этого, большой научный и практический интерес представляют антропогенные воздействия на изотопный состав поверхностных, почвенных, грунтовых и биогенных вод (в живой материи биосферы) в процессе аграрного природопользования. Целесообразны такие действия человека в природопользовании, которые предотвращают или ослабляют процессы усиленной или чрезмерной дейтеризации (дейтеризация – процессы обогащения дейтерием и его накопления в веществе среды обитания человека) природных вод и биопродукции, в аридных и засушливых степных регионах (а это главная житница страны). В них ощущается хронический дефицит влаги, а жаркий и сухой воздух в виде ветровых потоков (суховеи, бураны, метели) приводит к быстрой непродуктивной потери воды на физическое испарение и сублимацию (возгонку) снега. Главная цель аграрного природопользования в огромном степном субрегионе – до минимума снизить все виды непродуктивных потерь влаги, среди которой главное место занимает легкая протиевая вода (основа здоровой жизни). Эта генеральная идея должна обязательно лежать в основе эколого-безопасного агроприродопользования. Она заложена в Докучаевском ландшафтно-синергетическом принципе (методологии) упорядоченного управления водным хозяйством и гидрологическим режимом аграрного природопользования в степях России [4, 8, 9].

В данной работе выдвигаются некоторые теоретические аспекты решения этой проблемы, практические направления их реализации и прогнозные ориентировочно-модельные расчеты ожидаемых изменений. В частности, предлагается метод природоподобной ландшафтной лесофитоаграрной биологизации бассейновых ландшафтов в качестве главного эффективного средства антидейтеризации агроэколандшафтной геосистемы. Выявлен еще один, абсолютно новый и исключительно важный в экологической проблематике жизни в степных аридных регионах ландшафтный гидро-изотопный и эколого-оздоровительный эффект, создаваемый оптимальной агролесогидромелиорацией в степных бассейновых ландшафтах (в лесомелиорированных агроэколандшафтах) по сохранению и продуктивному использованию легкой протиевой воды.

Предпринята попытка, на основе теоретических физико-химических предпосылок и по результатам опубликованных экспериментальных исследований (В. И. Ферронский [12, 13], И. Б. Рабинович [11], В. Е. Ветштейн [3], В. С. Брезгунов [1], В. В. Нечаев, А. И. Бродский [2], А. А. Екайкин [5], Л. С. Власова, А. Д. Есиков, Дж. Мартиник, Д. Смит и др.), построить имитационно-математическую модель процесса изотопного фракционирования природных вод в разных географических зонах и ландшафтах степного пояса, провести прогнозно-ориентировочные расчеты изотопного фракционирования атмосферных осадков, природных вод и биопродукции в аридно-континентальных ландшафтах (агроландшафтах) и регионах европейской части России, а также рассматриваются методы биогенного (Докучаевского ландшафтно-кластерного (биосинергетического) воздействия и управления этим процессом в бассейновых лесофитоаграрных ландшафтах через управление элементами местного

водного баланса. Лесомелиорация и дальнейшая биологизация агроландшафтов позволяют целенаправленно и экономно использовать местные водные ресурсы, существенно уменьшая непроизводительные потери ее наиболее ценной – протиевой фракции во всех звеньях круговорота: при физическом испарении, ветро-метелевой сублимации, других фазовых переходах и на стадии прохождения поверхностного стока (его перехват каскадом прудов и водохранилищ).

Огромный аридный субрегион европейской части России, включающий лесостепь, степь, сухую степь и полупустыню – главная житница России, арена активного фракционирования природных вод и биопродукции преимущественно в сторону их усиленной дейтеризации. Малое количество атмосферных осадков (250-550 мм), большое количество тепла и света, жаркий и сухой климат с высокой испаряемостью (600-1000 мм), ярко выраженный ветровой режим (метели, суховеи, пыльные бури и т. д.) – все это благоприятствует ускоренному испарению воды и, в силу физических особенностей атомно-молекулярного состава, в первую очередь, легкой, протиевой фракции (в соответствии с объективными законами физики, химии и термодинамики), что приводит в этом регионе к общему фоновому обогащению местных природных вод и живой материи изотопами дейтерия.

Нашими многолетними исследованиями [8, 9] впервые выявлены большие непродуктивные потери с незащищенных агроценозов и агроландшафтов (сильно продуваемых метелями, ветрами, суховеями) на снос и сублимацию (возгонку) снега за зимний период порядка 55-75 мм и более (с учетом физического испарения в период снеготаяния) преимущественно легкой протиевой воды. То же самое происходит и в теплый период года. Была построена модель (на основе уравнения Крейга [12-14]) и произведены расчеты, показывающие ориентировочные теоретико-прогнозные величины, аспекты, особенности и закономерности изотопного фракционирования природных вод в разных звеньях круговорота воды в природе. Показана физико-химическая сущность процессов фазовых переходов в системе «жидкость (лед) – пар» или «пар – жидкость (лед)».

Приведены особенности изотопного фракционирования атмосферных осадков над континентами и связанное с этим обеднение океанического пара тяжелыми изотопами за счет, так называемого, «континентального эффекта»: при движении облаков вглубь континента происходит многократное выпадение осадков, их повторное испарение и конденсация, сопровождающиеся все более глубоким фракционированием атмосферных вод, по мере продвижения облаков в глубь континента (увеличением в облаках легкой протиевой воды). По уравнению Крейга [12, 14], построены прогнозные кривые годовой концентрации дейтерия (ΔD) в атмосферных осадках, их сезонные флуктуации. Так, в бассейне реки Волги, среднегодовые концентрации дейтерия в атмосферных осадках колеблются от ΔD = – 115 ‰ в Перми до – 95 ‰ в Самаре. В Волгограде и Астрахани ΔD составляет –75…–70. В бассейне реки Дон, ΔD + –80 + –63 ‰, р. Урала ΔD – 98 ‰, р. Кубани ΔD – 59 ‰.

Сезонные колебания дейтериевой фракции в атмосферных осадках определенного пункта весьма значительны. Так, для Самары, $\Delta Д_{зимн.}$ = –130 ‰, а $\Delta D_{летн.}$ = –58 ‰, для Волгограда, $\Delta D_{зимн.}$ = –105 ‰, $\Delta D_{летн.}$ = –34 ‰ и т. д.

Впервые показан механизм и даны ориентировочно–прогнозные величины обогащения оставшегося неиспарившегося снега изотопами дейтерия в процессе ветро-метельной сублимации (возгонки). Составлена карта-схема изодейтер (линии с одинаковой концентрацией дейтерия в снежном покрове) для европейской части России в свежевыпавшем снеге. К концу зимы снег за счет ветро-метельного переноса и сублимации (возгонки), преимущественно легкой (протиевой) фракции, обогащается дейтерием на 15 + 60 ‰.

Показана специфика и особенности изотопного фракционирования поверхностных вод суши во всех звеньях водного баланса и круговорота. Составлен ориентировочный прогноз концентрации дейтерия в весеннем паводочном и летнем меженном стоке основных притоков бассейнов рек Волги, Дона, Днепра, Урала и Кубани. Рассмотрены особенности изотопного сверхфракционирования поверхностных вод в замкнутых бессточных и малопроточных водоемах (озерах, прудах, водохранилищах).

Предложена версия механизма изотопного фракционирования почвенных вод и верхнего горизонта грунтовых вод и верховодки, их связь с природными водами, ландшафтами и зональными условиями.

Рассмотрен механизм биогенного фракционирования в природных и антропогенных биогеоценозах и биогеоландшафтах, методы управления этим процессом [8] биологизацией ландшафтов (оптимальной лесомелиорацией, залужением, расширением площади озимых и многолетних сельхозкультур). Ориентировочные расчеты по моделям подтверждают возможности такого воздействия и целенаправленного управления, что открывает большие возможности на ближайшее будущее [8].

По предварительным прогнозным расчетам, в оптимально фитобиологизированном лесофитоаграрном (агрофитолесном, лесоаграрном) ландшафте концентрация дейтерия в продуктивной влаге (и биопродукции) значительно ниже, чем в техногенном. В лесостепи в техногенном ландшафте почвенная продуктивная влага обогащается дейтерием на 35 ‰ (при 75 %-ном фракционировании) до величины – 62 ‰. В степной зоне техногенный агроландшафт увеличивает концентрацию дейтерия за счет непродуктивных расходов (потерь) на 30-40 %, до величины в продуктивном (транспирационном) расходе $\Delta D = –45$ ‰, а в биологизированном лесоаграрном обогащение продуктивной влаги дейтерием составляет ориентировочно 19 ‰, а общая концентрация $\Delta D_{прод.} = –66$ ‰.

В целом по аридному субрегиону (сухая степь + степь + лесостепь), ориентировочная концентрация дейтерия в продуктивном расходе техногенного агроландшафта составляет $\Delta D_{техног.} = –54$ ‰, а в биологизированном лесоаграрном $\Delta D_{биолог.} = –73$ ‰ ($+\Delta D = 19$ ‰ при 75 %-ном фракционировании).

В новом международном стандарте на воду [7] предложен идеальный по минимуму содержания дейтерия стандарт Aqua SLAP – вода из льда, взятого в центре Антарктиды – содержание дейтерия всего 89 мг/л, тогда как ранее действовавший стандарт SMOV (вода из мирового океана) содержит 155 мг/л дейтерия. Водопроводная вода Москвы – 142 мг/л; речная вода бассейна Волги – 139 мг/л. Оптимальная комплексная агролесомелиорация степного пояса России в 1,3-1,5 раза увеличит в поверхностных, почвенно-грунтовых и биогенных

водах и сельхозпродукции участие легкой протиевой воды, оздоровит среду обитания степного края.

Выявлен новый ландшафтно-защитный гидроизотопный и эколого-оздоровительный эффект воздействия оптимизированной агролесогидромелиорации степных бассейновых ландшафтов (агроэколандшафтов) по сохранению и продуктивному использованию легкой протиевой воды, что существенно улучшит и оздоровит экологию среды обитания засушливого степного края по местным водным ресурсам; сохранится и увеличится доля участия и практического использования наиболее ценной в экологическом отношении легкой протиевой воды в продуктивном приходном балансе территории, в биопродукционном процессе (биосинтезе и в пищевых цепях биосообщества). По проведенным предварительным, ориентировочным расчетам, лесофитобиологизация агроландшафтов в сочетании с гидромелиорацией, снизит дейтеризацию природных вод в 1,3-1,5 раза, на 100-160 мм повысит влагообеспеченность почв и растений (продуктивная влага) за счет существенного целенаправленного сокращения непроизводительных потерь природных вод преимущественно легкого протиевого состава, наиболее полезных для всего живого. Вследствие этого большая часть легкой, протиевой («живой») воды пойдет на формирование тканей растений и животных, а по трофическим цепям и через питьевую воду – в ткани людей. Это, несомненно, найдет отражение на иммунитете человека, улучшит жизненно-важные био-физиологические процессы в организмах людей, приведет к общему существенному оздоровлению и улучшению экологической ситуации для обширного аридного степного субрегиона, возрастет экологическая ценность сельскохозяйственной продукции.

Лесофитобиологизация агроландшафтов, создание оптимально лесомелиорированных агроэколандшафтов – эффективное и перспективное направление экологического безопасного агроприродопользования с целенаправленным управлением изотопного фракционирования природных вод и биосистем, оздоровления гидрологии и экологии аридных регионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безгунов, В. С. Закономерное распределение стабильных изотопов водорода и кислорода природных вод при их глобальном круговороте. В кн.: Изотопия природных вод / В. С. Безгунов. – М.: Наука, 1978. – 10-45 с.

2. Бродский, А. И. Химия изотопов / А. И. Бродский. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 595 с.

3. Ветштен, В. Е. Изотопы кислорода и водорода природных вод СССР / В. Е. Ветштен. – Л.: Изд-во «Недра», Ленинград. отд., 1982. – 216 с.

4. Докучаев, В. В. Наши степи прежде и теперь (1892) /В. В. Докучаев. – М. –Л.: ОГИЗ – сельхозгиз, 1936. – 117 с.

5. Екайкин, А. А. Изотопный состав снега и льда в Антарктиде: климатический сигнал и постдепозиционный шум / А. А. Екайкин, В. Я. Липенков, И. Н. Сократова [и др.] // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2007. – № 76. – С. 96-105.

6. Киршенбаум, И. Тяжелая вода: Физические свойства и методы анализа / И. Киршенбаум. – М.: Изд-во ин. лит-ры, 1953. – 438 с.

7. Новый стандарт воды – aqua SLAP. Адрес в Интернет: WWW. aquaslap.ru / index. php/more –information

8. Панов, В. И. Биогенно-ландшафтное управление снижением содержания дейтерия в поверхностных водах и биосистемах в семиаридно-аридном субрегионе / В. И. Панов // Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства. Водные объекты: состояние, проблемы и пути решения». – М., 2010. – Ч. III. – 179-185 с.

9. Панов, В. И. Потери атмосферных осадков с незащищенных полей в степном засушливом субрегионе, их существенное снижение и стабилизация гидроресурсного потенциала земледелия созданием лесомелиорированных (лесоаграрных) бассейновых агроэколандшафтов / В. И. Панов // Изв. Самарского научного центра РАН. – Т. 18, № 2(2). 2016, с. 472-478.

10. Поляков, В. А. Фракционирование изотопов водорода и кислорода в атмосферных осадках / В. А. Поляков, Л. Н. Колесникова. В кн. Ядерные и изотопные методы исследования природных вод: тез. семинара. – М.: ИВП АН СССР, 1979. – С. 5-6.

11. Рабинович, И. Б. Влияние изотопии на физико-климатические свойства жидкостей /И. Б. Рабинович. – М.: Наука, 1968. – 308 с.

12. Ферронский, В. И. Изотопия гидросферы / В. И. Ферронский, В. А. Поляков. – М.: Изд-во «Наука», 1983. – 280 с.

13. Ферронский, В. И. Изотопия гидросферы Земли / В. И. Ферронский. – М.: Научный мир, 2009. – 632 с.

14. Craig, H. Isotopic variations in meteoric waters / H. Craig // Science. – 1961. – Vol. 133. – P. 133-149.

УДК 504.45

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ КАЛМЫКИИ*

С. С. Уланова, к. географ. н.
Бюджетное научное учреждение Республики Калмыкия «Институт комплексных исследований аридных территорий», г. Элиста, РФ

Представлены результаты долговременного геоэкологического мониторинга водохранилищ Калмыкии. Показаны основные геоэкологические проблемы водоемов: обмеление, рост засоления, ухудшение качества поверхностных вод.

Presents the results of long-term geoecological monitoring of reservoirs in Kalmykia. The main geo-environmental problems of water bodies are shown: shallowing, salinity growth, deterioration of surface water quality.

Республика Калмыкия, расположенная в зоне сухих степей и пустынь, на крайнем юго-востоке европейской части России, обладает наименьшими суммарными водными ресурсами. Среднемноголетний объем годового стока составляет 1,64 км^3/год, потенциальная водообеспеченность одного жителя суммарными водными ресурсами 5,61 тыс. м^3/год [1]. При этом из 314 водных объектов республики, 256 – это искусственно созданные водоемы (135 водохранилищ и 121 пруд), остальные – не имеющие антропогенного вмешательства – природные (15 озер и 43 малые реки). Основное питание большинства водных объектов Калмыкии – это привлеченный сток (более 700 млн м^3) с сопредельных территорий с рек Волги, Кумы, Терека. Практически все водоемы республики имеют небольшие

*Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-10017, https://rscf.ru/project/23-27-10017/.

размеры, мелководны, с замедленным водообменном, имеют повышенную минерализацию. Очень ограниченное количество водных объектов Калмыкии (всего 7 источников) используют для целей питьевого-хозяйственного водоснабжения населения и для орошения (90,3 тыс. га мелиорируемых земель). Практически все водные источники служат для водопоя скота.

Объекты исследований – наиболее значимые в водном хозяйстве республики водохранилища, отличающиеся по назначению, режиму и ландшафтной приуроченности: Аршань-Зельмень – в условиях сухой степи на восточном склоне возвышенности Ергени; Цаган-Нур, Деед-Хулсун – в условиях опустыненной степи на Прикаспийской низменности; Чограй – в условиях сухой степи в Кумо-Манычской впадине. Полевые мониторинговые исследования проводились в весенние (апрель-май) и осенние (сентябрь-октябрь) периоды и включали получение количественных значений нескольких показателей: гидрологических (уровень и площадь водоема), гидрохимических (минерализация, тип химизма), экологических – функционирование экотонной системы «вода-суша» на побережье (значения глубины грунтовых вод в каждом блоке; величины засоления – для почв и грунтовых вод; количество видов растений и их продуктивность – для фитоценозов). Качественный анализ поверхностных и грунтовых вод был выполнен в лаборатории ФГБНУ Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия (ВНИИОЗ) (г. Волгоград) по принятым ГОСТам и нормативным документам.

Мониторинг гидрометрических параметров, а именно площади водного зеркала водоемов, был выполнен с использованием ретроспективных и актуальных космических снимков высокого разрешения с отечественных и зарубежных искусственных спутников Земли в программе MapInfoPro2019 с 2001 по 2023 гг. Обобщенные требования к информации дистанционного зондирования Земли, используемой при решении гидрологических задач, включает предпочтительные спектральные диапазоны: 0,6; 0,3-0,9; 10,0-12,0 мкм; пространственное разрешение не менее 30-60 м, масштаб снимка 1 : 100000, 1 : 25000 [2]. Сравнительный ретроспективный мониторинг материалов дистанционного зондирования с 2001 г. по настоящее время показал значительное обмеление некоторых изучаемых водоемов и уменьшение площади их водной поверхности (таблица).

Анализ материалов разновременной космической информации показал, что с 2017 г. начался процесс значительного обмеления исследуемых водохранилищ. Так, к 2023 г. площади водоемов, по сравнению с их максимальным заполнением, сократились: вдхр. Аршань-Зельмень (в 3 раза), вдхр. Чограйское (в 2 раза), вдхр. Цаган-Нур (в 3 раза). Следствием обмеления водоемов явилось ухудшение качества поверхностных вод. Мониторинговые полевые исследования 2022 г. показали увеличение засоления и ухудшение гидрохимического состава ключевых объектов по сравнению с предыдущими годами исследований. Так, в осенние периоды 2022 г. минерализация исследуемых водоемов составила: 68,62 г/л – в вдхр. Аршань-Зельмень (превышение среднемноголетних показателей в 6-7 раз); 2,17 г/л – в вдхр. Чограйском (превышение среднемноголетних показателей в 2 раза); 62,34 г/л – в вдхр. Цаган-Нур (превышение среднемноголетних показателей в 6 раз); 23,43 г/л – в вдхр. Деед-Хулсун (превышение среднемноголетних показателей в 3

раза). Причины обмеления у разных водоемов различны. Снижение уровня Чограйского водохранилища связано с ремонтом его плотины, а питание вдхр. Деед-Хулсун зависит от водоподачи с Чограя. Снижение уровня вдхр. Цаган-Нур связано с уменьшением водоподачи из р. Волга в силу ряда причин: отсутствия у республики финансов для оплаты электроэнергии водоподающих насосов, уменьшения объемов сбросных вод с орошаемых массивов. Питание водохранилища Аршань-Зельмень зависит от атмосферных осадков и родников. Засуха последних лет (2016-2022 гг.) привела к значительному обмелению водохранилища.

Таблица

Изменение площади водной поверхности по материалам разновременной космической информации (ИСЗ «Landsat-7» камера ETM+; ИСЗ «Landsat-8», камера OLI-TIRS)

Год	Водоем			
	Аршань-Зельмень	Деед-Хулсун	Чограй	Цаган-Нур
2001	4,31	11,97	130,40	45,41
2003	5,87	12,86	130,60	59,27
2004	6,26	13,14	130,40	60,80
2012	6,72	12,72	112,10	31,63
2017	2,57	12,11	114,72	12,57
2019	4,79	12,22	68,18	1,70
2020	1,70	11,56	65,64	1,83
2021	1,10	8,10	63,71	2,09
2022	0,12	11,95	59,67	7,19
2023	2,20	12,44	59,22	19,22

В 2013-2015 гг. нами были проведены гидрохимические исследования качества вод на основе расчета интегрального Показателя химического загрязнения (ПХЗ-10). Для этого были проанализированы 22 пробы воды, в каждой из которых изучалось содержание 70 химических веществ. ПХЗ-10 рассчитывается по десяти веществам, максимально превышающим ПДКр. Он позволяет оценить качественное состояние водоема, сформировавшееся за длительный период его эксплуатации. Исследования показал, что экологическое состояние водоемов Чограй, оцененное по среднему значению ПХЗ-10 соответствует категории «неудовлетворительное», а водоемов Аршань-Зельмень, Цаган-Нур и Деед-Хулсун – как «чрезвычайно опасное». Из химических веществ 3-4 класса опасности наибольшие значения имели сера, магний, марганец и медь. Группу химических элементов 1-2 класса опасности составили бериллий, кадмий, молибден, свинец, селен и фосфор. Превышение ПДК фосфором имеет исключительно высокие значения и только по этому показателю экологическое состояние водоемов может быть оценено как «экологическое бедствие» [4].

Для оценки биогенного загрязнения вод водоемов нами были проведены исследования по выявлению степени загрязнения вод водоемов фосфором. Для этого мы проводили расчеты по определению фосфорной нагрузки – показателю, интегрально отражающему степень антропогенного воздействия. Выпол-

ненные расчеты показали, что именно животноводство (водопой скота и стоки от животноводческих стоянок), развивающееся на водосборе и поставляющее 1-2 тонны или от 20 до 700 г/м^2 водного зеркала фосфора в год, в отсутствие других загрязнителей, является основной причиной того, что содержание фосфора во всех искусственных водоемах превышает ПДКр в десятки тысяч раз. Наибольший вклад в общий объем поступающего фосфора (80 %) дает крупный рогатый скот. Нагрузки по фосфору превышают допустимые и критические значения для функционирования водной экосистемы на один – три порядка, создают условия для эвтрофикации и делают воды этих водохранилищ непригодными для питьевого водоснабжения, в т. ч. и для водопоя скота [3].

Таким образом, основными геоэкологическими проблемами водохранилищ Калмыкии являются обмеление, ухудшение качества поверхностных вод, рост минерализации воды. В исследуемых водохранилищах было выявлено многократное превышение ПДК химических веществ, таких как сера, магний, марганец, медь, бериллий, кадмий, молибден, свинец, селен, фосфор. Биогенное загрязнение, в частности, фосфором, во много раз превышает допустимые и критические значения для функционирования водной экосистемы и создают условия для повышенной эвтрофикации. Водохранилища Калмыкии, созданные в 30-50 гг. прошлого столетия, не выполняют большинство своих водохозяйственных функций: питьевое и бытовое водоснабжение, орошение, промысловое рыболовство и рыбоводство. Большинство из них используются в качестве водоисточников для водопоя скота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водные ресурсы России и их использование / Под ред. проф. И. А. Шикломанова. – СПб.: Государственный гидрологический институт, 2008. – 600 с.

2. Гарбук, С. В. Космические системы дистанционного зондирования Земли / С. В. Гарбук, В. Е. Гершензон. − М.: Изд-во А и Б, 1997. − 296 с.

3. Уланова, С. С. Поступление фосфора в искусственные водоемы Калмыкии от животноводческих предприятий / С. С. Уланова, Н. М. Новикова // Водные ресурсы. – 2019. – Т. 46. – № 6.– С. 629-637.

4. Уланова, С. С. Экологическое состояние искусственных водоемов Калмыкии, оцененное по показателю химического загрязнения ПХЗ-10 / С. С. Уланова, Н. М. Новикова // Вода и химия. – 2017. – № 4. – С. 10-21.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение……..... 3

Приветственное слово Министра сельского хозяйства Российской Федерации **Д. Н. Патрушева**……..... 6
Приветственное слово депутата Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации **В. Н. Плотникова**……..... 7

1. Агролесомелиорация сельскохозяйственных земель и защитное лесоразведение……. 8

Апарин Б. Ф., Сухачева Е. Ю., Захаров М. К., Лазарева М. А., Мингареева Е. В., Моргач Ю. Р., Пятина Е. В., Федоров М. Е. Влияние лесонасаждений государственной лесной полосы «Пенза – Каменск» на агрочерноземы……. 8
Арестова Е. А., Борисов П. А. Состояние защитных лесных насаждений на землепользовании ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»……..... 14
Банникова О. А. Влияние погодных условий на сохранность лесных культур в Элистинском лесничестве Республики Калмыкия…… 18
Володькин А. А., Володькина О. А. Использование хвойных пород семейства *Pinaceae* при создании защитных лесных полос…….. 22
Егоров А. В. Структурные показатели урожайности сафлора красильного под влиянием полезащитных лесных полос……. 26
Есков Д. В., Проездов П. Н., Маштаков Д. А., Розанов А. В. Почвозащитная и экономическая эффективность инвестиций в противоэрозионную агролесомелиорацию степных ландшафтов Поволжья……... 30
Казиева З. М., Грибкова А. В. Роль агролесомелиорации в повышении экологической устойчивости и продовольственной обеспеченности Нижневолжского региона……... 34
Ковалев А. А. Современное представление о пирогенной роли опушек сосновых насаждений……. 38
Корнеева Е. А. Сценарный прогноз эффективности лесной мелиорации для АПК Волгоградской области…….. 40
Лобанов А. И., Кутькина Н. В. Итоги и перспективы полезащитного лесоразведения в аридной и субаридной зонах Республики Хакасия…….. 43
Лобанов А. И., Тушигмаа Ж. Актуальные вопросы защитного лесоразведения в Монголии…… 47
Манаенков А. С. Нерешенные проблемы лесной мелиорации и лесного хозяйства на юге страны…… 51
Манаенков А. С., Бембеев К. И. Опыт организации крупномасштабных работ по лесной мелиорации опустыненных пастбищ Прикаспия и возможности его использования в современных условиях…….. 55

Манаенков А. С., Корнеева Е. А. Научные основы оценки эффективности лесохозяйственного освоения песков степной зоны……. 59
Мартынова М. А. Защитное лесоразведение в Республике Хакасия…….. 63
Мартынова М. В. Зарастание земель, вышедших из сельскохозяйственного пользования древесной растительностью в Республике Башкортостан…… 67
Мартынюк А. А., Турчин Т. Я. Поповичев В. В. Технологии создания лесных культур в зеленом поясе Элисты…… 69
Петелько А. И., Выпова А. В. Показатели снегозапасов, стока талых вод и водопоглощения в Центральной лесостепи…….. 75
Попов В. С. Современное представление о лесопригодности земель засушливой зоны……. 80
Примаков Н. В. Состояние некоторых параметров агролесоландшафтов Краснодарского края……... 83
Проказин Н. Е., Родин С. А., Коженков Л. Л., Лобанова Е. Н. Лесоразведение путем рекультивации различных техногенных объектов……. 86
Пугачёва А. М. Новый методологический подход к расчету площадей пашни на дефляционную устойчивость…… 89
Рыбашлыкова Л. П., Турко С. Ю., Маслова М. И. Улучшение деградированных кормовых угодий в Прикаспии……. 95
Сапронова Д. В. Агролесомелиоративная характеристика деревьев и кустарников, применяемых в защитном лесоразведении Нижнего Поволжья. 99
Сурхаев Г. А. Вековой опыт лесомелиорации арен Восточного Предкавказья……. 103
Сытин Г. О., Подковыров И. Ю. Влияние лесных полос на микроклиматические показатели в зоне каштановых почв Волгоградской обл…….. 110
Танкова Ж. В., Танков Д. А., Танков А. А., Ахтареева А. Р. Возрастная динамика размеров кроны дуба черешчатого в насаждениях гослесополосы «Гора Вишневая – Каспийское море» на территории Оренбургской области 113
Танкова Ж. В., Танков Д. А., Танков А. А., Ахтареева А. Р. О некоторых закономерностях динамики состояния дуба черешчатого в насаждениях гослесополосы «Гора Вишневая – Каспийское море» на территории Оренбургской области…… 116
Третьякова Р. А., Паркина О. В., Якубенко О. Е. Оценка насаждений защитных лесополос на территории Новосибирской области…….. 120
Турко С. Ю., Рыбашлыкова Л. П., Маслова М. И. Моделирование многоярусных мелиоративно-кормовых фитоценозов на песчаных землях аридной зоны……... 122
Турчина Т. А., Банникова О. А. Предложения по повышению эффективности искусственного лесовосстановления на бугристых песках Среднего Дона…….. 126

2. Проблема опустынивания территорий и борьба с ними …….. 131

Алтаев А. А. Актуальность агролесомелиоративных методов противодействия аридизации климата юга Сибири…….. 131

Асгерова Д. Б. Процессы аридной деградации и их влияние на почвенное разнообразие Терско-Кумской низменности…… 135
Беляков А. М. Эффективность различных способов освоения залежных земель при введении в оборот в зоне черноземных почв Волгоградской области 139
Гасанов Г. Н., Усманов Р. З., Мусаев М. Р., Асварова Т. А., Гаджиев К. М., Баширов Р. Р., Гасанова З. У., Абдулаева А. С. Мелиорация солончаков Кизлярских пастбищ на базе эоловых процессов, протекающих в полупустыне…… 142
Гордеева Г. Н., Кравцова Л. П. Новые виды растений для борьбы с дефляцией почв в степной зоне Хакасии…….. 146
Дедова Э. Б. Концептуальные подходы обоснования мероприятий по предотвращению процессов опустынивания и деградации земель…… 150
Дымова Т. В. Перевыпас как причина опустынивания аридной территории Астраханской области……. 153
Комаров А. А., Ирмулатов С. Б. Новый способ возделывания растений в условиях засухи……... 156
Пугачёва А. М., Беляев А. И., Кузенко А. Н. Трубакова К. Ю. Динамика условий влагообеспеченности Волгоградской области……. 160
Романов В. А. Влияние антропогенной нагрузки на динамику опустынивания на территории Терско-Кумской низменности……... 164
Сангаджиев М. М., Мангаева Ю. Г., Мичуринова В. В. Проблемы процесса опустынивания в Калмыкии на современном этапе…….. 166
Сушко К. С., **Ребриев Ю. А.** Содержание органического углерода в лесонасаждениях и зональных травянистых сообществах Республики Калмыкия 169
Федорова Н. Л., Уланова С. С., Бембеева О. Г., Ташнинова А. А., Арилов Д. М. Современное состояние естественных пастбищных угодий в пределах Республики Калмыкия…… 173
Яковлева Е. П. Проблема опустынивания территорий юга России и борьба с ним……. 176

3. Проблемы агроэкологии и агроландшафтоведения в XXI веке…..….... 179

Адамова Р. М., Казиев М.-Р. А. Ресурсы защитного лесоразведения в аридных условиях Западного Прикаспия……. 179
Алтаев А. А. Перспективы ведения агролесоводства в целях эколого-экономической устойчивости сельских территорий и поддержки карбонового земледелия…….. 183
Данилов Д. А., Зайцев Д. А., Иванов А. А. Изменение содержания органического вещества в постагрогенных почвах на разных стадиях сукцессии растительности в Ленинградской области……. 186
Кошелев А. В., Веденеева В. А., Шатровская М. О., Поташкина Ю. Н. Агролесомелиорация как экологический фактор ESG-рэнкинга в агропромышленном комплексе……. 191
Кретинин В. М., **Кошелев А. В.** Землепользование на затопленной территории……. 194

Семинченко Е. В., Гузенко А. В., Гузенко А. Ю. Влияние микро и макро удобрений на урожайность и качество озимой пшеницы и ярового ячменя в Южном федеральном округе……. 196
Трофимов И. А., **Трофимов Л. С.**, **Яковлев Е. П., Емельянов А. В.**, **Скрипникова Е. В.**, **А. С. Горбунов**, **Быковская О. П.** Проблемы агроэкологии и агролесоландшафтоведения в XXI веке…… 199

4. Комплексные мелиорации агроландшафтов……. 202

Абдулгалимов М. М. Приемы повышения плодородия почв на засоленных агроландшафтах……. 202
Конаш В. В., Щедрин В. Н. Оросительные системы, обеспечивающие рациональное водопользование на агроландшафтах……... 205
Медведева Л. Н. Стратагемы идеального орошаемого земледелия……. 209
Осипов А. И. Современные приемы вовлечения в оборот сельскохозяйственных угодий…….. 213
Трофимов И. А., **Трофимова Л. С.**, **Яковлева Е. П.** Комплексные мелиорации агроландшафтов – основа государственного плана преобразования природы…… 217
Трофимова Л. С. Комплексные мелиорации агроландшафтов Восточной Сибири и Дальнего Востока……... 221

5. Сохранение и восстановление биоразнообразия агроэкосистем в современной парадигме устойчивого развития……... 224

Власенко М. В. Сохранение продуктивного долголетия сенокосных и пастбищных лугов…….. 224
Вишнякова В. В. Проблемы сохранности биологического разнообразия в коллекциях дендрария «ФНЦ агроэкологии РАН» в условиях активных антропогенных воздействий…….. 228
Мельник К. А. Сохранение интродуцентов рода *Gleditsia* в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН……. 231
Передриенко А. И. Рост и развитие *Forestiera neomexicana* A. Gray в Волгоградской области…….. 234
Пятина Е. В. Козловская лесная дача как уникальный рефугиум макропедофауны…… 237
Салугин А. Н. Устойчивость почвенно-растительных экосистем…… 241
Хужахметова А. Ш. Обогащение дендрофлоры коллекционных насаждений ФНЦ агроэкологии РАН для целей агролесомелиорации и озеленения 246

6. ***Информационные технологии в агролесомелиорации, сельском и лесном хозяйстве***……... 251

Антонов С. А., Перегудов С. В. Использование ГИС-технологий для пространственного анализа защитных лесных насаждений…….. 251
Балынова В. В., Болгов И. А., Кузнецов М. Н., Хованская А. А., Шапрова А. А. Геоинформационный анализ защитных лесных насаждений на юге Волгоградской области…….. 256

Берденгалиева А. Н. Геоинформационное исследование горимости пойменных ландшафтов Нижней Волги……. 259
Васильченко А. А. Проблемы идентификации агроландшафтов Волго-Ахтубинской поймы средствами ДЗЗ и пути их решения……. 261
Выприцкий А. А. Оценка влияния государственных защитных лесных полос на продуктивность озимой пшеницы с помощью ГИС-технологий... 265
Дорошенко В. В. Опустынивание в Ставропольском крае в 2022 г…… 269
Дорошенко В. В., Берденгалиева А. Н., Мелихова А. В. Геоинформационный анализ соровых понижений на юге России…….. 272
Матвеев Ш. Анализ состояния и структуры агроландшафтов Ремонтненского района Ростовской области с применением ГИС-технологий……. 275
Мелихова А. В. Картографирование очагов опустынивания Красноярского района Астраханской области…….. 279
Пугачёва А. М., Беляев А. И., Трубакова К. Ю. Информационные и технологические решения для определения засух и засушливых явлений... 281
Синельникова К. П., Берденгалиева А. Н., Матвеев Ш., Балынова В. В., Мелихова А. В. Геоинформационное картографирование пахотных земель на территории Волгоградской области…… 285
Соколова Т. А. Агролесомелиоративная оценка защитных лесных насаждений с помощью ГИС-технологий…… 288
Сучков Д. К. Цифровые технологии, как основа для перехода от традиционного к точному лесному хозяйству……... 292
Шабанов Р. М., Дедова А. А., Дедов А. А. Оценка продуктивности пастбищных угодий Калмыкии на основе ГИС-технологий и дистанционного зондирования…….. 296
Шинкаренко С. С. Барталев С. А. Возможности картографирования состояния защитных лесных насаждений на основе бисезонного индекса леса 299
Юферев В. Г. Методология геоинформационного анализа агроландшафтов 302

7. ***Селекция растений, семеноводство и питомниководство: методы, технологии, перспективы***…… 309

Андреев С. Ю., Саварцов М. А. Интенсификация выращивания джузгуна безлистного для мелиорации аридных пастбищ…….. 309
Кабанова С. А., Вибе Е. П., Кабанов М. Н., Борцов В. А., Кабанов А. Н., Данченко М. А., Кочегаров И. С., Шахматов П. Ф. Выращивание посадочного материала сосны обыкновенной в Казахстане…….. 315
Маштаков Д. А, Немоляев С. В. Засоренность почвы в лесных питомниках лесостепи и степи Саратовского Правобережья…… 319
Романенко А. К., Солонкин А. В., Крючков С. Н., Соломенцева А. С., Егоров С. А., Горбушова Д. А. Подбор исходного материала видов рода *populus* L. для селекционных целей…….. 323
Сухарева Е. П., Беликина А. В. Урожайность сафлора красильного в Волгоградской области……..... 326
Сухоруких Ю. И., Биганова С. Г. Инновационные методики выделения перспективного генофонда для полезащитного лесоразведения. Аналитический обзор……. 331

8. ***Перспективы геномных технологий и биотехнологии в агролесомелиорации и лесоводстве***…… 335

Абдулова А. А., Зыбинская П. А., Крылов П. А. Различия в экспрессии гена RuBisCo у сортов озимой пшеницы Камышанка 4 и Еланская в условиях засушливого климата…… 335
Гричик Е. Л., Жолобова О. О. Влияние ауксинов на укоренение гибрида вяза (*Ulmus* sp.) в культуре in vitro…… 339
Жолобова О. О., Мельник С. В. Моделирование засухи для отбора устойчивых генотипов *Caragana pygmaea* L. в культуре in vitro…….. 343
Крылов П. А., Зыбинская П. А. Оценка экспрессии гена RuBisCo у *Gleditsia triacanthos* в условиях естественной засухи……. 346
Кузьмин П. А., Макарова А. Р. Оценка полиморфизма ISSR-маркеров в популяциях *Robinia pseudoacacia* L…….. 350
Малов В. О., Третьякова А.В., Деревщикова Л. В., Крылов П. А. Генные сети устойчивости к засухе у дуба черешчатого (*Quercus robur*)…….. 355
Рябуха А. Ф., Иванова Е. Д. Оптимизация протокола экстракции ДНК из листьев гледичии трехколючковой для проведения молекулярно-генетического анализа…… 359
Терещенко Т. В., Жолобова О. О., Могилевская И. В. Некоторые аспекты введения в культуру in vitro видов рода *Lonicera* L., перспективных в защитном лесоразведении и городском озеленении……. 363
Фоменко Н. Г., Жолобова О. О. Особенности каллусогенеза эксплантов *Cotinus coggygria* в условиях in vitro……. 367

9. Эколого-гидрологические проблемы сельского и лесного хозяйства в условиях изменения климата…….. 371

Арилов Д. М., Бембеев О. Г. Растительность экотонной системы водохранилища Цаган-Нур…… 371
Барабанов А. Т. Новый подход к оценке формирования весеннего поверхностного стока на сельскохозяйственных землях……. 375
Панов В. И. О новом гидро-изотопном эколого-оздоровительном эффекте оптимальной агролесогидромелиорации бассейновых ландшафтов по сохранению и продуктивному использованию легкой, протиевой воды в степи (прогнозно-модельный аспект)…… 379
Уланова С. С. Геоэкологические проблемы водохранилищ Калмыкии….. 386

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ И ЗАЩИТНОЕ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ – ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию Постановления Совета Министров СССР И ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 года «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР» и 100-летию со дня рождения академика РАН Павловского Е. С.
г. Волгоград, 19-21 октября 2023 г.

Текст представлен в авторской редакции
Компьютерная верстка **В. Г. Гирявенко**
Ответственный за выпуск **В. Г. Гирявенко**

Дата подписания к использованию 26.12.2022.
Объем 25,5 уч.-изд. л. Заказ 12.

400062, Волгоград, Университетский проспект, 97.
Копировально-множительный сектор ФНЦ агроэкологии РАН.