

ISSN 2712-8628



ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ

STEPPE SCIENCE

2022

№4

РЕЦЕНЗИРУЕМОЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЕ
НАУЧНОЕ СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ

ИНСТИТУТ СТЕПИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
INSTITUTE OF STEPPE OF THE URAL BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ

STEPPE SCIENCE

4

2022

ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ. 2022. № 4

Издание «Вопросы степеведения» основано по решению ученого совета Института степи УрО РАН в 1999 году.

Главный редактор академик РАН А.А. Чибилев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Науки о Земле

Бакланов П.Я., академик РАН, д.г.н.
Тишков А.А., член-корр. РАН, д.г.н.
Герасименко Т.И., д.г.н.
Дмитриева В.А., д.г.н.
Зырянов А.И., д.г.н.
Колосов В.А., д.г.н.
Коронкевич Н.И., д.г.н.
Кочуров Б.И., д.г.н.
Левыкин С.В., проф. РАН, д.г.н.
Литовский В.В., д.г.н.
Мячина К.В., д.г.н.
Петрищев В.П., д.г.н.
Хорошев А.В., д.г.н.
Черных Д.В., д.г.н.
Ахмеденов К.М., к.г.н.
Васильев Д.Ю., к.ф.-м.н.
Вельмовский П.В., к.г.н.
Грошева О.А., к.г.н.
Дубровская С.А., к.г.н.
Павлейчик В.М., к.г.н.
Пашков С.В., к.г.н.
Рябина Н.О., к.г.н.
Рябуха А.Г., к.г.н.
Святоха Н.Ю., к.г.н.
Сивохиц Ж.Т., к.г.н.
Филимонова И.Ю., к.г.н.
Чибилев А.А. (мл.), к.э.н.

Общая биология

Агафонов В.А., д.б.н.
Артемьева Е.А., д.б.н.
Брагина Т.М., д.б.н.
Дарбаева Т.Е., д.б.н.
Куст Г.С., д.б.н.
Кучеров С.Е., д.б.н.
Литвинская С.А., д.б.н.
Намзалов Б.Б., д.б.н.
Нурушев М.Ж., д.б.н.
Самбуу А.Д., д.б.н.
Сафронова И.Н., д.б.н.
Силантьева М.М., д.б.н.
Суюндуков И.В., д.б.н.
Христиановский П.И., д.б.н.
Ширяев А.Г., д.б.н.
Бакиев А.Г., к.б.н.
Барбазюк Е.В., к.б.н.
Калмыкова О.Г., к.б.н.
Кин Н.О., к.б.н.
Спаская Н.Н., к.б.н.
Ткачук Т.Е., к.б.н.

Сельскохозяйственные науки

Кулик К.Н., академик РАН, д.с.-х.н.
Гулянов Ю.А., д.с.-х.н.
Мушинский А.А., д.с.-х.н.
Савин Е.З., д.с.-х.н.
Трофимов И.А., д.г.н., к.б.н.
Юферев В.Г., д.с.-х.н.
Ярцев Г.Ф., д.с.-х.н.

Издание «ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ» зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство – ЭЛ № ФС77-79189.

ISSN – 2712-8628.

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Учредитель издания:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Оренбургский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук.

Ответственный секретарь редакции:

к.г.н., с.н.с. Грошева О.А.

+7 (3532) 77-44-32

E-mail: steprescience@mail.ru

Адрес редакции: 460000, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. Пионерская, д. 11.

© Институт степи УрО РАН, 2022

Подписано к изданию – 12.12.2022
Дата выхода номера – 15.12.2022

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Петрищев В.П., Ряхов Р.В. НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ ТРАНСФОРМАЦИИ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛАНДШАФТНЫХ РАЙОНОВ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ	4
Гарькуша Д.Н., Фёдоров Ю.А., Трубник Р.Г., Крукиер М.Л. КОНЦЕНТРАЦИЯ И ЭМИССИЯ МЕТАНА В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	13
Омаров М.К., Латыпова З.Б. ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА СРЕДНЕМ ПРИИРТЫШЬЕ КАЗАХСТАНА	25
Соломатин Н.В., Владов Ю.Р., Нестеренко М.Ю., Владова А.Ю. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ С РАЗРАБАТЫВАЕМЫМ МЕСТОРОЖДЕНИЕМ УГЛЕВОДОРОДОВ	33

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Ильина И.В., Папян Э.Э. ЦЕНОПОПУЛЯЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ <i>FILIPENDULA VULGARIS</i> MOENCH НА ТЕРРИТОРИИ ЗАУРАЛЬЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	44
Сарейкина А.В., Ильина В.Н. СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ СТЕПНОЙ ФЛОРЫ НА КОРЕННОМ БЕРЕГУ РЕКИ БОЛ. ТАРХАНКИ (ЧЕЛНО-ВЕРШИНСКИЙ РАЙОН, САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)	57
Дусаева Г.Х. ВЛИЯНИЕ ПОЖАРА НА ЗАПАСЫ ВЕТОШИ ЗЛАКОВ В СТЕПНЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА «БУРТИНСКАЯ СТЕПЬ» ГПЗ «ОРЕНБУРГСКИЙ») В 2015-2020 ГГ.	66
Владимиров Д.Р., Григорьевская А.Я. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВИДОВ РОДА <i>STIPA</i> КРАСНОЙ КНИГИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ПО СВЕДЕНИЯМ РЕГИОНАЛЬНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ «ОХРАНЯЕМЫЕ СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ» И СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ INATURALIST	76
Кассал Б.Ю. СЦЕНАРИЙ ЭВОЛЮЦИИ ДИКИХ ЛОШАДЕЙ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ	83
Авалян Р.Э., Атоянц А.Л., Агаджанян Э.А., Арутюнян Р.М. ОЦЕНКА ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ АРМЕНИИ С УЧЕТОМ СОДЕРЖАНИЯ В НИХ РАДИОНУКЛИДОВ В СИСТЕМЕ ПОЧВА- РАСТЕНИЕ	94

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Зиновьев А.Т., Кошелева Е.Д., Рыбкина И.Д. ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ АЛТАЙСКОГО КРАЯ	107
Прядун Ю.П., Савков Н.Н., Лопухов П.М., Глаз Н.В., Колобков Ю.А., Усманов Ш.Ч. ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ИСПЫТАНИИ	118

НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ ТРАНСФОРМАЦИИ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛАНДШАФТНЫХ РАЙОНОВ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

В.П. Петрищев^{1,2}, Р.В. Ряхов¹

¹Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

²Оренбургский государственный университет, Россия, Оренбург

e-mail: remus.rv@gmail.com

Целью данной статьи является определение качественной трансформации структуры природных комплексов путем сопоставления показателей по ландшафтным районам Оренбургской области. В качестве основы выбрана наиболее современная версия ландшафтного районирования по А.А. Чибилеву. При этом в основе геоинформационного анализа выступают космические снимки Landsat 5 (1989 г.) и Landsat 8 (2018 г.). Для выявления качественной трансформации использовался метод искусственных нейронных сетей в отображении Сэммона. Для Оренбургской области определено, что появились и продолжают расширяться преимущественно по периферии региона территории с резким снижением сельскохозяйственного производства и антропогенной трансформации территории. Ландшафтных районов, которые в настоящее время испытывают рост антропогенного воздействия, относительно немного, что, преимущественно связано с активизацией недропользования.

Ключевые слова: морфологическая структура, ландшафтные районы Оренбургской области, нейросетевой анализ, минимальное остовое дерево.

Введение

Ландшафтная структура Оренбургской области [1] подвержена все большей интенсификации процессов антропогенного воздействия, в связи с чем актуализируются вопросы своевременного изучения трансформационных процессов. Эффективным инструментом для оценки структуры и динамики землепользования в пределах лесных и лесостепных геосистем региона являются спутниковые данные, дешифрованные с применением геоинформационных систем.

Среди различных методов математического анализа структуры и динамики геосистем различных уровней все большей популярностью начинают пользоваться методы автоматизированной классификации, в т.ч. основанные на нейросетевых технологиях. Применение нейросетевых технологий позволяет обойти требования о необходимости понимания структуры статистического распределения данных, повышает устойчивость к ошибкам при обработке фрагментированных данных, дает широкие возможности для генерализации и синтеза входных данных. Перед проведением нейросетевой классификации рекомендуется, как правило, разбиение информации, полученной дистанционными методами, на гомогенные области посредством автоматизированной сегментации. В основе формирования сегментов лежит принцип локальной однородности: спектральные признаки, текстурные характеристики (гладкость, компактность и т.д.) [2].

Наиболее важным фактором классификации территории при помощи нейронных сетей является правильный выбор входных нейронов (комбинации каналов данных дистанционного зондирования (ДДЗ)). Включение в синтезированные растровые данные инфракрасных каналов существенно повышает качество классификации и снижает погрешности, вызванные недообучением искусственных нейронных сетей (ИНС). Увеличение количества скрытых нейронов ведет к повышению качества выделения континуальных объектов (реки, дороги и т.д.), но ухудшает качество выделения иных

компонентов ландшафтно-экологических систем. Нейронные сети позволяют детектировать сложные границы урочищ, морфологическую структуру, границы растительных формаций и градиенты увлажненности геосистем [3].

Использование самоорганизующихся карт Кохонена (Self-Organizing maps) для изучения ландшафтной структуры по ДДЗ является прямым развитием технологий автоматизированной классификации изображений (в том числе и метода К-средних) [4]. Самоорганизующиеся карты Кохонена через однослойную нейронную сеть позволяют понизить размерность многомерных пространств мульти- и гиперспектральных изображений до двумерного, как наиболее оптимального для географического анализа. Преимуществами методики являются: низкое влияние зашумленности пространственных данных на результаты классификации, низкая ресурсоемкость при достаточно высокой скорости самообучения, упрощение визуализации многомерных данных. Итогом классификации является RGB-модель пространственных данных с присвоенными значениями классов на основе откорректированных во время самообучения весовых векторов по близости пространственно-спектральных характеристик. В сравнении с общепринятыми алгоритмами автоматизированной классификации нейронные сети менее подвержены ошибкам обнаружения пространственных объектов [5].

Применение ДДЗ и геоинформационных технологий позволяет разрабатывать высокоинформативные электронные базы пространственных данных с увеличенной селективностью, эффективностью и оперативностью обработки информации для проведения геоэкологической оценки степени воздействия факторов антропогенной и техногенной трансформации территории [6].

Материалы и методы

Для проведения исследования в основе ландшафтного анализа выступают космические снимки с космических аппаратов серии Landsat (1989 г., 2018 г.). Период выбора ДДЗ в пределах года обусловлен максимальной неоднородностью природных и природно-антропогенных элементов ландшафтной структуры в пределах геосистем региона (с середины мая до середины июня). Осуществлен синтез спектральных каналов по видимому (RGB), ближнему (NIR) и среднему (SWIR) инфракрасному диапазонам для повышения контрастности результатов кластеризации. Дешифрирование ДДЗ осуществлялось в программном комплексе (ПК) ScanEx Image Processor v.5.0. с применением алгоритмов, входящих в состав ПК: самоорганизующихся карт Кохонена (Self-Organizing maps), и последующей визуализацией при помощи построения на каждый из ландшафтных районов Оренбургской области минимальных остовых деревьев в отображении Сэммона (рис. 1), которые определяют свойства спектрального (расположение на одной «ветви») и пространственного (близость узлов ИНС на схеме) соотношения классов, выделенных в результате нейросетевой классификации.

Анализ нейронных сетей, отражающих территориальную структуру природопользования в Оренбургской области, может быть разделен на две части: 1) подсчет количества нейронных узлов во всех ответвлениях от одной, единственной выбранной главной цепочки нейронов; 2) подсчет количества ответвлений от главной цепочки вне зависимости от числа нейронов в каждой из них. Главная (ведущая) цепочка нейронов подбирается исходя из следующих критериев: 1) она должна, в случае дихотомии (раздвоения), включать наибольшее количество нейронных узлов; 2) в случае наличия одинакового количества нейронов в двух ответвлениях, выбор должен оставаться за наиболее сложной, т.е. ветвящейся, а не наиболее длинной.

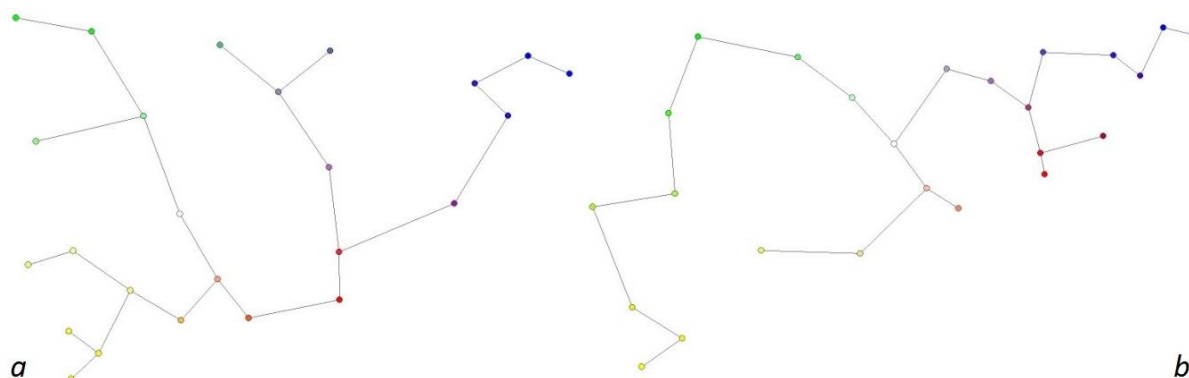


Рисунок 1 – Минимальные остовые деревья в отображении Сэммона, построенные по результатам автоматизированной нейросетевой кластеризации на территорию Нижнесакмаро-Уральского сырцово-увалистого ландшафтного района Оренбургской области за 1989 (а) и 2018 (б) гг.

Подсчет количества нейронных узлов в каждом ответвлении включает: определение длины каждой ветки (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – узлов), подсчет суммы всех узлов в ветках нейронов за 1989 и 2018 гг. и определение разницы количества узлов за 2018 год по сравнению с 1989 годом. Данный показатель, на наш взгляд, отражает изменение сложности пространственной структуры природно-антропогенных геосистем, а, следовательно, и сложность структуры природопользования в каждом конкретном физико-географическом районе. В отношении использования территории в различных отраслях экономики речь идет, например, о трансформации сельскохозяйственных угодий – росте посевных площадей или, наоборот, увеличении залежного фонда земель. Другим показателем, влияющим на динамику пространственной структуры ландшафтных районов, может быть освоение нефтегазовых месторождений и рост сети соответствующей им инфраструктуры.

Сложность результатов нейросетевой кластеризации в отображении Сэммона проявляется в увеличении числа ответвлений, которые, в свою очередь, выделяются при добавлении резко дифференцирующего значения спектральной яркости. Растительные сообщества, вне зависимости от видового состава, сходным образом влияют на отражательно-поглощательную способность по каналам ДДЗ, и, следовательно, будут размещаться в пределах одной «ветви», либо же занимать главную цепочку нейронов, если естественные/вторичные растительные сообщества занимают подавляющую площадь ландшафтного района. Таким образом, подсчет количества ответвлений отражает в первую очередь степень разнообразия структуры ландшафтного района, включая сюда как природные (квазинатуральные) геосистемы, так и агрохозяйственные, техногенные, селитебные и другие геосистемы с выраженной антропогенной трансформацией природных компонентов ландшафта. Данный показатель фиксирует количество форм природопользования, и различие в их количестве между 1989 г. и 2018 г. означает появление или исчезновение определенных видов природопользования [7]. Например, освоение медноколчеданных месторождений в Зауралье приводит к появлению новой ветки нейронных узлов, связанных с рудным недропользованием.

Для сопоставления результатов нейросетевой кластеризации с существующей схемой ландшафтного районирования рассчитаны показатели корреляции разветвленности нейронной сети (N/n – число классов в генеральной ветви по отношению к числу классов в ответвлениях) с коэффициентами, характеризующим ландшафтную структуру (индексы неоднородности и разнообразия Шеннона, Одума, Викторова, Глизона-Маргалефа) [8-11], и разницы числа ветвей в нейронных сетях по данным классификации за 2018 и 1989 гг.

Результаты и обсуждение

По динамике показателей количества ответвлений в нейронной сети и сложности нейронных веток за 1989 г. и 2018 г. в физико-географических районах Оренбургской области было выделено 5 типов таких районов (рис. 2): 1) «нулевой/стабильный» тип, – районы без каких-либо заметных изменений пространственной структуры; сюда включены преимущественно районы островных лесов; 2) тип «плюс/положительный» – районы с положительной динамикой как сложности нейронной сети, так и ростом числа ответвлений; это ландшафтные районы, выделяющиеся определенным экономическим ростом, прогрессирующим давлением на ландшафтную среду, появлением новых отраслей природопользования; 3) тип «минус/отрицательный» – районы с упрощением нейронной сети, носящей как количественный (снижение числа длинных нейронных веток), так и качественный (сокращение нейронных веток в целом) характер; такие районы выделяются резким снижением экономического потенциала, заметными восстановительными процессами природной среды, снижением численности сельского населения; 4) тип «плюс-минус» – сложный тип, включающий районы с усложнившейся за период 1989-2018 гг. пространственной структурой при одновременном снижении разнообразия, т.е. исчезновении одного или нескольких видов природопользования; усложнение структуры, возможно как за счет сукцессионных процессов, так и локальном появлении техногенных коммуникаций и сетей; 5) тип «минус-плюс» – также тип со сложной динамикой пространственного изменения ландшафтных районов, для которых характерно снижение структурной сложности при появлении новых видов природопользования, например, туристско-рекреационных кластеров; в нейронных сетях специфика данного типа проявляется в сокращении длины нейронных ответвлений при их количественном росте.

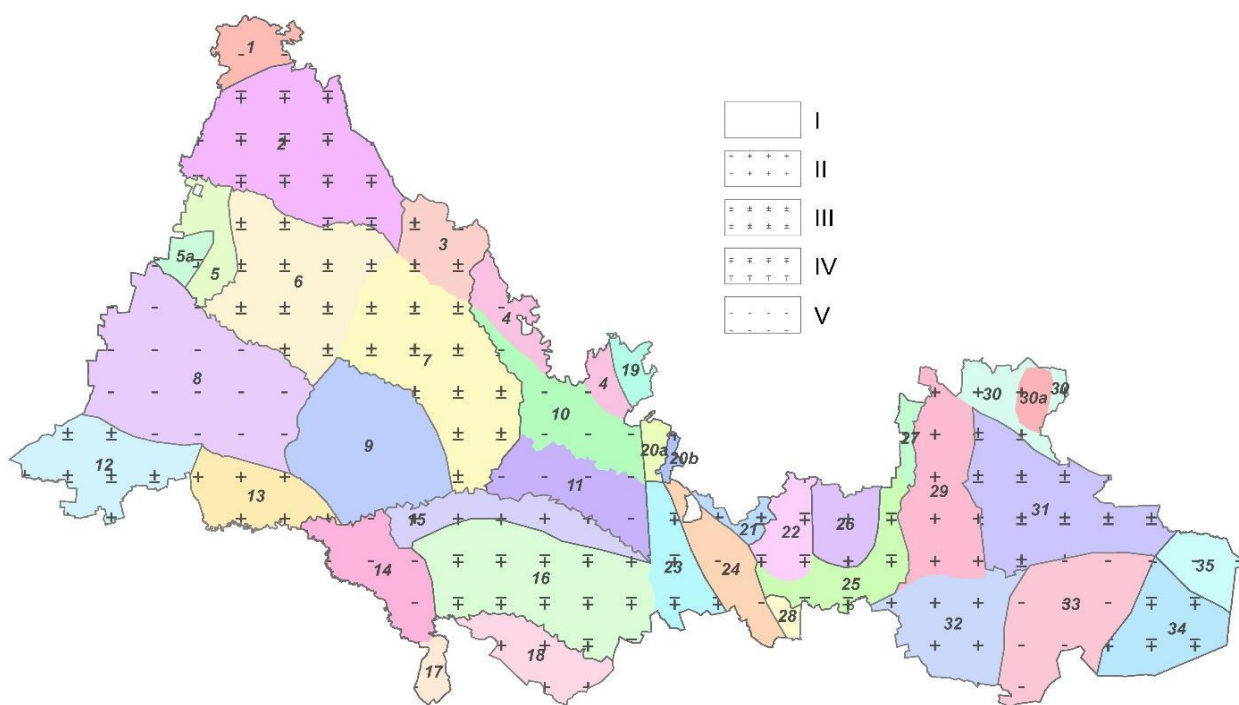


Рисунок 2 – Картограмма динамики показателей количества ответвлений в нейронной сети и сложности нейронных веток за 1989 г. и 2018 г.

Примечание: Цифрами на картограмме обозначены: 1-35 – физико-географическое районирование Оренбургской области по А.А. Чибилеву; I – «нулевой» тип, II – тип «плюс», III – тип «плюс-минус», IV – тип «минус-плюс», V – тип «минус».

«Нулевой» тип – охватывает 3 ландшафтных района – «острова стабильности» без существенных изменений пространственной структуры за последние 29 лет. Они существенно отличаются друг от друга тем, что включают горнолесной сельскохозяйственный район, 2 района нефтегазодобычи и активного аграрного производства.

Тип «плюс» – объединяет 9 ландшафтных районов и подрайонов Оренбургской области из 38. К данному типу относятся ландшафтные районы Зауралья с активно развернувшейся разработкой небольших медноколчеданных месторождений и ландшафтные районы Приуралья с осваиваемыми нефтегазовыми месторождениями на фоне истощения углеводородсодержащих структур западных районов области. В девяностые и в нулевые годы указанные ландшафтные районы стали локомотивом экономического развития Оренбуржья. Однако, к настоящему времени практически все рудные и нефтегазовые месторождения в их пределах исчерпаны. Определенные перспективы связаны только с Иртек-Кинделинским районом. В дальнейшем центр тяжести нефтегазовой добычи окончательно переместится в Предуральский и Магнитогорский прогибы.

Тип «минус» – включает 11 ландшафтных районов, географически относящихся как к территориям с высоким природно-ресурсным потенциалом (Предуралье), так и с низким (Восточно-Уральское поднятие Зауралья). В пределах районов происходит резкое снижение сельскохозяйственного производства, формирование горнопромышленных моноцентров (Ясный), узко специализированных нефтедобывающих районов (Бузулук-Присамарский район), развитие депрессивного «фронта» на границе с Казахстаном.

Тип «плюс-минус» – сравнительно небольшой тип из 6 ландшафтных районов, специфичных тем, что исчезновение отдельного типа природопользования, так или иначе, связано с сельскохозяйственным производством. При этом это может проявляться либо в форме почти полной его ликвидации и заменой заповедно-охранной формой природопользования (Шайтантау-Куруильский район), либо утратой его на отдельных крупных площадях в связи с активным освоением нефтегазодобычи и ростом инфраструктуры месторождений (районы Общего Сырта) с резким расширением земель залежного фонда, либо резким разукрупнением аграрного производства с ликвидацией крупных агрохозяйственных и селитебных центров (Зауралье).

Тип «минус-плюс» – также один из многочисленных типов ландшафтных районов (9 районов), проиндексированных нейронными сетями по структуре природопользования. С одной стороны сюда относятся районы с выделившимся туристско-рекреационным кластером (национальный парк «Бузулукский бор» и развитие грязе-рапного курорта «Соль-Илецкие озера»), с другой – формирование карьерно-отвальных геосистем (бедлендов) в старых горно-рудных районах, наконец, с третьей, – возникновение новых центров добычи различных видов сырья на фоне снижения площади сельскохозяйственного использования в низкогорно-грядовых районах Предуралья.

Сопоставляя данные, полученные на основе нейросетевого анализа, по ландшафтным районам Оренбургской области и индексы ландшафтного разнообразия и сложности (табл. 1), можно отметить следующее: коэффициенты энтропии и их связь со степенью разветвления нейронной сети довольно проста, чем выше становятся показатели дискретности и разнообразия структуры территории, выше плотность контуров, тем, соответственно, разветвленнее нейронная сеть.

Таблица 1 – Корреляционное отношение показателя разветвленности нейронной сети к коэффициентам, характеризующим ландшафтную структуру

	Индекс разнообразия	Индекс сложности	Индекс Викторова	Индекс Глизона-Маргалефа	Индекс Одума
Коэффициент корреляции	0,89	0,79	0,83	-0,68	-0,94

Снижение антропогенной нагрузки на ландшафт одновременно связано с упрощением нейронной сети за счет уменьшения количества ветвей и параллельно с этим повышением числа «длинных» ветвей с большим количеством нейронов (по индексу Одума). То есть короткие ветви означают увеличение как числа типов природопользования с отдельными специфическими и контрастирующими геосистемами, например, урботехногенными, нефтегазовых месторождений, мелиоративного земледелия. Индекс Викторова, характеризующий хронологическую сложность территории, обнаруживает естественную прямую корреляцию с разветвленностью нейронных сетей, что закономерно связывается в первую очередь со структурой природопользования. Индекс Глизона-Маргалефа максимален при небольшом количестве контуров в классе, но при их максимальном представительстве, т.е. имеет наибольшие значения в мелких ландшафтных районах Оренбургской области, расположенных на периферии – горно-лесостепных и горностепных. Таким образом, вследствие, как правило, низкой антропогенной трансформации и небольшого разнообразия форм природопользования степень разветвленности нейронных сетей здесь ниже.

Выводы

Полученные данные позволяют констатировать, что анализ нейросетей, полученных с помощью сегментации, вполне корректно отображает трансформацию природопользования при оценке на уровне отдельных ландшафтных районов, что позволяет учесть и специфику естественного природного районирования. Для Оренбургской области соотношение данных за период 1989-2018 гг. показывает, что появились и продолжают расширяться преимущественно по периферии региона территории с резким снижением как сельскохозяйственного производства, так и в целом антропогенной трансформации территории. Ландшафтных районов, которые в настоящее время испытывают напротив рост антропогенного воздействия, относительно немного, и они связаны почти исключительно с активизацией недропользования.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках темы НИР «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем» № АААА-А21-121011190016-1.

Список литературы

1. Чибилев А.А., Дебело П.В. Ландшафты Урало-Каспийского региона. Оренбург: Институт УрО РАН, Печатный дом «Димур», 2006. 264 с.
2. Романов А.А., Рубанов К.А. Сравнение методов объектно-ориентированной и нейросетевой классификации данных дистанционного зондирования Земли на основе материалов систем Landsat-5 и Orbview-3 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 4. С. 29-36.

3. Зарубин О.А. Применение нейронных сетей для целей анализа данных дистанционного зондирования Земли // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 8 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/08/70887> (дата обращения: 18.08.2022).
4. Пьянков С.В., Пономарчук А.И., Шихов А.Н. Космический мониторинг Пермского региона // Земля из космоса: наиболее эффективные решения. М.: ИТЦ «СКАНЭКС». 2013. № 16. С. 37-40.
5. Гурьева М.Н. Применение самоорганизующейся карты Кохонена для сегментации гиперспектральных изображений // ГРАФИКОН'2015: Труды Юбилейной 25-й междунар. конф. (Протвино, 22-25 сент. 2015 г.). Протвино: Изд-во Автономная некоммерческая организация «Институт физико-технической информатики», 2015. С. 93-95.
6. Беленко В.В. Концепция и технология мониторинга земель застраиваемых территорий по материалам космической съемки // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2019. Т. 63. № 3. С. 312-323.
7. Зворыкин К.В. Географическая концепция природопользования // Вестн. МГУ. Серия 5. География. 1993. № 3. С. 3-16.
8. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // Количественные методы экологии и гидробиологии: сб. науч. трудов, посвящ. памяти А.И. Баканова. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. С. 91-129.
9. Пузаченко Ю.Г., Дьяконов К.Н., Алешенко Г.М. Разнообразие ландшафта и методы его измерения // География и мониторинг биоразнообразия. М., 2002. 98 с.
10. Shannon C.E. The mathematical theory of communication // Bell Syst. Techn. J. 1948. vol. 27. pp. 379-423, 623-656.
11. Ramezani H.A Note on the Normalized Definition of Shannon's Diversity Index in Landscape Pattern Analysis // Environment and Natural Resources Research. 2012. vol. 2. no. 4. pp. 54-60. DOI:10.5539/enrr.v2n4p54.
12. Викторов А.С. Рисунок ландшафта. М.: Мысль, 1986. 179 с.
13. Margalef R. Information Theory in Ecology // International Journ. of General Systems. 1958. vol. 3. pp. 36-71.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 02.11.2022
Принята к публикации 12.12.2022

**A NEURONET ANALYSIS OF THE MORPHOLOGICAL STRUCTURE
TRANSFORMATION OF LANDSCAPE GEOSYSTEMS IN THE ORENBURG REGION
V. Petrishchev^{1,2}, R. Ryakhov¹**

¹Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg

²Orenburg State University, Russia, Orenburg
e-mail: remus.rv@gmail.com

The purpose of the article is to determine the qualitative transformation of the structure of natural complexes by comparing indicators of landscape areas in the Orenburg region. The most modern version of landscape zoning by A.A. Chibilev laid in the basis of the study. At the same time, the geoinformation analysis is based on satellite images of Landsat 5 (1989) and Landsat 8 (2018). To identify a qualitative transformation, the method of artificial neuronets in the Sammon mapping was used. For the Orenburg region, it was determined that they appeared and continue to

expand mainly along the periphery of the region with a sharp decrease in agricultural production and anthropogenic transformation of the territory. There are relatively few landscape areas that are currently experiencing an increase in anthropogenic impact; it is mainly connected with the intensification of subsoil use.

Key words: morphological structure, landscape areas of the Orenburg region, neuronet analysis, minimum spanning tree.

References

1. Chibilev A.A., Debelo P.V. Landshafty Uralo-Kaspiiskogo regiona. Orenburg: Institut UrO RAN, Pechatnyi dom "Dimur", 2006. 264 s.
2. Romanov A.A., Rubanov K.A. Sravnenie metodov ob"ektno-orientirovannoi i neirosetevoi klassifikatsii dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli na osnove materialov sistem Landsat-5 i Orbview-3. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2012. T. 9. N 4. S. 29-36.
3. Zarubin O.A. Primenenie neironnykh setei dlya tselei analiza dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli. Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii. 2016. N 8 [Elektronnyi resurs]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/08/70887> (data obrashcheniya: 18.08.2022).
4. P'yankov S.V., Ponomarchuk A.I., Shikhov A.N. Kosmicheskii monitoring Permskogo regiona. Zemlya iz kosmosa: naibolee effektivnye resheniya. M.: ITTs "SKANEKS". 2013. N 16. S. 37-40.
5. Gur'eva M.N. Primenenie samoorganizuyushcheysya karty Kokhonena dlya segmentatsii giperspektral'nykh izobrazhenii. GRAFIKON'2015: Trudy Yubileinoi 25-i mezhdunar. konf. (Protvino, 22-25 sent. 2015 g.). Protvino: Izd-vo Avtonomnaya nekommercheskaya organizatsiya "Institut fiziko-tehnicheskoi informatiki", 2015. S. 93-95.
6. Belenko V.V. Kontseptsiya i tekhnologiya monitoringa zemel' zastraivaemykh territorii po materialam kosmicheskoi s"emki. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geodeziya i aerofotos"emka. 2019. T. 63. N 3. S. 312-323.
7. Zvorykin K.V. Geograficheskaya kontseptsiya prirodopol'zovaniya. Vestn. MGU. Seriya 5. Geografiya. 1993. N 3. S. 3-16.
8. Shitikov V.K., Rozenberg G.S. Otsenka bioraznoobraziya: popytka formal'nogo obobshcheniya. Kolichestvennye metody ekologii i gidrobiologii: sb. nauch. trudov, posvyashch. pamyati A.I. Bakanova. Tol'yatti: SamNTs RAN, 2005. S. 91-129.
9. Puzachenko Yu.G., D'yakonov K.N., Aleshchenko G.M. Raznoobrazie landshafta i metody ego izmereniya. Geografiya i monitoring bioraznoobraziya. M., 2002. 98 s.
10. Shannon C.E. The mathematical theory of communication. Bell Syst. Techn. J. 1948. vol. 27. pp. 379-423, 623-656.
11. Ramezani H.A. Note on the Normalized Definition of Shannon's Diversity Index in Landscape Pattern Analysis. Environment and Natural Resources Research. 2012. vol. 2. no. 4. pp. 54-60. DOI:10.5539/enrr.v2n4p54.
12. Viktorov A.S. Risunok landshafta. M.: Mysl', 1986. 179 s.
13. Margalef R. Information Theory in Ecology. International Journ. of General Systems. 1958. vol. 3. pp. 36-71.

Сведения об авторах:

Вадим Павлович Петрищев
 Д.г.н., доцент, ведущий научный сотрудник отдела природно-техногенных геосистем,
 Институт степи УрО РАН
 ORCID 0000-0002-7711-8141

Vadim Petrishchev

Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Department of Natural and Technogenic Geosystems, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Роман Васильевич Ряхов

Научный сотрудник отдела природно-техногенных геосистем, Институт степи УрО
РАН

ORCID 0000-0002-4762-3286

Roman Ryakhov

Researcher, Department of Natural and Technogenic Geosystems, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Петрищев В.П., Ряхов Р.В. Нейросетевой анализ трансформации морфологической структуры ландшафтных районов Оренбургской области // Вопросы степеведения. 2022. № 4. С. 4-12. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-4-12

КОНЦЕНТРАЦИЯ И ЭМИССИЯ МЕТАНА В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.Н. Гарькуша, Ю.А. Фёдоров, Р.Г. Трубник, М.Л. Крукиер

Институт наук о Земле Южного федерального университета, Россия, Ростов-на-Дону

e-mail: gardim1@yandex.ru

Проанализированы результаты измерений концентраций метана в различных типах почв Ростовской области и его потоков в атмосферу. Скорость эмиссии метана с поверхности почв варьировалась в пределах 0,000-0,136 мг $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2}\text{ч}^{-1}$ и тесно коррелировала с его концентрациями в почвах ($r = 0,85$). Максимальные скорости потоков метана характерны для периодически затапливаемых почв, отобранных в зарослях тростника в пойме Цимлянского водохранилища и для техногенных грунтов на терриконах шахт. На пахотных каштановых почвах поток метана в атмосферу отсутствовал, и была зафиксирована его минимальная концентрация (0,005 мкг/г). В порядке убывания средней скорости потоков метана в атмосферу исследованные типы почв располагаются следующим образом: аллювиальные (пойменные) почвы, периодически затапливаемые водой (0,134 мг $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2}\text{ч}^{-1}$), > чернозем обыкновенный (0,055 мг $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2}\text{ч}^{-1}$) > аллювиальные лугово-черноземные почвы (0,037 мг $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2}\text{ч}^{-1}$) > каштановые почвы (0,033 мг $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2}\text{ч}^{-1}$). Общая эмиссия метана с поверхности почв Ростовской области по ориентировочным оценкам составляет от 46,1 до 193,6 тонн в сутки или от 9675 до 40663 тонн в год, что свидетельствует об их заметном вкладе (от 3,0 до 12,7 %) в суммарную эмиссию метана природными и антропогенными источниками Ростовской области.

Ключевые слова: изменение климата, парниковые газы, метан, эмиссия, концентрация, почвы, карбоновые полигоны, агрохимия.

Введение

В настоящее время одной из актуальных экологических проблем является глобальное изменение климата, связанное с увеличением концентраций в атмосфере Земли парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O и др.), что обуславливает повышение температуры воздуха в тропосфере, таяние вечной мерзлоты, повышение уровня Мирового океана, увеличение частоты и интенсивности гидрометеорологических стихийных бедствий и т.д. [1]).

В целом, межрезервуарный обмен CO_2 и N_2O между различными экосистемами исследован более или менее хорошо, в то время как метан в этом отношении изучен слабо [2]. Между тем по оценкам [1], «парниковый потенциал» метана в расчете на 100 лет в 28 раза сильнее, чем у углекислого газа, а в 20-летней перспективе – в 84 раза. Следует отметить, что метан, являясь легким газом, довольно быстро попадает на границу тропосферы и стратосферы, и на высоте 15-20 км под действием солнечных лучей разлагается на водород и углерод, тем самым способствуя разрушению молекул озона и истончению озонового слоя в верхних слоях атмосферы [3, 4].

Общая эмиссия метана в атмосферу оценивается в 500-600 Тг/год с ежегодными колебаниями в стоках и источниках [5]. Вклад метана в общий парниковый эффект по разным оценкам составляет от 16 % [6] до 18-19 % [7], при этом скорость увеличения его содержания в атмосфере в 2-4 раза выше, чем диоксида углерода. Так, измеренная недавно (в июле 2022 года) средняя концентрация метана в атмосфере составила 1904,5 ppb [8], что в 2,6 раза выше, чем в доиндустриальные времена – 720 ppb. При этом считается, что антропогенная деятельность является основной причиной такого быстрого увеличения эмиссии метана в атмосфере [6], отвечая примерно за 50-75 % общей его эмиссии [9].

Большая часть атмосферного метана имеет бактериальное (биогенное) происхождение и полностью контролируется потоками с земной поверхности [10]. По оценкам [1], за 47 % глобальной годовой эмиссии CH_4 естественными источниками ответственна его дегазация из почв. При этом различные типы почв могут быть как источником эмиссии (выделения) метана в атмосферу, так и его стока (поглощения) из атмосферы в зависимости от соотношения скоростей образования и окисления метана в почвах, соответственно, метанообразующими (метаногенными) археями и метаноокисляющими (метанотрофными) бактериями [11]. Согласно теоретическим расчетам, общая эмиссия метана почвами России составляет от 7,5 до 23,5 Мт/год [12, 13], в то время как его поглощение – около 3,6 Мт/год [14].

В почвенном покрове метан в основном образуется биохимическим путем *in situ* в результате жизнедеятельности метаногенных архей и/или наследуется со времени начала почвообразования [15, 16]. Метан в почвах находится в водной и воздушной среде порового пространства и в сорбированном на органо-минеральной матрице виде [15], а также в корнях и стеблях растений. Последние являются активными проводниками метановых эманаций [17]. При этом, в сухих почвах большая часть (>80 %) метана адсорбирована органо-минеральными частицами [18], в обводненных почвах существенно увеличивается его содержание в водной фазе.

Несмотря на то, что пахотные почвы являются важным источником парниковых газов в сельском хозяйстве [19], измерения концентраций и потоков метана в природных условиях из почв степной зоны единичны [20], что не позволяет дать адекватную оценку вклада почвенного покрова в эмиссию метана с территории России. Исходя из этого, основной целью настоящего исследования является оценка уровня концентраций метана в различных типах почв Ростовской области и его эмиссии с их поверхности в атмосферу.

Материалы и методы

В конце мая – начале сентября 2021 г. на 11 станциях, расположенных в пределах Ростовской области (рис. 1, табл. 1), проведены натурные измерения скорости потоков метана с поверхности почв в атмосферу, а также его концентраций в верхних горизонтах (0-2 см и 2-5 см) почв. Измерения были выполнены на аллювиальных лугово-черноземных и каштановых тяжелосуглинистых почвах, черноземах обыкновенных с невысокой растительностью и без растительности (пахотные почвы), аллювиальных (пойменных) почвах, периодически затапливаемых водой, а также на техногенных грунтах терриконов шахт «Аютинская» и «Южная». Температура воздуха в период исследования варьировала в диапазоне от 20 до 33°C.

Отбор проб почв, в том числе техногенных грунтов с терриконов шахт «Аютинская» и «Южная», и последующее определение концентраций метана в них проведены согласно аттестованной методике [21] с добавлением методических приемов, описанных в работах [15, 20]. Измерение эмиссии метана с поверхности почв в атмосферу выполнено камерным методом [20, 22, 23] с помощью стационарных накопительных камер – ловушек, представляющих собой пластиковые (поликарбонатные) емкости с открытым основанием и специальными отверстиями сверху для забора газовой смеси, объемом воздушной фазы 3000 см³ (реже 4000 см³) и площадью основания 539 см² (рис. 2). В каждой из ловушек сразу после их установки отбирались «холостые» пробы. Время нахождения камер – ловушек в накопительном режиме варьировало от 1 до 24 часов (60-1440 минут).

Определение концентрации метана выполнено на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000.2» с дозатором равновесного пара на пламенно-ионизационном детекторе [20, 21].



Рисунок 1 – Местоположение станций натуральных измерений концентраций метана в почвах Ростовской области и его потоков в атмосферу в 2021 году



Рисунок 2 – Накопительные камеры – ловушки, установленные для определения потоков метана с почв с невысокой или отсутствующей растительностью

Таблица 1 – Результаты натуральных измерений концентраций и потоков метана с поверхности почв Ростовской области

Номер станции	Местоположение станции	Координаты, с.ш. / в.д., Дата проведения эксперимента	Объем ловушки, см ³ / площадь основания ловушки, см ³	Экспозиция, минут	Концентрация метана, мкл в 2 мл воздуха, отобранного шприцом в ловушке, с учетом «холостой» пробы	Скорость потока метана, мг СН ₄ м ⁻² ч ⁻¹	Почвы рядом с ловушками		
							Горизонт отбора проб, см	Концентрация метана, мкг/г влажной почвы	Тип почв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Станция 1	пойма р. Тузлов, ниже впадения р. Б. Крепкой. В 3-5 м от уреза воды	47°34'27.00" 39°22'35.40" 25 мая	<u>3000</u> 539	110	0,001	0,036	0-2	0,011	Аллювиальные лугово-черноземные почвы
Станция 2	вершина террикона шахты «Аютинская»	47°47'46.39" 40°08'35.91" 26 мая	<u>3000</u> 539	70	0,006	0,136	0-2	0,035	Техногенные грунты на терриконе с сильным запахом H ₂ S
Станция 3	террикон шахты «Южная»	47°41'25.69" 40°08'04.59" 26 мая	<u>3000</u> 539	60	0,006	0,117	0-2	<u>0,042-0,046</u> * 0,044 (2)	Техногенные грунты на терриконе с сильным запахом H ₂ S
Станция 4	пойма р. Аюта, устьевой участок. В 15 м от уреза воды	47°25'54.68" 40°05'56.69" 26 мая	<u>3000</u> 539	120	0,001	0,039	0-2	0,014	Аллювиальные лугово-черноземные почвы
Станция 5	пойма р. Кадамовка, устьевой участок. В 3-4 м от уреза воды	47°23'44.00" 40°08'16.00" 25 мая	<u>3000</u> 539	120	0,001	0,039	0-2	0,010	Аллювиальные лугово-черноземные почвы
Станция 6	пойма протоки Аксай, район впадения сбросного канала (Ерик Дриганов). В 10-15 м от уреза воды	47°22'15.60" 40°10'55.90" 25 мая	<u>3000</u> 539	110	0,001	0,036	0-2	0,010	Аллювиальные лугово-черноземные почвы
Станция 7	пшеничное поле, в 20 метрах от трассы «Семикаракорск – Большая Орловка»	47°29'12.81" 40°55'19.00" 26 мая	-	-	-	-	0-2	0,009	Каштановые почвы, тяжелосуглинистые
							2-5	0,012	
Станция 8	пашня рядом с трассой «Семикаракорск – Большая Орловка»	47°26'46.37" 40°59'54.34" 26 мая	<u>3000</u> 539	110	0,000	поток отсутствует	0-2	0,005	Каштановые почвы, тяжелосуглинистые, более сухие, чем на ст. 7
							2-5	0,015	

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Станция 9	пойма Цимлянского водохранилища, в зарослях молодого тростника. В 3-5 м от уреза воды	47°31'46.52" 42°10'15.53" 27 мая	$\frac{3000}{539}$	120	0,006	0,134	0-2 5-10 10-15	0,080 0,050 0,070	Аллювиальные (пойменные) почвы, периодически затапливаемые водой
Станция 10	рисовый чек ООО «Энергия», пос. Валуйский Пролетарского района Ростовской области	47°01'34.62" 41°21'22.39" 28 мая	$\frac{4000}{539}$	70	$\frac{0,001-0,003}{0,002}$ (2)	$\frac{0,022-0,067}{0,045}$ (2)	0-2 см	$\frac{0,013-0,018}{0,016}$ (2)	Темно-каштановые почвы между рисовыми чеками
		47°01'34.62" 41°21'22.39" 9 сентября	$\frac{3000}{539}$	120-240	$\frac{0,003-0,010}{0,006}$ (4)	$\frac{0,029-0,049}{0,039}$ (4)	0-2 см	0,026	Темно-каштановые почвы между рисовыми чеками
Станция 11	приусадебный участок, Западный микрорайон г. Ростова-на-Дону	47°13'05.74" 39°38'14.45" 6-7 августа	$\frac{3000}{539}$	270-1440	$\frac{0,014-0,034}{0,025}$ (20)	$\frac{0,018-0,095}{0,055}$ (20)	0-2 см	$\frac{0,015-0,022}{0,17}$ (5)	Чернозем обыкновенный, карбонатный

Примечание. * – В числителе приведены пределы измерения, в знаменателе – средние значения, в скобках – количество измерений.

Результаты и обсуждение

Согласно обобщенным данным таблицы 2, концентрации метана в исследованных почвах варьируются в пределах от 0,005 до 0,080 мкг/г влажной почвы (вл.п.), с максимальными значениями в аллювиальных почвах, отобранных в зарослях молодого тростника на периодически затапливаемой водой пойме Цимлянского водохранилища (ст. 9), и минимальными значениями в сухих каштановых почвах пашни (ст. 8). Последнее обусловлено тем, что при вспашке почв усиливается их газообмен с атмосферой, в результате чего ускоряется окисление метана и его выделение в атмосферу, особенно интенсивное в первое время после вспашки [15].

Таблица 2 – Обобщенные данные натуральных измерений концентраций и потоков метана с поверхности почв Ростовской области в 2021 г.

Тип почв	Концентрация метана в почвах, мкг/г вл.п.	Скорость потока метана, мг CH ₄ м ⁻² ч ⁻¹
Аллювиальные лугово-черноземные почвы	<u>0,010-0,014</u> * 0,011 (4)	<u>0,036-0,039</u> 0,037 (4)
Аллювиальные (пойменные) почвы в зарослях молодого тростника, периодически затапливаемые водой	<u>0,050-0,080</u> 0,067 (3)	0,134 (1)
Чернозем обыкновенный, карбонатный	<u>0,015-0,022</u> 0,017 (5)	<u>0,018-0,095</u> 0,055 (20)
Каштановые почвы, тяжелосуглинистые	<u>0,005-0,026</u> 0,014 (7)	<u>0-0,067</u> 0,033 (5)
Техногенные грунты на терриконах шахт	<u>0,035-0,046</u> 0,041 (3)	<u>0,117-0,136</u> 0,127 (2)

*Примечание: * – В числителе приведены пределы изменения, в знаменателе – средние значения, в скобках – количество измерений.*

Относительно высокие концентрации метана зафиксированы также в техногенных грунтах с сильным запахом H₂S, отобранных на терриконах шахт «Аютинская» и «Южная» (станции 2 и 3) – в среднем 0,041 мкг/г вл. почвы. В остальных исследованных типах почв концентрации метана были относительно низкими (до 0,026 мкг/г) и в порядке убывания средних концентраций располагались следующим образом: чернозем обыкновенный (0,017 мкг/г) > каштановые почвы (0,014 мкг/г) > аллювиальные лугово-черноземные почвы (0,011 мкг/г).

Величина эмиссии метана в атмосферу с поверхности исследованных почв изменялась в диапазоне 0,000-0,136 мг CH₄ м⁻²ч⁻¹ (см. табл. 2) и тесно коррелировала с концентрациями метана в почвах ($r = 0,85$; $P < 0,01$; рис. 3), что согласуется с исследованиями [20]. Максимальные значения скорости потоков метана характерны для периодически затапливаемых почв, отобранных в зарослях молодого тростника в пойме Цимлянского водохранилища (0,134 мг CH₄ м⁻²ч⁻¹) и техногенных грунтов на терриконах шахт (в среднем 0,127 мг CH₄ м⁻²ч⁻¹). Отсутствием потока метана в атмосферу характеризовалась поверхность каштановых почв пашни (ст. 8), где зафиксирована минимальная концентрация исследуемого газа (0,005 мкг/г вл.п.). По всей видимости, концентрации метана в поверхностном горизонте почв, близкие к 0,005 мкг/г вл.п., можно считать критическим пределом, ниже которого почвы переходят из категории источников метана в категорию его поглотителей. В целом, в порядке убывания средних величин потоков метана в атмосферу исследованные типы почв располагаются следующим образом: аллювиальные (пойменные) почвы, периодически затапливаемые водой (0,134 мг CH₄ м⁻²ч⁻¹), > чернозем обыкновенный (0,055 мг CH₄ м⁻²ч⁻¹) > аллювиальные лугово-черноземные почвы (0,037 мг CH₄ м⁻²ч⁻¹) > каштановые почвы (0,033 мг CH₄ м⁻²ч⁻¹).

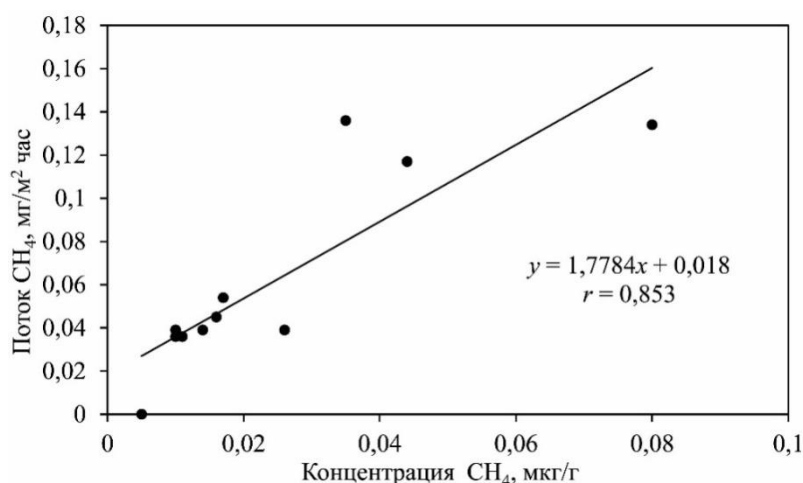


Рисунок 3 – Зависимость потока метана в атмосферу от его концентраций в поверхностном (0-2 см) горизонте почв

В нашей предыдущей работе [20] показано, что в почвах степной зоны юга Ростовской области концентрации и скорости потоков метана в 2008-2010 гг. изменялись в пределах <0,01-15,1 мкг/г влажной почвы и <0,005-0,062 мг CH₄ м⁻²ч⁻¹, соответственно. При этом максимальные концентрации метана и скорости его потоков были характерны для аллювиальных лугово-черноземных почв с высокой влажностью, минимальные – темно-каштановых и каштановых почв, а также солончаков, что согласуется с данными, обсуждаемыми в настоящей статье.

Таблица 3 – Сравнение концентраций и эмиссии метана в атмосферу с поверхности различных типов почв Ростовской области за разные временные периоды

Почвы	Площадь распространения почв (по [24])		Концентрация метана в 0-2 см слое почв, мкг/г	Скорость потока метана, мг CH ₄ м ⁻² ч ⁻¹	Эмиссия метана со всей площади исследованных типов почв, кг/сутки
	тыс. км ²	%			
Разновидности черноземов	53,466	57,8	<0,01-0,07 0,015-0,022 *	<0,005-0,062 0,018-0,095	<6416-79557 23097-121902
Разновидности солонцов и солончаков	7,493	8,1	<0,01-0,02 нет данных	<0,005 нет данных	749 нет данных
Разновидности каштановых почв	18,719	20,2	<0,01-0,03 0,005-0,026	<0,005 0-0,067	1872 0-30100
Разновидности луговых и аллювиальных почв	6,748	7,3	0,01-15,1 0,010-0,080	0,008-0,033 0,036-0,134	1296-5344 5830-21702
Прочие почвы	6,105	6,6	нет данных 0,035-0,046 **	нет данных 0,117-0,136	нет данных 17143-19927
Итого: общая эмиссия метана почвами Ростовской области	92,531	100	-	-	10333-87522 46070-193631

Примечание: * – В числителе приведены данные за 2008-2010 гг. [20], в знаменателе – данные за 2021 г.; ** – результаты измерений в техногенных грунтах терриконов шахт.

Расчет эмиссии метана со всей площади поверхности исследованных типов почв Ростовской области (табл. 3) проведен по минимальным и максимальным величинам скорости его потока, полученным в ходе проведения натурных измерений. Согласно расчетам, общая эмиссия метана исследованными почвами Ростовской области варьирует в пределах от 46,1 до 193,6 тонн в сутки, что в 2,2-4,5 раза выше полученных ранее в работе [20] величин. При этом в обоих случаях максимальный вклад в общую эмиссию метана вносят черноземы, для которых характерна наибольшая площадь распространения в

Ростовской области (до 63 % – в 2021 г.). Если принять продолжительность активного периода эмиссии метана равной 210 дням в году (7 месяцев с апреля по ноябрь без снежного покрова), то годовая эмиссия метана почвами Ростовской области по нашим оценкам составит от 9675 до 40663 тонн (13,8-58,1 млн м³). Эти величины составляют от 3,0 до 12,7 % от суммарной эмиссии метана природными и антропогенными источниками Ростовской области (320600 тонн или 458 млн м³/год – по [25]) и от 0,04 до 0,54 % от суммарной эмиссии метана почвами России (7,5-23,5 Мт/год – по [12, 13]).

Выводы

Натурные измерения потоков метана с поверхности почв Ростовской области были проведены на аллювиальных лугово-черноземных и каштановых тяжелосуглинистых почвах, черноземах обыкновенных с невысокой растительностью и без растительности (пахотных почвах), аллювиальных (пойменных) почвах, периодически затапливаемых водой, а также на техногенных грунтах терриконов шахт «Аютинская» и «Южная».

Величина эмиссии метана в атмосферу с поверхности исследованных почв изменялась в диапазоне 0,000-0,136 мг СН₄ м⁻²ч⁻¹ и тесно коррелировала с концентрациями метана в почвах ($r = 0,85$). Максимальные значения скорости потоков метана были характерны для периодически затапливаемых почв, отобранных в зарослях молодого тростника в пойме Цимлянского водохранилища и для техногенных грунтов на терриконах шахт. На пахотных каштановых почвах поток метана в атмосферу отсутствовал, и была зафиксирована его минимальная концентрация (0,005 мкг/г вл.п.). По всей видимости, концентрации метана в поверхностном горизонте почв, близкие к 0,005 мкг/г вл.п., можно считать критическим пределом, ниже которого почвы переходят из категории источников метана в категорию его поглотителей. В целом, в порядке убывания средних величин скорости потоков метана в атмосферу исследованные типы почв располагаются следующим образом: аллювиальные (пойменные) почвы, периодически затапливаемые водой (0,134 мг СН₄ м⁻²ч⁻¹) > чернозем обыкновенный (0,055 мг СН₄ м⁻²ч⁻¹) > аллювиальные лугово-черноземные почвы (0,037 мг СН₄ м⁻²ч⁻¹) > каштановые почвы (0,033 мг СН₄ м⁻²ч⁻¹). Общая эмиссия метана с поверхности почв Ростовской области по ориентировочным оценкам составляет от 46,1 до 193,6 тонн в сутки или от 9675 до 40663 тонн в год, что свидетельствует об их заметном вкладе (от 3,0 до 12,7 %) в суммарную эмиссию метана природными и антропогенными источниками Ростовской области.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках гос. задания в сфере научной деятельности № 0852-2020-0029.

Список литературы

1. IPCC Climate Change 2014. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, 2014. 151 p.
2. Вальков В.Ф. Почвоведение. Учебник для вузов. Москва: ИКЦ МарТ, Ростов н/Д: Издательский центр МарТ, 2004. 496 с.
3. Минько О.И. Генерация углеводородного газа почвенным покровом планеты // Геохимия. 1991. № 1. С. 3-14.
4. Глаголев М.В., Сабреков А.Ф. Ответ А.В. Смагину: II. Углеродный баланс России // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2014. Т. 5. № 2. С. 50-70.

5. Wallenius A.J., Dalcin Martins P., Slomp C.P. and Jetten M.S.M. Anthropogenic and Environmental Constraints on the Microbial Methane Cycle in Coastal Sediments. *Front. Microbiol.* 2021. 12:631621.
6. Ciais P., Sabine C., Bala G., Bopp L., Brovkin V., Canadell J., Chhabra A., DeFries R., Galloway J., Heimann M., Jones C., Le Quere C., Myneni R.B., Piao S., Thornton P. Carbon and other biogeochemical cycles. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* MA: Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. 2013. pp. 465-570.
7. Conrad R. Contribution of hydrogen to methane production and control of hydrogen concentrations in methanogenic soils and sediments. *FEMS Microbiology Ecology.* 1999. vol. 28. no. 3. pp. 193-202.
8. Lan X., Thoning K.W., Dlugokencky E.J. Trends in globally-averaged CH₄, N₂O, and SF₆ determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements. Version 2022-11. URL: <https://doi.org/10.15138/P8XG-AA10> (дата обращения: 01.11.2022).
9. Conrad R. The global methane cycle: recent advances in understanding the microbial processes involved. *Environ. Microbiol.* 2009. rep. 1. pp. 285-292.
10. Бажин Н.М. Метан в атмосфере // Соросовский образовательный журнал. 2000. Т. 6. № 3. С. 52-57.
11. Le Mer J., Roger P. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: A review. *European J. Soil Biology.* 2001. vol. 37. no. 1. pp. 25-50.
12. Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф. Моделирование глобального круговорота углерода. Москва: Физматлит, 2004. 336 с.
13. Zhu X., Zhuang Q., Qin Z., Glagolev M., Song L. Estimating wetland methane emissions from the northern high latitudes from 1990 to 2009 using artificial neural networks. *Global Biogeochem. Cycles.* 2013. vol. 27. Iss. 2. pp. 592-604.
14. Глаголев М.В., Филиппов И.В. Инвентаризации поглощения метана почвами // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2011. Т. 2. № 2(4). С. 1-20.
15. Гарькуша Д.Н., Федоров Ю.А., Тамбиева Н.С. Метан в почвах различных географических зон России // Известия РАН. Серия географическая. 2018. № 3. С. 47-55.
16. Федоров Ю.А., Сухоруков В.В., Трубник Р.Г. Аналитический обзор: эмиссия и поглощение парниковых газов почвами. Экологические проблемы // Антропогенная трансформация природной среды. 2021. Т. 7. № 1. С. 6-34.
17. Гарькуша Д.Н., Федоров Ю.А. Влияние растений на процессы цикла метана в донных отложениях и ризосфере почв // Сибирский экологический журнал. 2016. № 6. С. 919-934.
18. Гальченко В.Ф., Дулов Л.Е., Крамер Б., Конова Н.И., Барышева С.В. Биогеохимические процессы цикла метана в почвах, болотах и озерах Западной Сибири // Микробиология. 2001. Т. 70. № 2. С. 215-225.
19. Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2013 гг. Ч. 1. Москва: Росгидромет, 2015. 476 с.
20. Гарькуша Д.Н., Федоров Ю.А., Тамбиева Н.С. Эмиссия метана из почв Ростовской области // Аридные экосистемы. 2011. Т. 17. № 4(49). С. 44-52.
21. РД 52.24.511-2013. Массовая доля метана в донных отложениях. Методика измерений газохроматографическим методом с использованием анализа равновесного пара. Ростов н/Д: Росгидромет, ГУ «Гидрохимический институт», 2013. 19 с.
22. Федоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Шипкова Г.В. Эмиссия метана торфяными залежами верховых болот Псковской области // География и природные ресурсы. 2015. № 1. С. 88-97.

23. Гарькуша Д.Н., Федоров Ю.А., Сухоруков В.В. Эмиссия метана тростниковой формацией побережья Азовского моря // Вода: химия и экология. 2019. № 3-6. С. 78-85.
24. Вальков В.Ф., Колесников С.И., Казеев К.Ш. Почвы Юга России: классификация и диагностика. Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. 156 с.
25. Федоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Трофимов М.Е. Метан городских агломераций и его вклад в общую эмиссию (на примере Ростовской области) // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон: труды 3-й Междунар. конф. Санкт-Петербург: РГГМУ, 2005. С. 51-52.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 19.09.2022
Принята к публикации 12.12.2022

METHANE CONCENTRATION AND EMISSION IN VARIOUS TYPES OF SOILS OF THE ROSTOV REGION

D. Gar'kusha, Yu. Fedorov, R. Trubnik, M. Krukier

Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Russia, Rostov-on-Don
e-mail: gardim1@yandex.ru

The results of measurements of methane concentrations in various types of soils of the Rostov region and their flows into the atmosphere are analyzed. The rate of methane emission from the soil surface varied in the range of 0.000-0.136 mg CH₄ m⁻²h⁻¹ and was closely correlated with its concentrations in soils ($r = 0.85$). The maximum speeds of methane flows are characteristic of periodically flooded soils sampled in reed beds in the floodplain of the Tsimlyansk reservoir, and for man-made soils in the landfills of mines. The methane flow into the atmosphere on chestnut soils of arable land was absent, and its minimal concentration was recorded (0.005 µg/g). In descending order of the average velocity of methane flows into the atmosphere, the studied soil types are arranged as follows: alluvial (floodplain) soils periodically flooded with water (0.134 mg CH₄ m⁻²h⁻¹), > ordinary chernozem (0.055 mg CH₄ m⁻²h⁻¹) > alluvial meadow-chernozem soils (0.037 mg CH₄ m⁻²h⁻¹) > chestnut soils (0.033 mg CH₄ m⁻²h⁻¹). According to approximate estimates, the total methane emission from the soil surface of the Rostov region ranges from 46.1 to 193.6 tons per day or from 9675 to 40663 tons per year, which indicates their significant contribution (from 3.0 to 12.7 %) to the total methane emission by natural and anthropogenic sources of the Rostov region.

Key words: climate change, greenhouse gases, methane, emission, concentration, soils, carbon landfills, agrochemistry.

Referents

1. IPCC Climate Change 2014. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, 2014. 151 p.
2. Val'kov V.F. Pochvovedenie. Uchebnik dlya vuzov. Moskva: IKTs MarT, Rostov n/D: Izdatel'skii tsentr MarT, 2004. 496 s.
3. Min'ko O.I. Generatsiya uglevodorodnogo gaza pochvennym pokrovom planety. Geokhimiya. 1991. N 1. S. 3-14.
4. Glagolev M.V., Sabrekov A.F. Otvet A.V. Smaginu: II. Uglерodnyi balans Rossii. Dinamika okruzhayushchei sredy i global'nye izmeneniya klimata. 2014. T. 5. N 2. S. 50-70.

5. Wallenius A.J., Dalcin Martins P., Slomp C.P. and Jetten M.S.M. Anthropogenic and Environmental Constraints on the Microbial Methane Cycle in Coastal Sediments. *Front. Microbiol.* 2021. 12:631621.
6. Ciais P., Sabine C., Bala G., Bopp L., Brovkin V., Canadell J., Chhabra A., DeFries R., Galloway J., Heimann M., Jones C., Le Quere C., Myneni R.B., Piao S., Thornton P. Carbon and other biogeochemical cycles. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* MA: Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. 2013. pp. 465-570.
7. Conrad R. Contribution of hydrogen to methane production and control of hydrogen concentrations in methanogenic soils and sediments. *FEMS Microbiology Ecology.* 1999. vol. 28. no. 3. pp. 193-202.
8. Lan X., Thoning K.W., Dlugokencky E.J. Trends in globally-averaged CH₄, N₂O, and SF₆ determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements. Version 2022-11. URL: <https://doi.org/10.15138/P8XG-AA10> (дата обращения: 01.11.2022).
9. Conrad R. The global methane cycle: recent advances in understanding the microbial processes involved. *Environ. Microbiol.* 2009. rep. 1. pp. 285-292.
10. Bazhin N.M. Metan v atmosfere. *Sorosovskii obrazovatel'nyi zhurnal.* 2000. T. 6. N 3. S. 52-57.
11. Le Mer J., Roger P. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: A review. *European J. Soil Biology.* 2001. vol. 37. no. 1. pp. 25-50.
12. Kondrat'ev K.Ya., Krapivin V.F. Modelirovanie global'nogo krugovorota ugleroda. Moskva: Fizmatlit, 2004. 336 s.
13. Zhu X., Zhuang Q., Qin Z., Glagolev M., Song L. Estimating wetland methane emissions from the northern high latitudes from 1990 to 2009 using artificial neural networks. *Global Biogeochem. Cycles.* 2013. vol. 27. Iss. 2. pp. 592-604.
14. Glagolev M.V., Filippov I.V. Inventarizatsii pogloshcheniya metana pochvami. *Dinamika okruzhayushchei sredy i global'nye izmeneniya klimata.* 2011. T. 2. N 2(4). S. 1-20.
15. Gar'kusha D.N., Fedorov Yu.A., Tambieva N.S. Metan v pochvakh razlichnykh geograficheskikh zon Rossi. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya.* 2018. N 3. S. 47-55.
16. Fedorov Yu.A., Sukhorukov V.V., Trubnik R.G. Analiticheskii obzor: emissiya i pogloshchenie parnikovyykh gazov pochvami. *Ekologicheskie problemy. Antropogennaya transformatsiya prirodnoi sredy.* 2021. T. 7. N 1. S. 6-34.
17. Gar'kusha D.N., Fedorov Yu.A. Vliyanie rastenii na protsessy tsikla metana v donnykh otlozheniyakh i rizosfere pochv. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal.* 2016. N 6. S. 919-934.
18. Gal'chenko V.F., Dulov L.E., Kramer B., Konova N.I., Barysheva S.V. Biogeokhimicheskie protsessy tsikla metana v pochvakh, bolotakh i ozerakh Zapadnoi Sibiri. *Mikrobiologiya.* 2001. T. 70. N 2. S. 215-225.
19. Natsional'nyi doklad Rossiiskoi Federatsii o kadastre antropogennykh vybrosov iz istochnikov i absorptsii poglotitelyami parnikovyykh gazov, ne reguliruemyykh Monreal'skim protokolom za 1990-2013 gg. Ch. 1. Moskva: Rosgidromet, 2015. 476 s.
20. Gar'kusha D.N., Fedorov Yu.A., Tambieva N.S. Emissiya metana iz pochv Rostovskoi oblasti. *Aridnye ekosistemy.* 2011. T. 17. N 4(49). S. 44-52.
21. RD 52.24.511-2013. Massovaya dolya metana v donnykh otlozheniyakh. Metodika izmerenii gazokhromatograficheskim metodom s ispol'zovaniem analiza ravnovesnogo para. Rostov n/D: Rosgidromet, GU "Gidrokhimicheskii institut", 2013. 19 s.
22. Fedorov Yu.A., Gar'kusha D.N., Shipkova G.V. Emissiya metana torfyanyimi zalezhami verkhovykh bolot Pskovskoi oblasti. *Geografiya i prirodnye resursy.* 2015. N 1. S. 88-97.
23. Gar'kusha D.N., Fedorov Yu.A., Sukhorukov V.V. Emissiya metana trostnikovoi formatsiei poberezh'ya Azovskogo morya. *Voda: khimiya i ekologiya.* 2019. N 3-6. S. 78-85.

24. Val'kov V.F., Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh. Pochvy Yuga Rossii: klassifikatsiya i diagnostika. Rostov n/D: Izd-vo SKNTs VSh, 2002. 156 s.
25. Fedorov Yu.A., Gar'kusha D.N., Trofimov M.E. Metan gorodskikh aglomeratsii i ego vklad v obshchuyu emissiyu (na primere Rostovskoi oblasti). Ekologicheskie i gidrometeorologicheskie problemy bol'shikh gorodov i promyshlennykh zon: trudy 3-i Mezhdunar. konf. Sankt-Peterburg: RGGMU, 2005. S. 51-52.

Сведения об авторах:

Дмитрий Николаевич Гарькуша

К.г.н., доцент кафедры физической географии, экологии и охраны природы, Институт наук о Земле, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

ORCID 0000-0001-5026-2103

Dmitry Garkusha

Candidate of Geographic Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Geography, Ecology and Nature Protection, Institute of Earth Sciences, Southern Federal University

Юрий Александрович Фёдоров

Д.г.н., профессор, заведующий кафедрой физической географии, экологии и охраны природы, Институт наук о Земле, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

ORCID 0000-0001-7411-3030

Yuri Fedorov

Doctor of Geographic Sciences, Professor, Head of the Department of Physical Geography, Ecology and Nature Protection, Institute of Earth Sciences, Southern Federal University

Роман Геннадьевич Трубник

Младший научный сотрудник, Институт наук о Земле, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

ORCID 0000-0002-5529-2907

Roman Trubnik

Junior Researcher, Institute of Earth Sciences, Southern Federal University

Михаил Львович Крукиер

Ведущий инженер, Институт наук о Земле, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» Mikhail Krukier

Leading Engineer, Institute of Earth Sciences, Southern Federal University

Для цитирования: Гарькуша Д.Н., Фёдоров Ю.А., Трубник Р.Г., Крукиер М.Л. Концентрация и эмиссия метана в различных типах почв Ростовской области // Вопросы степеведения. 2022. № 4. С. 13-24. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-13-24.

ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА СРЕДНЕМ ПРИИРТЫШЬЕ КАЗАХСТАНА

М.К. Омаров¹, З.Б. Латыпова²

¹Павлодарский педагогический университет, Республика Казахстан, Павлодар

²Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Россия, Уфа
e-mail: murabekomarov@mail.ru, zakira_latypova@mail.ru

Статья посвящена особенностям природопользования на Среднем Прииртышье; описана геоэкологическая обстановка на территории Павлодарской области Казахстана. Проведен анализ особенностей природопользования, выделены типы антропогенных ландшафтов и дана их детальная характеристика. При этом использованы комплексные показатели и выявлены факторы, приводящие к формированию этих ландшафтов. Анализ особенностей природопользования в регионе показал существование основных типов антропогенных ландшафтов, что позволило разработать некоторые пути решения вопросов трансграничного природопользования.

Ключевые слова: природопользование, геоэкологическая обстановка, антропогенные ландшафты, трансграничное природопользование, единая экологическая сеть.

Введение

Как известно, природопользование – это совокупность влияния человечества на географическую оболочку Земли [1]. К геоэкологическим проблемам относятся проблемы, связанные с влиянием хозяйственной деятельности человека на природную среду.

Геоэкологическая оценка подразумевает оценку современного состояния ландшафтов на основе анализа антропогенных нагрузок на них. При этом исследователи опираются на такие определения ландшафта, как «природный», когда он формируется или сформировался под влиянием только природных факторов и не испытал влияния деятельности человека; «антропогенный», когда его свойства обусловлены деятельностью человека [2].

Разработка научных основ устойчивого развития природных систем Республики Казахстан требует решения большого количества задач, в том числе и тех, которые касаются оценки степени трансформации природных территориальных комплексов (ПТК). Существует множество определений антропогенного ландшафта. По Ф.Н. Милькову, антропогенный ландшафт – это компонентная система, единый комплекс равнозначных компонентов, развивающихся в соответствии с природными закономерностями [3]. В.Б. Сочава измененные хозяйственной деятельностью геосистемы определяет как их антропогенные модификации, образующие ряды трансформаций исходных структур в зависимости от интенсивности и продолжительности антропогенного воздействия [4]. Согласно А.Г. Исаченко, антропогенные ландшафты – это антропогенно-модифицированные системы, которые остаются природными образованиями, и все антропогенные элементы ландшафта функционируют в нем по природным законам [5]. По мнению В.А. Николаева, антропогенное воздействие приводит к формированию природно-антропогенных систем, которые по сложности и устройству не уступают природным ландшафтам [6]. Все эти определения сводятся к одному: антропогенно нарушенные комплексы развиваются по законам природных комплексов и формируются в границах природных ландшафтов. Для них характерна разная степень трансформации некоторых компонентов или морфологической структуры исходного ПТК.

В настоящее время выделяется много разновидностей антропогенных ландшафтов и разработаны разные классификации, которые построены на основе учета: степени антропогенной измененности ПТК; факторов воздействия на природную среду; видов нарушения и охвата территорий; целей использования и хозяйственной ценности и т.д. [7]. Цель исследования заключается в изучении геоэкологического состояния территории, методологических аспектов воздействия на природную среду и систематизации антропогенных факторов.

Объект и методика исследований

Павлодарская область, расположенная в среднем течении реки Иртыш, является главным индустриальным флагманом топливно-энергетического хозяйства Казахстана, что приводит к возникновению геоэкологических проблем. Проблемы природопользования в регионе накапливаются с годами и требуют неотложного вмешательства и их регулирования.

Решение сложившихся в регионе геоэкологических проблем требует проведения исследований, направленных на оценку современного состояния природной среды и его улучшение, при организации которых следует учитывать принципы рационального природопользования, в том числе специфику деятельности и взаимодействия всех составляющих ее элементов в геоэкоосистеме (селитебной, промышленной, транспортной, горнодобывающей, сельскохозяйственной, рекреационной, транспортной и т.д.). Для устойчивого развития территории необходимо не только изучение хозяйства, но и проведение мероприятий для создания эффективного оптимального экологического баланса и налаживание тесных связей с соседними регионами в этом направлении, особенно в области рационального природопользования. В этих целях требуется изучение как геоэкологического состояния территории, так и методологических аспектов воздействия на природную среду и систематизация антропогенных факторов.

Проблемам природопользования на территории Среднего Прииртышья Казахстана посвящены работы С.Ш.-А. Смайлова [8, 9], Ж.О. Озгельдиновой и др. [10]. Для выделения основных типов и подтипов антропогенных ландшафтов на территории области и изучения их геоэкологического состояния использована методика геоэкологического анализа А.А. Ямашкина [11].

В исследовании основных антропогенных ландшафтов возникают сложности по определению их главных типов, что обеспечивает достоверность комплексного анализа региональных геоэкологических проблем для ландшафтного планирования и охраны природы. На территории Павлодарской области выделяются следующие виды антропогенных ландшафтов: промышленный, сельскохозяйственный, горно-технический, транспортный, гидротехнический и водохозяйственный, селитебный, рекреационный, лесохозяйственный.

Результаты и их обсуждение

Ведущее место по объему негативного воздействия на ПТК в регионе занимает промышленность: металлургическая, нефтехимическая, энергетическая, машиностроительная, пищевая, в результате чего формируется **промышленный тип** ландшафтов. Так, например, Павлодарско-Экибастузский территориальный производственный комплекс добывает около 60 % угля в стране, 43,2 % электроэнергии, 77,1 % ферросплавов, около 11 % нефти и 100 % глинозема. Четверть загрязняющих веществ атмосферы приходится на Павлодарскую область (рис. 1). Учитывая, что большинство таких производств являются крупнейшими загрязнителями природной среды, регион в последние годы занимает лидирующее место по республике. В городе Павлодар в специальной экономической зоне создаются новые предприятия, которые также будут способствовать

увеличению выбросов. В результате постоянного увеличения объемов накапливаемых отходов, из-за необустроенности мест их складирования и захоронения происходит миграция загрязняющих веществ в окружающую среду. Среди веществ, загрязняющих атмосферный воздух Павлодарской области, преобладающими являются сернистый ангидрид, окислы азота, окись углерода и твердые вещества [12].

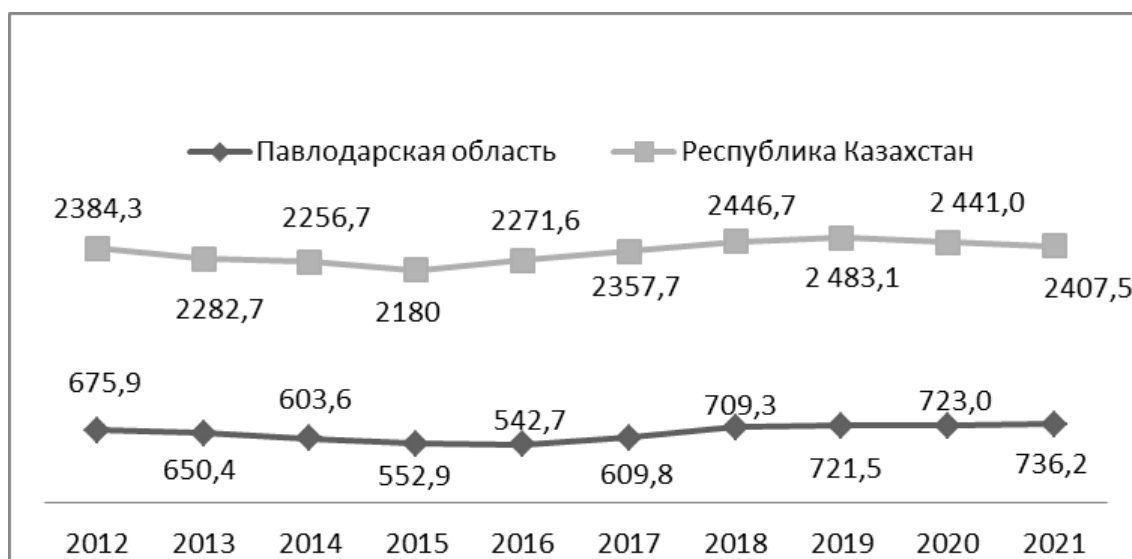


Рисунок 1 – Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников Павлодарской области и РК (2012-2021 гг., тыс. т)

Среднедушевой объем загрязняющих атмосферу веществ в области составляет 985 кг на душу населения, тогда как республиканский показатель составляет всего 125 кг. Особенно выделяются промышленные города: Павлодар, Экибастуз и Аксу. Несмотря на высокие показатели выбросов в атмосферу, в зависимости от географического положения и климатических факторов, общая оценка загрязнения атмосферного воздуха этих городов характеризуется низким уровнем загрязнения. Индекс загрязнения атмосферы в Аксу – 1, в Экибастузе – 2, в Павлодаре – 3. Благодаря особенностям розы ветров на территории, данная позиция области сохраняется среди приграничных регионов (Омская обл. 147,4 тыс. т, Новосибирская обл. 164,4 тыс. т, Алтайский край 174,6 тыс. т) [13].

По занимаемой площади ведущее место принадлежит **сельскохозяйственному типу** ландшафтов с преобладанием земледелия на севере и животноводства на юге области.

В регионе хорошо развит агропромышленный комплекс; доля сельскохозяйственной продукции в валовом региональном продукте составляет около 4,6 %. Общая площадь сельскохозяйственных угодий – 11,2 млн га; из них пастбища – 8,2 млн га, пашни – 2,0 млн га [10]. В 1990-ые годы, после преобразований в экономике страны, произошли кардинальные изменения в сфере растениеводства, площади сельскохозяйственных культур значительно сократились (рис. 2). В этот период многие пахотные земли были заброшены, а часть стала использоваться в других целях. Ныне продолжается освоение залежных земель. В 2020 году в Павлодарской области этот показатель составил 132,0 тыс. га. В настоящее время в Казахстане площадь земель, подверженных ветровой эрозии, составляет 24,2 млн га, в том числе пашен – 0,5 млн га. Из них 74 % приходятся на Павлодарскую область; из общей площади средне- и сильноэродированной пашни – 43,6 % [12]. Сравнительный анализ количества животных показывает, что их количество и соотношение меняется (рис. 3).

Сельскохозяйственные животные на территории области распределены неравномерно; в южных и юго-западных районах области в структуре хозяйства животноводство занимает ведущую роль [14]. Прирост количества животных в будущем может превзойти предельно допустимые нормы нагрузки на общую площадь пастбищ и привести к их деградации.

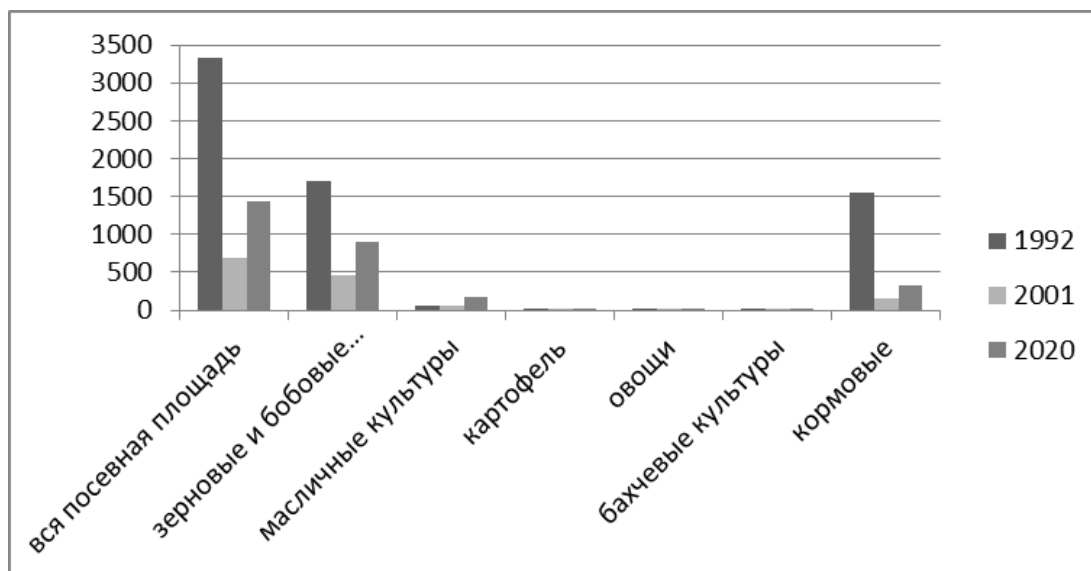


Рисунок 2 – Уточненная посевная площадь сельскохозяйственных культур Павлодарской области (тыс. га, 1992, 2001 и 2020 гг.)

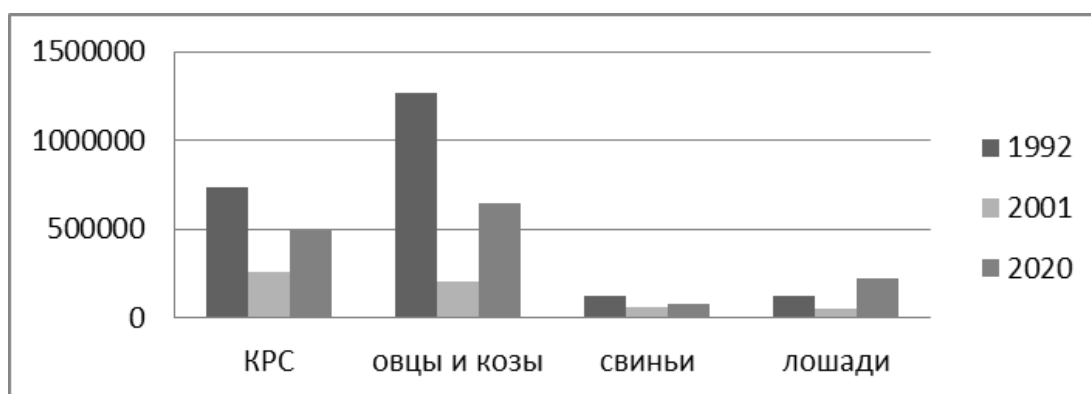


Рисунок 3 – Количество сельскохозяйственных животных Павлодарской области (голов, 1992, 2001 и 2020 гг.)

Огромные запасы полезных ископаемых, имеющих в регионе, дают толчки для развития **горнотехнических типов** антропогенного ландшафта. По геологическим запасам руд цветных и благородных металлов область занимает одно из ведущих мест; также 35 % разведанных запасов угля приходится на ее долю. Промышленные отходы производств и открытых разрезов представляют серьезную проблему. В области накоплено более 3 млн тонн отходов, количество которых ежегодно возрастает более чем на 1 млн м³ [15]. Их состояние не изучено, а механизмы содержания не отработаны полностью, что вызывает особую тревогу. 90 % от всех образованных отходов – это вскрышные породы горнодобывающей промышленности.

Промышленно развитый регион не может обойтись без такого типа антропогенного ландшафта, как **транспортный**. Транспортная сеть общего пользования Павлодарской области состоит из 5382,3 км автомобильных дорог при плотности 39,4 км и 925,4 км железных дорог с плотностью 6,32 км на 1000 км².

Количество автотранспортных средств в области по всем видам в 2020 году составило 194 269 шт., из общего количества автотранспорта 46,7 % составляют автомобили возрастом более 25 лет. Выбросы от передвижных источников находятся на уровне 43,0 тыс. т [12].

Вдоль самой крупной реки страны – Иртыша (720 км по территории области) и канала им. К. Сатпаева (272 км на территории области) располагаются **гидротехнический и водохозяйственный типы** антропогенного ландшафта. Воды используются как на

снабжение городов и промышленных предприятий, так и для оросительной системы бахчевых хозяйств. По уровню загрязнения Иртыш и канал им. К. Сатпаева имеют «умеренный уровень загрязнения». Хотя и река с поймой имеет статус комплексного заказника, сказывается близость хозяйственных субъектов. Степень экологического неблагополучия трансграничных водных ресурсов оценивается систематическим поступлением в водоемы потоков загрязняющих веществ различной степени опасности. Ведущая роль при этом принадлежит Аксуской ГРЭС и ТОО «Павлодар-Водоканал».

В последнее время, в связи климатическими изменениями и недостаточностью водных ресурсов в Казахстане, для обеспечения водной безопасности поднимаются вопросы создания Трансказахстанского канала, который обеспечивал бы вододефицитные регионы страны. При осуществлении данного плана площадь гидротехнических и водохозяйственных типов ландшафтов на территории области увеличится [16].

К селитебному типу относятся все виды построек для жилья. Население области на 1.01.2022 г. составляет 747,1 тыс. человек. Уровень урбанизации 70,7 %. По социально-экономическим причинам идет внутренняя миграция населения в города Павлодар, Екибастуз и Аксу. В результате этого наблюдается увеличение их площади, соответственно, хозяйственно-бытовых отходов. От населенных пунктов ежегодно вывозится около 650 тыс. тонн отходов, из них 61 % приходится на эти 3 города области. Ежегодно вводится в эксплуатацию около 400 тыс. м² жилья; земли населенных пунктов занимают 1 834,9 тыс. га земли.

Рекреационный тип в области развит слабо. Регион имеет потенциал для развития туризма: это территории Баянаульского государственного национального парка, река Иртыш, Шалдайские сосновые боры, санаторий Мойылды и сезонные базы вокруг озер Маралды и Калатуз. Количество отдыхающих колеблется в пределах 100-200 тыс. чел/год. Наблюдается тенденция увеличения количества туристических зон, домов отдыха. Баянаульская курортная зона включена в ТОП-10 приоритетных территорий Республики Казахстан.

Лесохозяйственные типы представлены березовыми и осиново-березовыми колками в северной части, сосновыми борами – в восточной части и соснами в сочетании со смешанным лиственным редколесьем – в мелкосопочной части на юге области. Площадь лесов, находящихся в ведении государственного лесного фонда, составляет 478,7 тыс. га, из них территория, покрытая лесом – 270,6 тыс. га [12]. Почти все леса входят в состав особо охраняемых природных территорий (ООПТ), где промышленная рубка запрещена. Однако, из-за множества лесных пожаров проводится постоянная очистка леса. Лесохозяйственные работы в области проводятся только в санитарных целях.

Выводы

Анализ особенностей природопользования в регионе указывает на существование всех типов антропогенных ландшафтов на территории области. При рассмотрении экологической ситуации в этом трансграничном регионе Казахстана в основном учитываются проблемы водных ресурсов и водопользования. Как было отмечено, геоэкологические процессы затрагивают все природные комплексы, и изучение основных антропогенных типов ландшафтов дает возможность достоверно анализировать особенности природопользования.

Для стабилизации и поддержки экологического равновесия необходимо наличие резервных территорий. В качестве таких участков пока можно выделить лишь ООПТ, площадь которых в регионе составляет 2,9 % от общей площади области. Эта цифра является ничтожно малой для промышленно развитого трансграничного степного региона.

Пути решения региональных геоэкологических проблем может быть совместное ландшафтное планирование и охрана природы на межгосударственном уровне. Трансграничные формы ООПТ разрабатываются сопредельными регионами пока

самостоятельно, в отдельности. Создание таких территорий возможно на приграничных землях лесостепной зоны (Омская область), на степных озерах (Новосибирская область) и в сосновом бору (Алтайский край). Данные мероприятия направлены на расширение единой экологической сети. Для решения этих проблем требуется выработка общей позиции по совместному использованию, охране этих территорий и разработка механизмов управления.

Благодарности

Опубликовано при поддержке гранта РГО «Международная конференция «Трансграничные геоэкологические проблемы и вопросы природопользования в бассейне рек Внутренней Евразии в связи с изменением климата».

Список литературы

1. Реймерс Н.Ф. Природопользование. М.: Мысль, 1990. 638 с.
2. Заурбеков Ш.Ш., Братков В.В., Бекмурзаева Л.Р. Геоэкологическая оценка антропогенной модификации ландшафтов Чеченской Республики // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2010. № 1(10). С. 86-91.
3. Мильков Ф.Н. Антропогенное ландшафтоведение, предмет изучения и современное состояние // Вопросы географии. 1977. Т. 106. С. 62-67.
4. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск, 1978. 319 с.
5. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение на переходе ко второму столетию своей истории // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика: Материалы 11 Междунар. ландшафт. конф. М., 2006. С. 3-8.
6. Николаев В.А. Проблемы регионального ландшафтоведения. М.: МГУ, 1979. 160 с.
7. Басова Т.А. Теоретические и методические основы оценки антропогенной нарушенности ландшафтов Республики Казахстан // КР ҮҒА-ның Хабарлары. Геологиялық сериясы. Известия НАН РК. Серия геологическая. 2010. № 5. С. 70-76.
8. Смайлов С.Ш.-А., Омаров М.К. Геоэкология степного Прииртышья (Павлодарская область). Павлодар: ПГПИ, 2017. 162 с.
9. Смайлов С.Ш.-А. Особенности регионального природопользования в Павлодарской области // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 2-5(62). С. 59-65.
10. Озгелдинова Ж.О., Рамазанова Н.Е., Усалинов Е.Б., Жангужина А.А., Мукаев Ж.Т., Тенькебаева Ж.Ф. Принципы формирования оптимальной структуры природопользования ландшафтов (на примере Павлодарской области) // Actual Questions and Innovations in Science 2: Conference Proceedings (in English, Russian, Turkish, Kazakh languages). Астана, 2019. С. 90-94.
11. Ямашкин А.А. Геоэкологический анализ процесса хозяйственного освоения ландшафтов Мордовии. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. 232 с.
12. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2020 год. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/243132?lang=ru>. (дата обращения: 05.06.22).
13. Основные показатели охраны окружающей среды. Статистический бюллетень. Москва, 2021. [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2021 (дата обращения: 15.06.22).
14. Сельское, лесное и рыбное хозяйство Павлодарской области // Статистический сборник. [Электронный ресурс]. URL: https://stat.gov.kz/region/263009/statistical_information/publication (дата обращения: 10.05.22).

15. Приложение к решению Павлодарского областного маслихата (I сессия, VII созыв) от 15 января 2021 года № 6/1-VII «О Программе развития территории Павлодарской области на 2021-2025 годы». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/pavlodar-audan/documents/details/293956?directionId=7756&lang=ru> (дата обращения: 10.06.22).

16. Исполнительная Дирекция Международного фонда спасения Арала в Республике Казахстан. [Электронный ресурс]. URL: https://kazaral.org/wp-content/uploads/2019/12/4-2019_12_18_Презентация_Медеу.pdf (дата обращения: 17.05.22).

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 07.09.2022

Принята к публикации 12.12.2022

FEATURES OF NATURE MANAGEMENT IN THE MIDDLE IRTYSH REGION OF KAZAKHSTAN

M. Omarov¹, Z. Latypova²

¹Pavlodar Pedagogical University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

²Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Russian Federation, Ufa

e-mail: murabekomarov@mail.ru

The article is devoted to the peculiarities of natural resource management in the Middle Irtysh River Region. It describes the geocological circumstances of the Pavlodar Region in Kazakhstan. The research analyses the peculiarities of natural resource management. It defines types of anthropogenic landscapes and describes them in detail. The study uses complex parameters and detects factors involved in forming those landscapes. The analysis of the peculiarities of natural resource management in the region demonstrates that there are basic types of anthropogenic landscapes. This allows the developing of certain ways to deal with transborder natural resource management issues.

Key words: nature management, geo-ecological situation, anthropogenic landscapes, cross-border nature management, unified ecological network.

References

1. Reimers N.F. Prirodopol'zovanie. M.: Mysl', 1990. 638 s.
2. Zaurbekov Sh.Sh., Bratkov V.V., Bekmurzaeva L.R. Geoekologicheskaya otsenka antropogennoi modifikatsii landshaftov Chechenskoj Respubliki. Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki. 2010. N 1(10). S. 86-91.
3. Mil'kov F.N. Antropogennoe landshaftovedenie, predmet izucheniya i sovremennoe sostoyanie. Voprosy geografii. 1977. T. 106. S. 62-67.
4. Sochava V.B. Vvedenie v uchenie o geosistemakh. Novosibirsk, 1978. 319 s.
5. Isachenko A.G. Landshaftovedenie na perekhode ko vtoromu stoletiyu svoei istorii. Landshaftovedenie: teoriya, metody, regional'nye issledovaniya, praktika: Materialy 11 Mezhdunar. landshaft. konf. M., 2006. S. 3-8.
6. Nikolaev V.A. Problemy regional'nogo landshaftovedeniya. M.: MGU, 1979. 160 s.
7. Basova T.A. Teoreticheskie i metodicheskie osnovy otsenki antropogennoi narushennosti landshaftov Respubliki Kazakhstan. KR YFA-nyñ Khabarlary. Geologiyalyk seriyasy. Izvestiya NAN RK. Seriya geologicheskaya. 2010. N 5. S. 70-76.

8. Smailov S.Sh.-A., Omarov M.K. Geoekologiya stepnogo Priirtysh'ya (Pavlodarskaya oblast'). Pavlodar: PGPI, 2017. 162 s.
9. Smailov S.Sh.-A. Osobennosti regional'nogo prirodopol'zovaniya v Pavlodarskoi oblasti. Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 2-5(62). S. 59-65.
10. Ozgeldinova Zh.O., Ramazanova N.E., Usalinov E.B., Zhanguzhina A.A., Mukaev Zh.T., Ten'kebaeva Zh.F. Printsipy formirovaniya optimal'noi struktury prirodopol'zovaniya landshaftov (na primere Pavlodarskoi oblasti). Actual Questions and Innovations in Science 2: Conference Proceedings (in English, Russian, Turkish, Kazakh languages). Astana, 2019. S. 90-94.
11. Yamashkin A.A. Geoekologicheskii analiz protsessa khozyaistvennogo osvoeniya landshaftov Mordovii. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2001. 232 s.
12. Natsional'nyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei sredy i ob ispol'zovanii prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan za 2020 god. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/243132?lang=ru>. (data obrashcheniya: 05.06.22).
13. Osnovnye pokazateli okhrany okruzhayushchei sredy. Statisticheskii byulleten'. Moskva, 2021. [Elektronnyi resurs]. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2021 (data obrashcheniya: 15.06.22).
14. Sel'skoe, lesnoe i rybnoe khozyaistvo Pavlodarskoi oblasti // Statisticheskii sbornik. [Elektronnyi resurs]. URL: https://stat.gov.kz/region/263009/statistical_information/publication (data obrashcheniya: 10.05.22).
15. Prilozhenie k resheniyu Pavlodarskogo oblastnogo maslikhata (I sessiya, VII sozyv) ot 15 yanvarya 2021 goda № 6/1-VII "O Programme razvitiya territorii Pavlodarskoi oblasti na 2021-2025 gody". [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/pavlodar-audan/documents/details/293956?directionId=7756&lang=ru> (data obrashcheniya: 10.06.22).
16. Ispolnitel'naya Direktsiya Mezhdunarodnogo fonda spaseniya Arala v Respublike Kazakhstan. [Elektronnyi resurs]. URL: https://kazaral.org/wp-content/uploads/2019/12/4-2019_12_18_Prezentatsiya_Medeu.pdf (data obrashcheniya: 17.05.22).

Сведения об авторах:

Мурабек Капбасович Омаров
 Руководитель образовательной программы «География», Павлодарский педагогический университет
 ORCID 0000-0002-8357-5461
 Murabek Omarov
 Head of the educational program "Geography", Pavlodar Pedagogical University
 Закира Бадретдиновна Латыпова
 К.г.н., доцент кафедры экологии, географии и природопользования, Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы
 ORCID 0000-0003-2741-0731
 Zakira Latipova
 Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology, Geography and Nature Management, Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla

Для цитирования: Омаров М.К., Латыпова З.Б. Особенности природопользования на Среднем Прииртыше Казахстана // Вопросы степеведения. 2022. № 4. С. 25-32. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-25-32

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ С РАЗРАБАТЫВАЕМОМ МЕСТОРОЖДЕНИЕМ УГЛЕВОДОРОДОВ Н.В. Соломатин¹, Ю.Р. Владов¹, М.Ю. Нестеренко¹, А.Ю. Владова²

¹Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Отдел геоэкологии,
Россия, Оренбург

²Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук,
Россия, Москва

e-mail: geocol-onc@mail.ru

На основе анализа актуальности проблемы сформулирована цель – повышение геодинамической безопасности территории с разрабатываемым месторождением углеводородов и соответствующие задачи исследования. Научная новизна – построены агрегированные модели долей территории с определенными падениями давления, позволяющие учесть современную геодинамику, и обоснована технология идентификации природно-ресурсного потенциала, позволяющая его идентифицировать до численной величины, а также построить распределение долей и найти аппроксимирующие модели. Результаты исследования позволяют построить более эффективную программу добычи углеводородов.

Ключевые слова: агрегированная модель, идентификация, природно-ресурсный потенциал, эколого-хозяйственная оценка, территория с разрабатываемым месторождением углеводородов.

Введение

Эколого-хозяйственная оценка территории с разрабатываемым месторождением углеводородов требует учитывать неоднородные частные показатели, в том числе факторы, оказывающие отрицательное воздействие на экосистемы при добыче полезных ископаемых. Интенсификация уровня добычи углеводородов приводит к падению пластового давления, а это, в свою очередь, является причиной возможных деформаций земной поверхности и трансформации подземных вод. Проведение комплексного анализа эколого-хозяйственного состояния с идентификацией природно-ресурсного потенциала (ПРП) территории с разрабатываемым месторождением углеводородов на базе агрегированных моделей позволяет существенно повысить геодинамическую безопасность и тем самым эффективность использования ПРП.

Далее проведен анализ известных опубликованных работ в этом направлении. В [1] изложены основные вопросы построения и моделирования систем интеллектуального управления состоянием техногенных объектов с позиции аналитической и непараметрической идентификации с учетом информационных технологий интеллектуальной поддержки принятия решений, технологий управления, методов проектирования и эффективности функционирования, а также технологий интеллектуального анализа данных. Кроме того, приведена методология построения агрегированных моделей состояния таких объектов. Однако, отсутствует информация об эколого-хозяйственной оценке природно-ресурсного потенциала.

В работе [2] предложена технология мониторинга геодинамического состояния недр эксплуатируемого месторождения углеводородов. Проанализированы известные технические решения в этой области и сделан вывод о том, что они не являются релевантными, поскольку характеризуют только общий уровень техники. Технология

защищена патентом на изобретение в виде способа определения геодинамической активности недр разрабатываемого месторождения углеводородов. Технология апробирована на модельной зоне Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения с определением основных технико-экономических преимуществ. В тоже время проблема оценки ПРП территории с разрабатываемым месторождением углеводородов не отражена.

В [3] показано, что повышение геодинамической безопасности разрабатываемых месторождений углеводородов целого нефтегазоносного бассейна – актуальная научно-практическая проблема. В работе использованы уникальные данные по геодинамическим параметрам и продуктивным пластам в 56 месторождениях. Методика основана на построении агрегированных моделей для каждого продуктивного пласта и каждого разрабатываемого месторождения углеводородов. Построено распределение геодинамического состояния месторождений углеводородов целого нефтегазоносного бассейна и выявлен соответствующий закон распределения. Апробирована на нефтегазоносном бассейне запада Оренбуржья, имеющего отношение к Прикаспийской и Волго-Уральской нефтегазоносным провинциям. Но оценка ПРП территории с отдельным месторождением углеводородов не отражена.

В статье [4] освещены проблемы регионального природопользования, связанные с антропогенным и техногенным воздействиями на территории Надымского района, входящего в состав Ямало-Ненецкого автономного округа России. Представлена методика по оценке естественных, промышленных и социально-экологических ресурсов в структуре ПРП муниципального образования. Однако, в статье не нашли отражения вопросы, связанные с геодинамикой недр разрабатываемых месторождений УВ.

В монографии [5] приведены закономерности деформирования и нарушения сплошности массивов горных пород. Обобщены данные о механических свойствах разломных зон и режимах их деформирования. Получены соотношения между основными параметрами деформационных событий. Приведены переходные режимы деформирования разломов в виде низкочастотных землетрясений и событий медленного скольжения с построением соответствующих моделей этих событий. Рассмотрены аспекты инициирования внешними воздействиями деформационных процессов в разломных зонах, но полностью отсутствует информация по эколого-хозяйственной оценке таких территорий.

В [6] отражены важнейшие разделы развивающейся науки – экодиагностики и сбалансированного развития. Введены некоторые понятия, в том числе экологическая проблема и ситуация, геоэкосоциосистема. Изложены основные подходы к экологической оценке, картографированию и районированию территории. Раскрыты некоторые положения сбалансированного развития, включающие территориальный баланс региона и гармонию отношений, интересов и потребностей. Однако, вопросы, связанные с геодинамикой недр разрабатываемых месторождений УВ, полностью отсутствуют.

В [7] рассмотрены различные аспекты геодинамики верхней части земной коры в районах добычи нефти и газа с анализом геологического строения, газодинамической и гидрологической обстановок в естественных и антропогенно измененных условиях. Выявлены факторы, влияющие на геодинамику и сейсмическую активность нефтегазоносных территорий, сформулированы принципы геодинамического и сейсмического мониторинга в районах добычи нефти и газа. В тоже время вопросы эколого-хозяйственной оценки ПРП таких территорий совсем не рассмотрены.

Представлены сведения [8], отражающие современные проблемы развития природы в условиях интенсивного антропогенного воздействия. Рассмотрены теоретические, методологические и прикладные аспекты состояния и развития природных систем вододефицитного Южного Урала при естественных и антропогенных воздействиях. Показано системообразующее значение водной компоненты на развитие природы, социума и экономики. Уделено внимание формированию и эффективности использования водных ресурсов природными степными биоценозами и агроценозами в различных системах

земледелия. Представлены исследования геологической среды и гидрогеодинамики в районах добычи углеводородов. Предложены технологии комплексного природопользования, обеспечивающего развитие природы, ее биопродуктивности с участием человека и учетом его интересов на принципах биоценоза. Однако, вопросы эколого-хозяйственной оценки ПРП, причем без учета геодинамики, отражены не системно.

Рассмотрены в [9] проблемы развития ресурсных регионов. Обосновывается потребность в новых подходах к процессам инновационного и ресурсно-индустриального развития при формировании государственной политики в минерально-сырьевом комплексе с учетом региональных особенностей. Однако, изложенный материал не касается проблемы эколого-хозяйственной оценки ПРП, а тем более с учетом геодинамики.

В [10] на примере территории Байтуганского месторождения рассмотрена методика оценки эколого-хозяйственного состояния территории с интенсивной добычей углеводородов, но не выделены в полной мере геодинамические параметры, не построены агрегированные модели и не разработана картина с информативным распределением соответствующей территории по падению пластового давления.

В [11] рассмотрены вопросы ресурсоведения с закономерностями размещения природно-ресурсного потенциала, а также ресурсное обеспечение производственных потенциалов территорий. Дан методический подход к комплексной оценке природно-ресурсного потенциала территории с учетом проблемы охраны природной среды и рационального природопользования. Однако, особенности оценки ПРП территорий с разрабатываемыми месторождениями УВ не приведены.

В [12] приведена сравнительная оценка эколого-ресурсного потенциала территорий Александровского и Байтуганского месторождений. Здесь также не построены агрегированные модели с геодинамическими параметрами и не определено распределение соответствующих территорий по падению пластового давления.

Как указано в [13], более 50 % потребности в воде в России обеспечивается за счет подземных вод – основного источника хозяйственно-питьевого водоснабжения. Обладая рядом преимуществ перед поверхностными водами, они относятся к стратегическим видам полезных ископаемых, а возможность их использования влияет на национальную безопасность государства. Эффективность системы геологического изучения ресурсного потенциала подземных вод, в том числе эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов, позволяет обосновать решения по их эксплуатации. Однако, вопросы эколого-хозяйственной оценки ПРП территорий, а тем более с учетом геодинамических аспектов, не отражены.

Анализ опубликованных работ по затронутой проблеме показывает, что требуется учитывать неоднородные частные показатели, характеризующиеся различной значимостью и размерностью и развивающиеся в разных направлениях. На таких территориях геодинамические параметры играют определяющую роль. Нами установлено, что для решения проблемы необходимы агрегированные модели аддитивного типа, обеспечивающие возможность с минимальными потерями привести несравнимые временные и пространственные показатели к сопоставимому виду.

В результате проведенного анализа проблемы сформулирована цель исследования – повышение геодинамической безопасности за счет построения агрегированных моделей аддитивного типа с включением в них геодинамических параметров и в первую очередь падений пластовых давлений на территории с разрабатываемым месторождением УВ, а также разработки на этой основе соответствующей технологии идентификации ПРП с возможностью построения распределений падений пластового давления в виде соответствующих гистограмм с нахождением моделей аппроксимации. Как это следует из сформулированной цели исследования, для ее достижения необходимо выполнить две задачи: это построить агрегированные модели и разработать соответствующую технологию. Рассмотрим в статье выполнение обозначенных задач исследования.

Материалы и методы

В рамках выполнения 1-ой задачи исследования сначала находят величину агрегированной модели аддитивного типа для каждой доли площади территории с разрабатываемым месторождением по следующему соотношению:

$$x_j = \sum_{i=1}^n \alpha_i \tau_{i \text{ отн}} \quad (1)$$

где x_j – величина агрегированной аддитивной модели для j -ой доли площади территории с разрабатываемым месторождением УВ по ППД; n – число параметров в соответствующих агрегированных моделях; α_i – i -ый весовой коэффициент; $\tau_{i \text{ отн}}$ – i -й нормированный частный показатель.

Далее находят величину агрегированной аддитивной модели для всей территории с разрабатываемым месторождением УВ по следующему соотношению:

$$x_k = \sum_{i=1}^m b_i x_{i \text{ отн}} \quad (2)$$

где x_k – величина агрегированной аддитивной модели территории с разрабатываемым месторождением УВ; m – число долей с различным уровнем ППД; b_i – весовой коэффициент; $x_{i \text{ отн}}$ – нормированное значение состояния i -ой доли.

В рамках выполнения 2-ой задачи исследования предусмотрены три этапа. Поэтапная последовательность выполнения технологии следующая (рис. 1): 1 – подготавливают геодинамические данные; 2 – определяют доли территории разрабатываемого месторождения УВ по падению пластового давления (ППД); 3 – строят распределение геодинамического состояния этих долей.

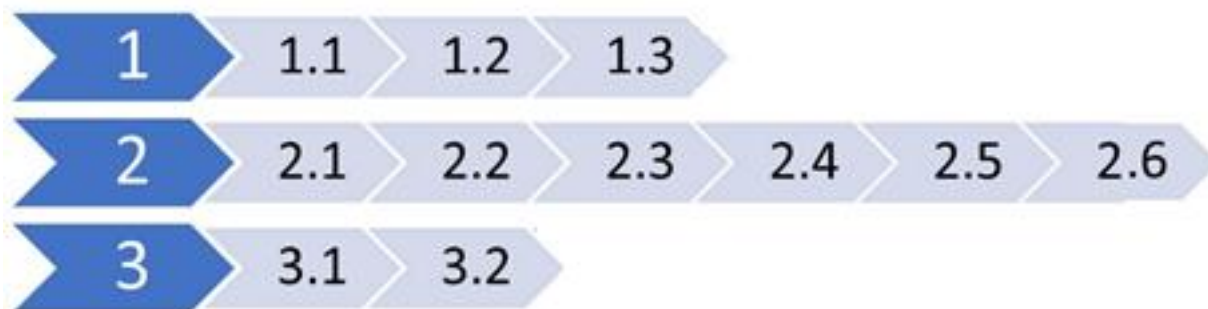


Рисунок 1 – Функциональная схема технологии идентификации состояния ПРП территории с разрабатываемым месторождением углеводородов

Этап 1. Выбирают объект исследования по удельным критериям: удельная площадь территории (операция 1.1); плотность пробуренных скважин (1.2) и длительность эксплуатации (1.3).

Этап 2. Обработка данных карты изобар по падению пластового давления территории с учетом продуктивных пластов: находят площади долей с различным уровнем падения пластового давления (операция 2.1); находят коэффициенты весоности двумя методами: методом экспертных оценок путем опроса специалистов по современной геодинамике (2.2), а также методом с использованием информации, снимаемой с карты изобар. Затем получают величину агрегированной аддитивной модели для каждой доли площади территории с

разрабатываемым месторождением (операция 2.3) по соотношению (1). Для этого ранжируют территорию с разрабатываемым месторождением УВ по ППД (операция 2.4); определяют для них соответствующие весовые коэффициенты (2.5); находят величину агрегированной аддитивной модели для территории с разрабатываемым месторождением УВ (2.6) по соотношению (2).

Этап 3. Для построения искомого распределения долей территории разрабатываемого месторождения УВ по ППД строят соответствующую гистограмму (операция 3.1). Затем находят модели аппроксимации с достаточно высоким уровнем достоверности (3.2).

Результаты и обсуждение

Предлагаемая технология идентификации природно-ресурсного потенциала с геодинамической эколого-хозяйственной оценкой территории разрабатываемого месторождения углеводородов и построением соответствующих агрегированных моделей использована для Александровского УВ-месторождения. Подробная характеристика соответствующей территории представлена в [12], а ее карта с границами административных районов на рисунке 2.



Рисунок 2 – Карта территории с разрабатываемым Александровским месторождением

На малосейсмичной территории фиксируется всего несколько сейсмических событий в год магнитудой M_L до 1,5-2. Максимальные деформации на месторождении составили минус 1,233 м, а относительные деформации достигают значений 352 мм на 1 км горизонтальной поверхности. Величина таких оседаний соответствует аномальному состоянию недр по РД 54-1-96, но не превышает максимально допустимого значения сжатия / растяжения 1 мм на 1 м (1 м на 1 км) для оснований зданий и сооружений по СП 22.13330.2011.

На состояние и безопасную эксплуатацию объектов инфраструктуры нефтепромыслов, промышленных и гражданских сооружений оказывают заметное влияние

результаты определения деформации. В регионах с интенсивной добычей углеводородов величина ППД позволяет провести более полную оценку экологической обстановки и учесть антропогенную нагрузку от добычи УВ на геологическую среду. Значение показателя уровня ППД на территории промышленных объектов по добыче нефти и газа Александровского УВ-месторождения составило 70 % и более, а на территории с неиспользуемыми землями, граничащими с месторождением – 20 и менее процентов. Изменение природного гидродинамического состояния, а также напряженно-деформированного состояния горных пород, происходит вследствие перераспределения в геологической среде изменения давления, согласно соответствующим законам гидро- и газодинамики внутри месторождения и за его пределами. Часть местных сейсмических событий происходит вследствие разгрузки локальных напряжений в геологической среде, обусловленных локальными изменениями пластового давления, связанными с неравномерным извлечением углеводородов во времени и по площади. Выявленные залежи нефти в Александровском УВ-месторождения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Залежи нефти Александровского месторождения

Продуктивный пласт	Глубина залегания кровли, (интервал), м	Абс. отг. ВНК, м	Размеры залежи			Площадь залежи, тыс. м ²	Тип залежи
			длина, км	ширина, км	высота, м		
T ₁	2086,0 – 2104,5	-1957,2	6,8	2,8	16	19040	массивная, водоплавающая
D ₀₂	2318	-2188,9	7,2	3,3	36	23760	пластово-сводовая

Этап 1. Данные по удельной площади территории УВ-месторождения, плотности скважин и длительности эксплуатации по годам и в виде объема добычи нефти представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объемы добычи нефти, величина удельной площади территории УВ-месторождения, плотность скважин и длительность эксплуатации для Александровского месторождения

Показатель	За июль 2019 г.	С начала 2019 г. до 01.08.2019	С начала разработки (март 2014-01.08.2019)
Добыча нефти, тыс. т	17,74	118,99	408,35
Удельная площадь территории S _{уд} , км ² /тыс. т, в расчете на один месяц	1,16	1,21	3,28
Плотность скважин, шт./км ²	0,824		

Этап 2. Обрабатывают по продуктивным пластам для выбранного месторождения УВ карту изобар по падению пластового давления и находят площади долей с различным уровнем пластового давления (операция 2.1); находят коэффициенты весомости методом экспертных оценок путем опроса специалистов по современной геодинамике (2.2), а также с использованием геодинамической информации, снимаемой с карты изобар. В результате с использованием соотношений (1) и (2) получают агрегированные аддитивные модели для каждой доли и всей площади территории месторождения по ППД (2.3), с использованием результатов ранжирования (2.4).

Определяют с использованием тех же соотношений величины агрегированных аддитивных моделей (операция 2.5) для каждой доли площади территории с эксплуатируемым УВ-месторождением по ППД (2.6) (рис. 3, табл. 3).

Как видно из таблицы 3, величина агрегированной модели аддитивного типа с весовыми коэффициентами, определенными по методу экспертных оценок, состояния долей территории месторождения по ППД и интегрированная оценка состояния для Александровского УВ-месторождения составила 0,412, а с весовыми коэффициентами, определенными по геодинамической информации, взятой из карты изобар, на 11,8 % меньше.

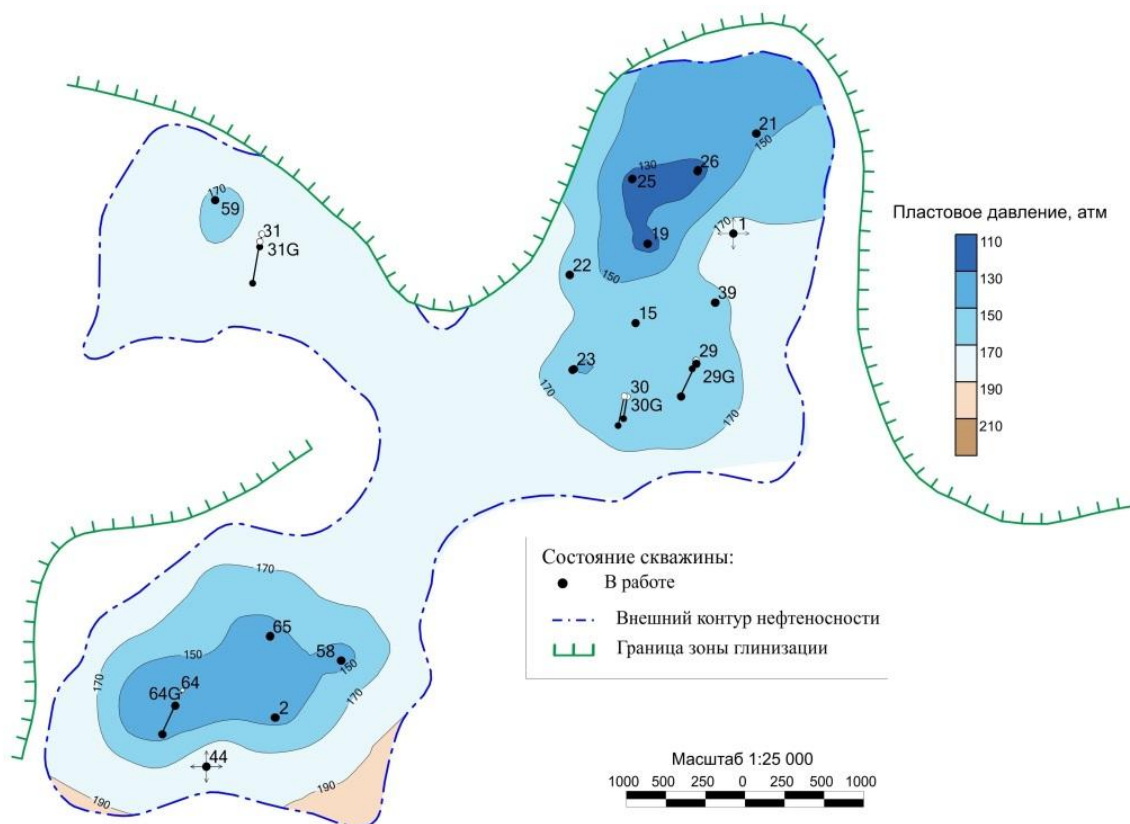


Рисунок 3 – Карта изобар Александровского месторождения УВ для продуктивного пласта Т₁ (состояние на 01.06.2019)

Таблица 3 – Геодинамические данные для Александровского месторождения

Давление в пласте, атм.	Падение давления в пласте от начального, атм.	Площади территории месторождения УВ с определенным падением пластового давления, км ²	Весовые коэффициенты, установленные методом экспертных оценок	Территории разрабатываемого месторождения с определенным падением пластового давления в долях от площади месторождения, отн. ед.	Величины агрегированных моделей долей территории разрабатываемого месторождения УВ по ППД и интегрированная оценка состояния
210-190	0-20	0,206	0,020	0,018	0,0004
190-170	20-40	6,492	0,580	0,576	0,334
170-150	40-60	2,682	0,230	0,238	0,055
150-130	60-80	1,683	0,150	0,149	0,022
130-110	80-100	0,160	0,015	0,014	0,0002
менее 110	100 и более	0,050	0,005	0,004	0,00002
Итого					0,412

Этап 3. Искомое распределение долей площади территории разрабатываемого месторождения УВ по ППД отображено на гистограмме (рис. 4).

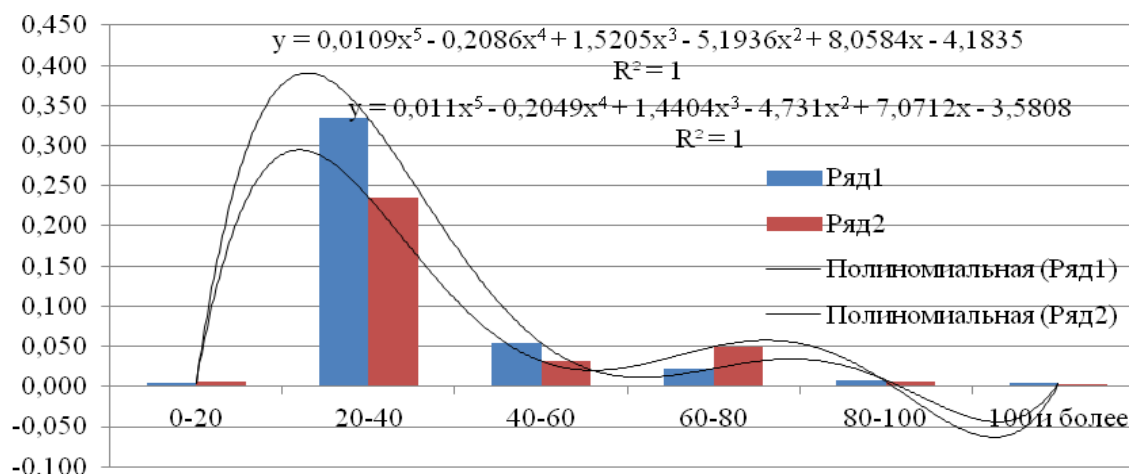


Рисунок 4 – Гистограммы, построенные по карте изобар для одного из продуктивных пластов Александровского месторождения, в виде агрегированных моделей долей территории с определенными падениями пластового давления

Примечание: ряд 1 – с весовыми коэффициентами, определенными по методу экспертных оценок; ряд 2 – с весовыми коэффициентами, определенными по геодинамической информации, взятой из карты изобар.

Как видно, полиномиальные модели 5-ой степени аппроксимации обеспечивают достаточно высокий уровень достоверности. Следовательно, предложенная технология позволяет не только идентифицировать ПРП при анализе эколого-хозяйственного состояния территории с разрабатываемым месторождением углеводородов, но и прогнозировать изменения в компонентах природной среды при изменении техногенной нагрузки и, как следствие, управлять в дальнейшем ее состоянием при осуществлении хозяйственной деятельности.

Выводы

Научная новизна изложенного материала заключается в следующем. Построены агрегированные модели аддитивного типа долей с определенным падением пластового давления территории с разрабатываемым месторождением УВ, которые в отличие от известных позволяют наряду с обычными параметрами, используемыми при эколого-хозяйственной оценке ПРП, ввести основные геодинамические параметры, учитывающие присущую существенную неравномерность интенсивности добычи углеводородов.

Обоснована технология идентификации природно-ресурсного потенциала территории с разрабатываемым месторождением углеводородов, которая в отличие от известных, дающих эколого-хозяйственную оценку ПРП в субъективных баллах, позволяет идентифицировать его оценку с учетом современной геодинамики и довести до численной величины в диапазоне от 0 до 1, а также построить распределение долей с определенными падениями пластового давления такой территории, например, в виде гистограммы с последующим нахождением аппроксимирующих моделей.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что впервые использованы основные параметры современной геодинамики, позволяющие в свою очередь учесть существенную неравномерность, характерную для интенсивной добычи углеводородов. Практическая значимость исследования состоит в том, что результаты исследования в виде численной величины состояния ПРП, найденного распределения долей территории с определенными падениями пластового давления и полученные модели аппроксимации с высокой степенью достоверной вероятности позволяют добиться выполнения поставленной цели, за счет научно обоснованной программы добычи углеводородов.

Полученные результаты нацелены на решение фундаментальной проблемы повышения эффективности функционирования и использования природно-техногенных объектов, важными из которых являются территории с разрабатываемыми УВ-месторождением. Значительный практический и научный потенциал полученных результатов обуславливает необходимость продолжения исследований для обогащения созданного научного направления.

Список литературы

1. Владов Ю.Р., Владова А.Ю. Построение и моделирование систем интеллектуального управления состоянием техногенных объектов: монография. Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. 243 с.
2. Владов Ю.Р., Нестеренко М.Ю., Владова А.Ю. Технология мониторинга геодинамического состояния недр эксплуатируемого месторождения углеводородного сырья // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019): Материалы двенадцатой междунар. конф. М.: ИПУ РАН, 2019. С. 1055-1061.
3. Владов Ю.Р., Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю.М., Владова А.Ю. Повышение геодинамической безопасности разрабатываемых месторождений углеводородов нефтегазоносного бассейна // Безопасность труда в промышленности. 2021. № 7. С. 31-37.
4. Гилева Л.Н. Оценка ПРП в системе мероприятий по организации земле- и природопользования для обеспечения устойчивого развития северных территорий // Московский экономический журнал. 2020. № 2. С. 143-157.
5. Кочарян Г.Г. Геомеханика разломов. М.: ГЕОС, 2016. 424 с.
6. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. М.: Инфра-М, 2016. 362 с.
7. Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю.М., Соколов А.Г. Геодинамические процессы в разрабатываемых месторождениях углеводородов (на примере Южного Предуралья). Екатеринбург: УрО РАН, 2015. 186 с.
8. Природа аридных зон и природопользование. Екатеринбург: УрО РАН, 2019. 264 с.
9. Ресурсные регионы России в «новой реальности». Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2017. 308 с.
10. Соломатин Н.В., Нестеренко М.Ю. Методика оценки эколого-хозяйственного состояния территории интенсивной добычи нефти и газа на примере Байтуганского месторождения // Современные подходы и методы в защите растений: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2020. С. 232-233.
11. Станис Е.В., Макарова М.Г. Комплексная оценка природных и производственных потенциалов территории. М.: РУДН, 2008. 356 с.
12. Соломатин Н.В., Нестеренко М.Ю., Федюнин С.А., Тихова М.Ю. Эколого-ресурсный потенциал территорий интенсивной добычи нефти и газа на примере Александровского и Байтуганского месторождений // Региональные проблемы геологии, географии, техносферной и экологической безопасности: Материалы III Всерос. науч.-практ. конф. Оренбург, 2021. С. 118-123.
13. Язвин А.Л. Научное обоснование информационного обеспечения системы геологического изучения ресурсного потенциала пресных подземных вод: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук: 25.00.07. М., 2015. 330 с.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 21.09.2022

Принята к публикации 12.12.2022

IDENTIFICATION OF THE NATURAL RESOURCE POTENTIAL OF THE TERRITORY WITH THE DEVELOPED HYDROCARBON DEPOSIT

N. Solomatin¹, Yu. Vladov¹, M. Nesterenko¹, A. Vladova²

¹Orenburg Federal Research Center Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Department of Geoecology, Russia, Orenburg

²V.A. Trapeznikov Institute of Management Problems of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

e-mail: geoecol-onc@mail.ru

Based on the analysis of the problem topicality, the study aimed to increase the geodynamic safety of the territory with a developed carbon deposit, and the corresponding research tasks. The scientific novelty of the study is in the construction of aggregated models of the shares of the territory with certain pressure drops, taking into account modern geodynamics. The technology of identification of natural resource potential is justified in identifying its numerical values, as well as constructing the distribution of shares and finding approximating models. The results of the study allow us to build a more efficient hydrocarbon production program.

Key words: aggregated model, identification, natural resource potential, ecological and economic assessment, territory with a hydrocarbon deposit being developed.

References

1. Vladov Yu.R., Vladova A.Yu. Postroenie i modelirovanie sistem intellektual'nogo upravleniya sostoyaniem tekhnogennykh ob"ektov: monografiya. Orenburg: OOO IPK "Universitet", 2013. 243 s.
2. Vladov Yu.R., Nesterenko M.Yu., Vladova A.Yu. Tekhnologiya monitoringa geodinamicheskogo sostoyaniya neдр ekspluatiruemogo mestorozhdeniya uglevodorodnogo syr'ya. Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnykh sistem (MLSD'2019): Materialy dvenadtsatoi mezhdunar. konf. M.: IPU RAN, 2019. S. 1055-1061.
3. Vladov Yu.R., Nesterenko M.Yu., Nesterenko Yu.M., Vladova A.Yu. Povyshenie geodinamicheskoi bezopasnosti razrabatyvaemykh mestorozhdenii uglevodorodov neftegazonosnogo basseina. Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2021. N 7. S. 31-37.
4. Gileva L.N. Otsenka PRP v sisteme meropriyatii po organizatsii zemle- i prirodopol'zovaniya dlya obespecheniya ustoichivogo razvitiya severnykh territorii. Moskovskii ekonomicheskii zhurnal. 2020. N 2. S. 143-157.
5. Kocharyan G.G. Geomekhanika razlomov. M.: GEOS, 2016. 424 s.
6. Kochurov B.I. Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie. M.: Infra-M, 2016. 362 s.
7. Nesterenko M.Yu., Nesterenko Yu.M., Sokolov A.G. Geodinamicheskie protsessy v razrabatyvaemykh mestorozhdeniyakh uglevodorodov (na primere Yuzhnogo Predural'ya). Ekaterinburg: UrO RAN, 2015. 186 s.
8. Priroda aridnykh zon i prirodopol'zovanie. Ekaterinburg: UrO RAN, 2019. 264 s.
9. Resursnyye regiony Rossii v "novoii real'nosti". Novosibirsk: Izd-vo IEOPP SO RAN, 2017. 308 s.
10. Solomatin N.V., Nesterenko M.Yu. Metodika otsenki ekologo-khozyaistvennogo sostoyaniya territorii intensivnoi dobychi nefti i gaza na primere Baituganskogo mestorozhdeniya. Sovremennyye podkhody i metody v zashchite rastenii: Materialy II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ekaterinburg, 2020. S. 232-233.
11. Stanis E.V., Makarova M.G. Kompleksnaya otsenka prirodnykh i proizvodstvennykh potentsialov territorii. M.: RUDN, 2008. 356 s.
12. Solomatin N.V., Nesterenko M.Yu., Fedyunin S.A., Tikhova M.Yu. Ekologo-resursnyi potentsial territorii intensivnoi dobychi nefti i gaza na primere Aleksandrovskogo i Baituganskogo

mestorozhdenii. Regional'nye problemy geologii, geografii, tekhnosfernoi i ekologicheskoi bezopasnosti: Materialy III Vseros. nauch.-prakt. konf. Orenburg, 2021. S. 118-123.

13. Yazvin A.L. Nauchnoe obosnovanie informatsionnogo obespecheniya sistemy geologicheskogo izucheniya resursnogo potentsiala presnykh podzemnykh vod: dis. ... d-ra geol.-mineral. nauk: 25.00.07. M., 2015. 330 s.

Сведения об авторах:

Николай Владиславович Соломатин

К.с.-х.н., старший научный сотрудник отдела геоэкологии, Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН

ORCID 0000-0002-9623-8069

Nikolay Solomatin

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Department of Geocology, Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Юрий Рафаилович Владов

Д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник отдела геоэкологии, Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН

ORCID 0000-0002-9981-9619

Yuri Vladov

Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Department of Geocology, Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Максим Юрьевич Нестеренко

Д.г.-м.н., доцент, заведующий отделом геоэкологии, Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН

ORCID 0000-0003-1465-0752

Maxim Nesterenko

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geocology, Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Алла Юрьевна Владова

Д.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук

ORCID 0000-0002-8556-3798

Alla Vladova

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, V.A. Trapeznikov Institute of Management Problems of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Соломатин Н.В., Владов Ю.Р., Нестеренко М.Ю., Владова А.Ю. Идентификация природно-ресурсного потенциала территории с разрабатываемым месторождением углеводородов // Вопросы степеведения. 2022. № 4. С. 33-43. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-33-43

**ЦЕНОПОПУЛЯЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ *FILIPENDULA VULGARIS* MOENCH
НА ТЕРРИТОРИИ ЗАУРАЛЬЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН****И.В. Ильина, Э.Э. Папаян**Сибайский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»,
Россия, Сибай

e-mail: elza.papayan@yandex.ru

В данной статье представлены некоторые из результатов исследований популяционных и индивидуальных характеристик растений *Filipendula vulgaris* Moench, произрастающих на территории Баймакского района в пределах Зауральской степи Республики Башкортостан. Определена эколого-фитоценотическая приуроченность местообитаний ценопопуляций *F. vulgaris*, проанализированы демографические характеристики ценопопуляций (численность, плотность, онтогенетические спектры). Рассмотрены вопросы изменчивости морфологических признаков вегетативных и генеративных органов растений *F. vulgaris* на внутри- и межпопуляционном уровнях. Определены онтогенетическая стратегия вида и тактики признаков растений *F. vulgaris*.

Ключевые слова: вид, ценопопуляция, популяционные исследования, организменные и демографические характеристики вида, изменчивость морфологических признаков, онтогенетические тактики, стратегия вида.

Введение

Filipendula vulgaris Moench встречается повсеместно в средней полосе России, произрастая по лугам и луговым степям, открытым склонам [1-3]. В Башкортостане широко распространен в степных, сухолуговых, опушечных, лесных растительных сообществах. Наибольшее распространение на территории республики вид получил в Зауралье (Баймакский, Хайбуллинский, Абзелиловский, Учалинский районы) и в лесостепной зоне Предуралья (Уфимский, Благовещенский, Бирский районы) [4]. Вид является экологически достаточно пластичным и относится к степному и лугово-степному эколого-фитоценотическим элементам флоры. В сообществах богатых луговых степей и остепненных сухих лугов, а также в сухих сосновых и дубовых лесах формирует популяции с высоким обилием. В зоне Башкирского Зауралья изучаемый вид выступает в качестве эдификатора степных сообществ. При экстремальных погодных условиях, обусловленных резкой сменой температур воздуха и малым количеством осадков, *F. vulgaris* не выпадает из сообществ и участвует в сложении многочисленного разнотравья разнотравно-типчачковых и разнотравно-типчачково-ковыльных степей. Несмотря на достаточно частую встречаемость на территории Зауралья Республики Башкортостан, до настоящего времени отсутствуют сведения о популяционных исследованиях *F. vulgaris*. В связи с этим актуальным является проведение ценопопуляционных исследований данного вида на территории Баймакского района (степное Зауралье Республики Башкортостан).

Целью исследования является изучение популяционных и организменных характеристик растений *F. vulgaris* на территории Баймакского района Республики Башкортостан.

Материалы и методы

Объектом исследования послужили ценопопуляции *Filipendula vulgaris* в окрестностях г. Баймака и с. Старый Сибай Баймакского района. Всего было изучено 5 ценопопуляций. Ценопопуляция 1 расположена в 50 м на юго-запад от с. Старый Сибай. Настоящая степь. Разнотравно-злаковое сообщество. Территория подвержена сильному выпасу. Общее проективное покрытие составляет 80 %. Средняя высота травостоя 20 см. В травяном ярусе преобладают такие виды: *Potentilla impolita*, *Plantago major*, *Tanacetum achilleifolium*, *Festuca pseudovina*, *Elytrigia repens*, *Taraxacum officinale*, *Polygonum aviculare*.

Ценопопуляция 2 расположена в 2 км на северо-восток от г. Баймак, на мелкосопочнике. Территория не подвержена выпасу. Общее проективное покрытие составляет 90 %. Средняя высота травостоя 20 см. Для травяного яруса характерны такие виды: *Salvia stepposa*, *Plantago lanceolata*, *Calamagrostis epigeios*, *Carex pediformis*, *Thalictrum minus*.

Ценопопуляция 3 изучалась в 300 м на юг от г. Баймак, у подножия горы. Территория подвержена слабому выпасу. Проективное покрытие 90 %. Средняя высота травостоя 30 см. В травяном ярусе преобладают виды: *Salvia stepposa*, *Thymus baschkiriensis*, *Potentilla impolita*, *Tanacetum achilleifolium*, *Stipa pennata*, *Calamagrostis epigeios*, *Fragaria viridis*, *Thalictrum minus*.

Ценопопуляция 4 расположена на юго-востоке, в 500 м от г. Баймак, у подножия горы (опушка леса). Территория не подвержена выпасу. Общее проективное покрытие 90 %. Средняя высота травостоя составляет 40 см. Для травяного яруса исследуемого участка характерно преобладание таких видов как: *Salvia stepposa*, *Fragaria viridis*, *Stipa pennata*, *Trifolium montana*, *Artemisia armeniaca*, *Achillea millefolium*.

Ценопопуляция 5 описана на участке, расположенном в 1 км на восток от г. Баймак. Территория подвержена умеренному выпасу. Общее проективное покрытие 85 %. Средняя высота травостоя 25 см. Травяной ярус представлен преобладающими видами: *Salvia stepposa*, *Thymus marschallianus*, *Galium boreale*, *Phleum phleoides*, *Stipa pennata*, *Artemisia sericea*, *Achillea millefolium*.

Описания растительных сообществ с исследуемым видом *F. vulgaris* проводились согласно общепринятым геоботаническим методам [5]. При описании фитоценозов устанавливался детальный видовой состав и количественное участие каждого вида. Обилие видов учитывалось по девяти балльной шкале Браун-Бланке. Всего выполнено 5 геоботанических описаний. Размеры площадок составляли 25 м².

Экологические характеристики местообитаний *F. vulgaris* (увлажнение, богатство и засоленность почвы) определяли по составу видов в сообществах с использованием экологических шкал Л.Г. Раменского [6].

Определение возрастной структуры и плотности ценопопуляций *F. vulgaris* проводилось на площадках размером 1 м². Выделение возрастных групп и состояний особей осуществляли согласно методической разработке [7]. При этом выделялись следующие возрастные состояния особей: проростки (р), ювенильные (j), имматурные (im), виргинильные (v), генеративные (g), субсенильные (ss) и сенильные (s). По совокупности возрастных спектров ценопопуляций составлен усредненный онтогенетический спектр для территории Баймакского района Республики Башкортостан.

Для оценки внутри- и межпопуляционной изменчивости признаков в каждой ценопопуляции отбирались до 30 особей в генеративном состоянии, у которых измерялись 7 биоморфологических параметров вегетативных и репродуктивных органов. В качестве меры изменчивости признаков использовали коэффициент вариации (CV %). Уровни варьирования признаков приняты по Г.Н. Зайцеву (1973) [8]: CV > 20 % – высокий, CV = 11-20 % – средний, CV < 10 % – низкий.

При проведении морфологических исследований *F. vulgaris* учитывались следующие признаки: число генеративных побегов (шт.), высота генеративного побега (см), число стеблевых листьев (шт.), число розеточных листьев (шт.), длина и ширина розеточного листа (см).

Для оценки степени детерминированности признаков организма пользовались коэффициентом детерминации (R^2_m) [9], который рассчитывается как квадрат коэффициента корреляции, усредненный по всей матрице или по отдельным признакам.

Для координации ценопопуляций по градиенту комплексного благоприятствующего росту растений фактора (экоклину) использовали индекс виталитета ценопопуляции (IVC) (1), рассчитываемый с использованием выравнивания методом взвешивания средних [10]:

$$IVC = \frac{\sum_{i=1}^N x_i / \bar{x}_i}{N},$$

где x_i – среднее значение i -того признака в ценопопуляции, \bar{x}_i – среднее значение i -того признака для всех ценопопуляций, N – число признаков.

Индекс (IVC) вычислен для каждой ценопопуляции. Градиент ухудшения условий роста выстраивали как ряд ценопопуляций по убыванию значения их индексов виталитета. Наибольшее значение индекса соответствует наилучшим условиям реализации ростовых потенциалов, а наименьшее – худшим условиям.

Онтогенетические тактики построены с учетом методических разработок Ю.А. Злобина и М.М. Ишмуратовой с соавт. [11, 12].

Первичный материал обработан с использованием пакетов программ STATISTICA и EXCEL. Для каждого среднего арифметического значения определялись ошибка ($M \pm m$) и коэффициент вариации (CV %).

Результаты и обсуждение

Эколого-фитоценотическая характеристика ценопопуляций. Растения *F. vulgaris* на территории Баймакского района Республики Башкортостан произрастают в растительных сообществах класса FESTUCO-BROMETEA Br.-Bl. et Tx. 1943. Класс представляет ксеротермные и полуксеротермные травяные сообщества. Из диагностических видов данного класса в изученных ценопопуляциях встречаются: *Stipa pennata*, *Potentilla humifusa*, *Phlomis tuberosa*, *Salvia stepposa*, *Thymus marschallianus*, *Medicago falcate*, *Phleum phleoides*, *Plantago lanceolata*, *Filipendula vulgaris*. Проективное покрытие растений в ценопопуляциях меняется от 80 % в настоящих степях до 90 % в луговых степях. Средняя высота травостоя меняется в ценопопуляциях от 20 до 40 см. Вторичный фитоценоз образует большое проективное покрытие (2а – балл по шкале Браун-Бланке). Наименьшее проективное покрытие *F. vulgaris* наблюдалось на мелкосопочнике – луговая степь (ценопопуляция 2), так как растение конкурирует в данном растительном сообществе с *Salvia stepposa*.

Результаты исследования экологических характеристик местообитаний ценопопуляций *F. vulgaris* показаны в таблице 1.

Изученные растения *F. vulgaris* на территории Баймакского района Республики Башкортостан по шкале увлажнения произрастают на почвах с 50-51 ступени – лугово-степным (влажностепным), 55-56 – сухолуговым (и свежелуговым) увлажнением. К 50-51 ступеням относятся богатые луговые степи и остепненные сухие луга; почвы черноземы – мощные и тучные, серые лесостепные суглинки, черноземно-луговые, эти местообитания характерны для ценопопуляций 1, 2 и 4. Ценопопуляции 3 и 5 произрастают на почвах с сухолуговым и свежелуговым увлажнением (55-56 ступени), что характерно для сухих и свежих лугов.

Filipendula vulgaris в изученных ценопопуляциях обитает в узком диапазоне по фактору богатства и засоленности почвы. Все ценопопуляции произрастают на довольно богатых почвах (от 11 до 12,5 ступени шкалы Раменского). Для этих почв характерно: рН=7,0-7,5 (нейтральная), мощные обыкновенные и южные черноземы, незасоленные, каштановые, бурые и сероземные, аллювиально-деятельные луговые, низинные луговые и другие слабовыщелоченные почвы, достаточно богатые элементами пищи для растений.

Таким образом, *F. vulgaris* на территории Баймакского района Республики Башкортостан по факторам увлажнения и богатства почвы относятся к ксеромезофитам и эутрофам.

Таблица 1 – Экологические характеристики местообитаний ценопопуляций *Filipendula vulgaris* в Баймакском районе Республики Башкортостан

№ ценопопуляции	Характеристика	
	Увлажнение (У)	Богатство и засоленность почвы (БЗ)
1	51 Лугово-степное (влажностепное)	11,5 Довольно богатые
2	51 Лугово-степное (влажностепное)	12,5 Довольно богатые
3	55 Сухолуговое (и свежелуговое)	11,0 Довольно богатые
4	50 Лугово-степное (влажностепное)	11,5 Довольно богатые
5	56 Сухолуговое (и свежелуговое)	12,5 Довольно богатые

Примечание: напряженность экологических факторов представлена в ступенях шкалы Л.Г. Раменского с соавторами (1956) [6].

Демографические характеристики ценопопуляций. При исследовании демографических характеристик ценопопуляций *Filipendula vulgaris* учитывали среднюю плотность особей, возрастные спектры ценопопуляций (табл. 2, рис. 1).

Приблизительная численность ценопопуляций *F. vulgaris* в Баймакском районе варьирует от 470 (ценопопуляция 1) до 1540 растений (ценопопуляция 3).

Самая высокая средняя плотность растений *F. vulgaris* в Баймакском районе (30,8 шт. на кв. м.) наблюдается в ценопопуляции 3, описанной в 300 м на юг от г. Баймак, у подножия горы. Проявление высокой средней плотности растений объясняется выпадением сильных фитоценоотических конкурентов (злаки) в сообществе. В ценопопуляции доминируют: *Salvia stepposa*, *Thymus baschkiriensis*, *Potentilla impolita*, *Tanacetum achilleifolium*, *Stipa pennata*, *Calamagrostis epigeios*, *Fragaria viridis*, *Thalictrum minus*.

Самая низкая численность (470 растений) и средняя плотность растений (9,4 шт. на 1 кв. м) отмечена в ценопопуляции 1. Ценопопуляция расположена в 50 м на юго-запад от с. Старый Сибай. Территория подвергается сильному выпасу (6 – ступень пастбищной дигрессии по шкале Л.Г. Раменского). Растения *F. vulgaris* в ценопопуляции проявляют низкую фитоценоотическую конкурентноспособность. В сообществе доминируют: *Potentilla impolita*, *Plantago major*, *Tanacetum achilleifolium*, *Festuca pseudovina*, *Elytrigia repens*, *Taraxacum officinale*, *Polygonum aviculare*.

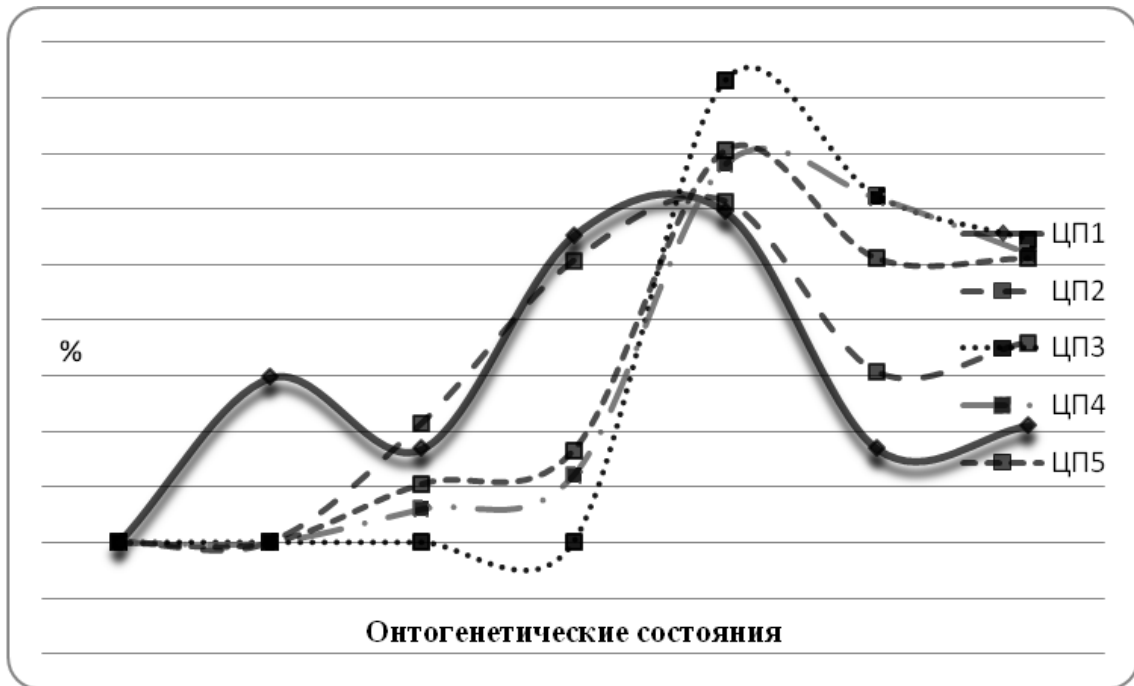


Рисунок 1 – Онтогенетические спектры ценопопуляций *Filipendula vulgaris* в Баймакском районе

Таблица 2 – Ценопопуляционные характеристики *Filipendula vulgaris* в Баймакском районе Республики Башкортостан

№ ЦП	Численность / шт.	Средняя плотность, шт/м ²	Возрастной состав, %							Место-обитание	Характер и степень воздействия
			p	j	im	v	g	ss	s		
1	470	9,4	0,0	14,9	8,5	27,7	29,8	8,5	10,6	настоящая степь	Сильный выпас
2	1500	30,0	0,0	0,0	10,7	25,3	30,7	15,3	18,0	луговая степь	Не подвержена выпасу
3	1540	30,8	0,0	0,0	0,0	0,0	41,6	31,2	27,3	луговая степь	Слабый выпас
4	1000	20,0	0,0	0,0	3,0	6,0	34,0	31,0	26,0	лесная опушка	Не подвержена выпасу
5	1330	26,6	0,0	0,0	5,3	8,3	35,3	25,6	25,6	луговая степь	Умеренный выпас
Среднеарифметический онтогенетический спектр			0,0	2,9	5,5	13,4	34,2	22,3	21,5		

В растительных сообществах луговых степей (ценопопуляции 2, 5) отмечены средние показатели средней плотности (30,0 и 26,6 шт. на кв. м, соответственно). В ценопопуляции 2 *F. vulgaris* и *Salvia stepposa* выступают в качестве доминантов в растительных сообществах. Относительно низкие показатели средней плотности (20,0 шт. на кв. м) *F. vulgaris* в ценопопуляции 4 на юго-востоке у подножия горы (опушка леса) объясняются низкой фитоценотической конкурентоспособностью растений *F. vulgaris* в сообществе с лесопушечными видами. В травяном ярусе доминируют: *Salvia stepposa*, *Fragaria viridis*, *Stipa*

pennata, *Trifolium montana*, *Artemisia armeniaca*, *Achillea millefolium*. Кустарниковый ярус представлен *Chamaecytisus ruthenicus*.

Для ценопопуляций *F. vulgaris* характерны неполночленные возрастные спектры. Во всех ценопопуляциях на момент исследований отсутствовали проростки. В условиях природных популяций *F. vulgaris* размножается семенным и вегетативным способом. Вегетативный способ осуществляется почками возобновления, корневыми отпрысками и клубнями. Большинство исследованных ценопопуляций *F. vulgaris* в Баймакском районе имеет одновершинные, правосторонние возрастные спектры (ценопопуляции 2, 3, 4, 5), с максимумами на генеративном онтогенетическом состоянии.

В ценопопуляции 1 – неполночленный, бимодальный онтогенетический спектр, с преобладанием особей ювенильного и генеративного состояний. Во всех ценопопуляциях максимумы приходились на особи генеративного состояния. Данный факт связываем с тем, что наши исследования проводились в период, когда растение находилось в фазе массового цветения. Высокая доля ювенильных растений свидетельствует о высокой семенной продуктивности растений в предшествующий исследованиям год.

Для *F. vulgaris* на территории Баймакского района характерен нормальный одновершинный правосторонний неполночленный среднеарифметический онтогенетический спектр (рис. 2). Зона спектра широкая.

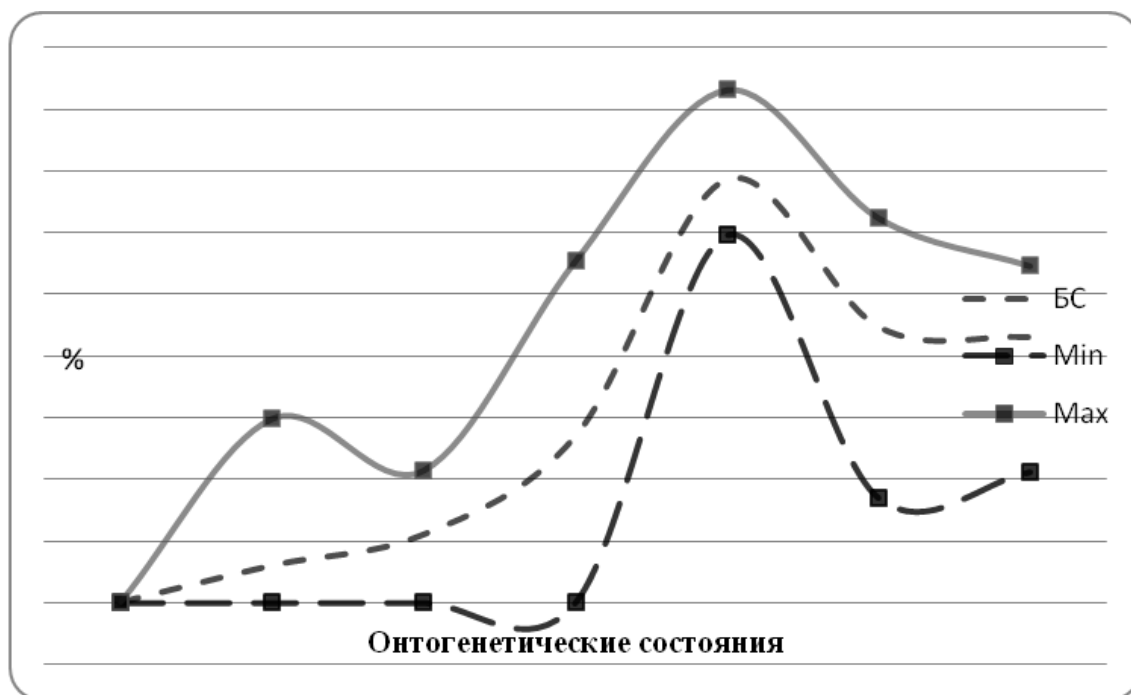


Рисунок 2 – Среднеарифметический онтогенетический спектр *Filipendula vulgaris* в Баймакском районе Республики Башкортостан

Выявлена прямая закономерность увеличения средней плотности особей *F. vulgaris* в ценопопуляциях при увеличении общего проективного покрытия местообитаний. Данный факт объясняется тем, что вид в изученных сообществах выступает в качестве содоминанта (рис. 3).

Выявлена закономерность увеличения индекса виталитета ценопопуляций *F. vulgaris* при увеличении общего проективного покрытия (рис. 4). Таким образом, в благоприятных условиях для роста и развития растений (довольно богатые почвы, достаточное увлажнение, низкая пастбищная дигрессия) происходит увеличение их габитуса.

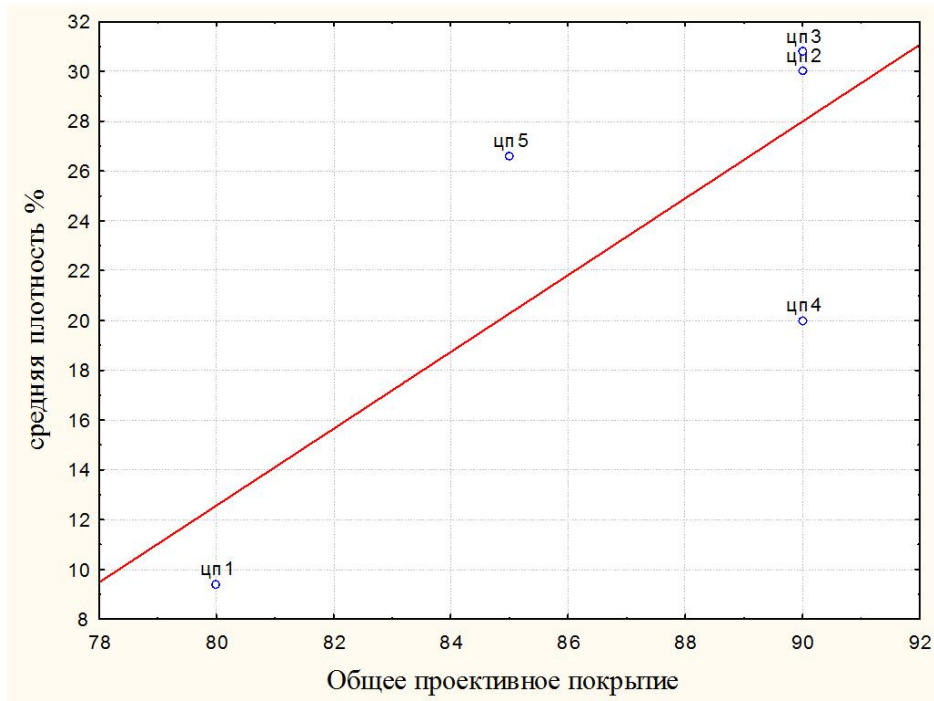


Рисунок 3 – Динамика средней плотности ценопопуляций *Filipendula vulgaris* в зависимости от общего проективного покрытия местообитаний

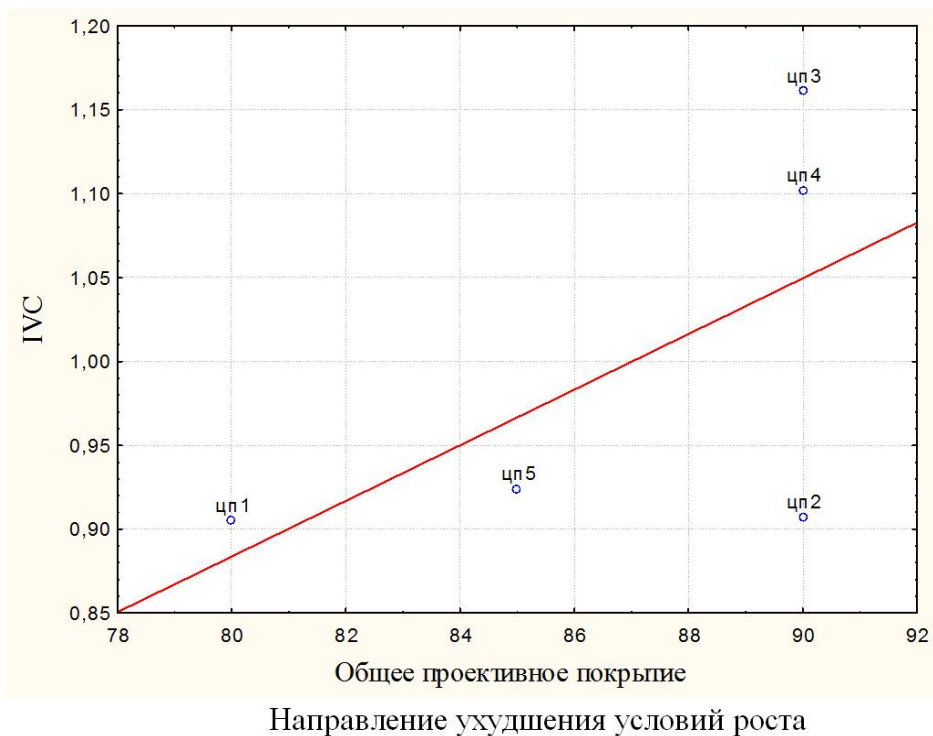


Рисунок 4 – Зависимость индекса виталитета ценопопуляций *Filipendula vulgaris* от общего проективного покрытия местообитаний

Виталитет ценопопуляций. Рассматривая жизненность ценопопуляций *F. vulgaris* (табл. 3), мы видим, что антропогенное воздействие только в ценопопуляции 1 представлено рекреацией сильной степени. Градиент ухудшения жизненности ценопопуляций по размерному спектру особей (IVC) составил следующий ряд: ЦП 1 (настоящая степь IVC = 0,905) – ЦП 2 (луговая степь IVC = 0,907) – ЦП 5 (луговая степь IVC = 0,924) – ЦП 4 (лесная опушка IVC = 1,102) – ЦП 3 (луговая степь IVC = 1,161).

Таблица 3 – Жизненность ценопопуляций *Filipendula vulgaris*

№ Ценопопуляции	Локалитет	Местообитание	Характер и степень воздействия	IVC
1	расположена в 50 м на юго-западе от с. Старый Сибай	Настоящая степь	Сильный выпас	0,905
2	расположена в 2 км на северо-востоке от г. Баймак	Луговая степь	Не подвержена выпасу	0,907
3	расположена на юге в 300 м от г. Баймак	Луговая степь	Слабый выпас	1,161
4	расположена на юго-востоке, в 500 м от г. Баймак	Лесная опушка	Не подвержена выпасу	1,102
5	расположена на востоке, в 1 км от г. Баймак	Луговая степь	Умеренный выпас	0,924

При ухудшении условий роста особей *F. vulgaris* по убыванию индекса виталитета ценопопуляций (IVC) происходит уменьшение габитуса растений. Так, высота генеративного побега у растений уменьшается в 2,4 раза; число стеблевых листьев – в 1,4 раза; число розеточных листьев – в 1,3 раза; длина розеточного листа – в 2,2 раза; ширина розеточного листа – в 1,6 раз. Растения *F. vulgaris* характеризуются наименьшим габитусом в ценопопуляции 1 (индивидуальный пессимум), наиболее крупным габитусом характеризуются в ценопопуляции 3 (индивидуальный оптимум).

Изменчивость морфологических признаков растений *F. vulgaris*. Растения *F. vulgaris* на территории района исследований характеризуются следующими средними значениями морфологических признаков: высота генеративного побега колеблется от 21,2 до 51,8 см, число генеративных побегов от 1,0 до 1,1 шт., число стеблевых листьев от 3,3 до 4,8 шт., число розеточных листьев от 5,0 до 6,5 шт., длина розеточного листа от 8,9 до 19,7 см, ширина розеточного листа от 2,1 до 3,3 см.

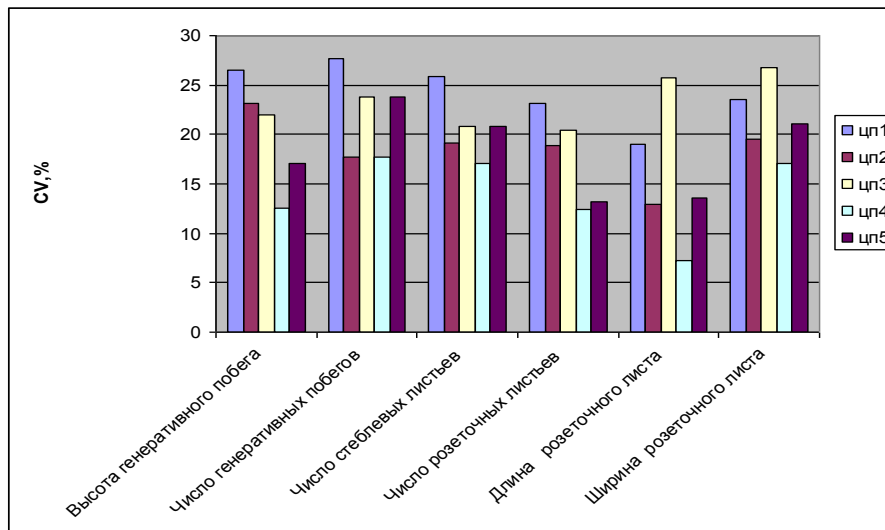


Рисунок 5 – Изменчивость морфологических признаков вегетативных и генеративных органов растений *Filipendula vulgaris* в степном Зауралье Республики Башкортостан

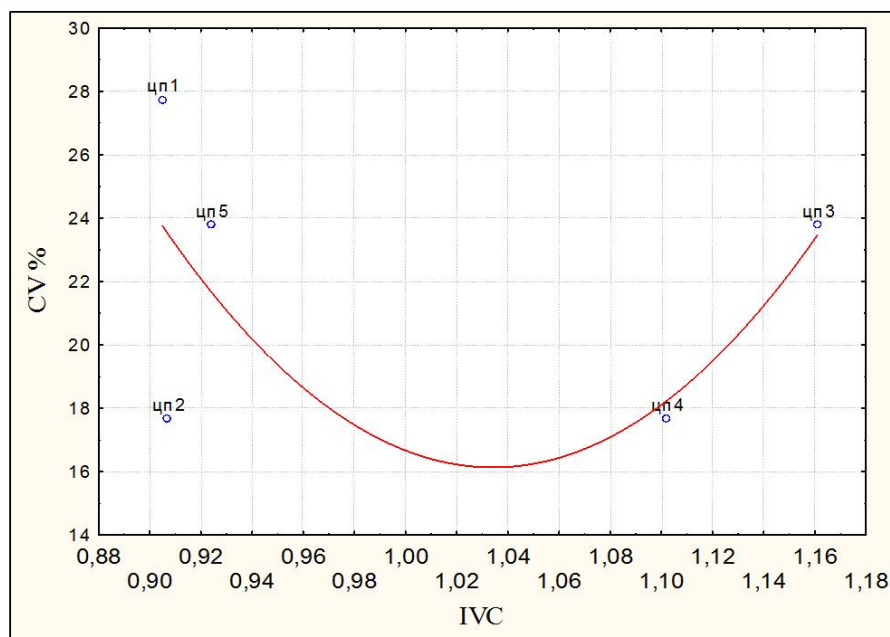
Анализ изменчивости морфологических признаков *F. vulgaris* показал (рис. 5), что для параметров характерны низкая, средняя и высокая степени внутрипопуляционной изменчивости. Выявлено, что в наилучших эколого-фитоценологических условиях в ценопопуляции 3 все морфологические признаки проявляют высокую внутрипопуляционную

изменчивость ($CV > 20\%$). Растения ценопопуляций 2 и 4, произрастающие в растительных сообществах лесных опушек, проявляют преимущественно среднюю степень изменчивости морфологических признаков. В наихудших условиях произрастания в ценопопуляции 1 развиваются мелкие растения, преимущественно с высокой изменчивостью параметров. Наименее изменчивым из анализируемых признаков растений является длина розеточного листа ($CV = 7,3-25,7\%$), так как в растительных сообществах у особей *F. vulgaris* образуются относительно сходные по длине листья, являющиеся ассимилирующим аппаратом растений.

Таким образом, *F. vulgaris*, являясь экологически пластичным видом, приспосабливается к различным условиям местообитаний за счет увеличения изменчивости морфологических признаков.

Онтогенетические тактики признаков растений *F. vulgaris*. Нами рассмотрены онтогенетические тактики на эколого-фитоценоотическом градиенте. Градиент ухудшения условий роста *F. vulgaris* построен по убыванию индекса жизнестойкости ценопопуляций по размерному спектру особей (IVC). Градиент ухудшения условий составил следующий ряд: ЦП 1 (IVC = 0,905) – ЦП 2 (IVC = 0,907) – ЦП 5 (IVC = 0,924) – ЦП 4 (IVC = 1,102) – ЦП 3 (IVC = 1,161).

На установленном градиенте выявлено проявление смешанных конвергентно-дивергентных онтогенетических тактик для всех исследованных морфологических признаков растений *F. vulgaris* (например, рис. 6). Так, при ухудшении условий роста сначала происходит снижение изменчивости признаков (с высокого до среднего уровня), что является проявлением конвергентной составляющей. Дальнейшее ухудшение условий ведет к увеличению изменчивости признаков растений (проявление дивергентной составляющей).



← Направление ухудшения условий роста

Рисунок 6 – Изменчивость числа генеративных побегов растений *Filipendula vulgaris* в ряду ухудшения условий роста

Примечание: по оси абсцисс – индекс виталитета ценопопуляций (IVC), по оси ординат – коэффициент вариации (CV, %).

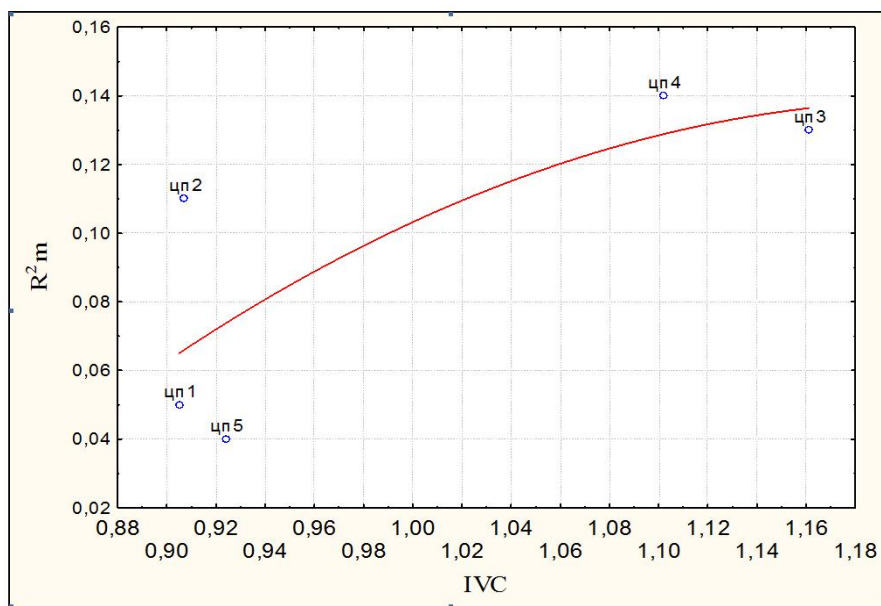
Онтогенетическая стратегия *F. vulgaris*. Считаем, что в условиях Баймакского района Республики Башкортостан *F. vulgaris* проявляет вторичный тип эколого-фитоценоотической стратегии – CSR. Черты виолентности проявляются в том, что растения в благоприятных условиях имеют крупный габитус с обширной корневой системой,

выступают в сообществах (ценопопуляции 2 и 3) в виде содоминантов, имеют нормальные онтогенетические спектры.

Наиболее ярко у вида проявляются черты эксплерентности в том, что это растение в природе размножается семенным и вегетативным путем, способно произрастать в рудеральных сообществах.

Патентность проявляется в способности вида переживать воздействие со стороны экологических и антропогенных факторов, морфологическом реагировании на стресс (выпас скота, конкуренция со злаками и др.).

В онтогенетической стратегии *F. vulgaris* в условиях Баймакского района на организменном уровне выявлена стрессовая составляющая. Тренд изменения интегрированности *F. vulgaris* на морфологическом уровне показывает, что при ухудшении условий роста происходит снижение интегрированности в развитии морфологических признаков. При усилении действия на растения стрессовых факторов происходит дезинтеграция в морфологической структуре, проявляющаяся в уменьшении корреляционных зависимостей (рис. 7).



← Направление ухудшения условий роста

Рисунок 7 – Изменение интегрированности *Filipendula vulgaris* на морфологическом уровне в ряду ухудшения эколого-ценотических условий

Примечание: по оси абсцисс – индекс виталитета ценопопуляций (IVC), по оси ординат – коэффициент детерминации (R^2_m).

Выводы

1. Изученные ценопопуляции приурочены к растительным сообществам класса FESTUCO-BROMETEA Br.-Bl. et Tx. 1943. Диагностическими видами являются: *Stipa pennata*, *Potentilla humifusa*, *Phlomis tuberosa*, *Salvia stepposa*, *Thymus marschallianus*, *Medicago falcate*, *Phleum phleoides*, *Plantago lanceolata*, *Filipendula vulgaris*.

2. По экологическим характеристикам местообитаний *Filipendula vulgaris* на территории Баймакского района относится к ксеромезофитам и эутрофам.

3. Средняя плотность растений в ценопопуляциях *Filipendula vulgaris* зависит от условий произрастания и варьирует от 9,4 шт./м² до 30,8 шт./м².

4. Ценопопуляции *F. vulgaris* имеют неполночленные, одновершинные (ценопопуляции 2, 3, 4, 5) и двухвершинные (ценопопуляция 1), правосторонние

онтогенетические спектры. Абсолютный максимум приходится на особи генеративного состояния.

5. Преобладание генеративных растений в ценопопуляциях *Filipendula vulgaris*, высокая средняя плотность популяций, активное вегетативное размножение растений способствуют высокой жизненности ценопопуляций и их стабильному самоподдержанию.

6. Биоморфологические признаки генеративных растений *Filipendula vulgaris* проявляют низкую, среднюю и высокую степени внутривидовой изменчивости ($CV = 7,3-27,7\%$).

7. Морфологические признаки растений *Filipendula vulgaris* в Баймакском районе проявляют конвергентно-дивергентный тип онтогенетических тактик.

8. *Filipendula vulgaris* на территории Баймакского района проявляет стрессовую онтогенетическую стратегию.

Список литературы

1. Григорьева Н.М. Таволга обыкновенная // Биол. флора. Моск. обл. М.: Изд-во МГУ, Изд-во «Аргус», 1996. Вып. 12. С. 71-88.
2. Григорьева Н.М., Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В. Особенности пространственной структуры ценопопуляций некоторых видов растений // Ценопопуляции растений: Развитие и взаимоотношения. М., 1977. С. 20-36.
3. Серебряная Ф.К., Геоня И.В., Алиева К.М. Сравнительное морфолого-анатомическое исследование вегетативных органов лабазника обыкновенного (*Filipendula vulgaris* Moench.) и лабазника вязолистного (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), произрастающих на Северном Кавказе // Pharmacy&Pharmacology. 2016. vol. 4. no. 5. pp. 63-80. DOI: 10.19163/2307-9266-2016-4-5-63-80.
4. Определитель высших растений Башкирской АССР / Ю.Е. Алексеев, А.Х. Галева, И.А. Губанов и др. М.: Наука, 1989. 375 с.
5. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. Современная наука о растительности. М.: Логос, 2001. 264 с.
6. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозизд, 1956. 472 с.
7. Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК «Ланар», 1995. С. 22-23.
8. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1973. 256 с.
9. Ростова Н.С. Корреляции: структура и изменчивость. СПб: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2002. 308 с.
10. Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М. К оценке виталитета ценопопуляций *Rhodiola iremelica* Boriss. по размерному спектру // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии: Материалы IV Всерос. популяц. семинара. Уч. зап. НТГСПА. Нижний Тагил, 2004. С. 80-85.
11. Злобин Ю.А. Популяционная экология растений: современное состояние точки роста. Сумы: Университетская книга, 2009. 263 с.
12. Ишмуратова М.М., Ишбирдин А.Р. Об онтогенетических аспектах эколого-ценотических стратегий травянистых растений // Методы популяционной биологии: Сб. материалов VII Всерос. популяционного семинара. Сыктывкар, 2004. Ч. 2. С. 113-120.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 15.08.2022

Принята к публикации 12.12.2022

**CENOPOPULATION CHARACTERISTICS OF *FILIPENDULA VULGARIS* MOENCH ON
THE TERRITORY OF THE TRANS-URALS OF THE REPUBLIC OF
BASHKORTOSTAN**

I. Ilyina, E. Papyan

Sibai Institute (branch) of Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education
“Bashkir State University”, Russia, Sibay
e-mail: elza.papyan@yandex.ru

The article presents some of the results of studies of the population and individual characteristics of *Filipendula vulgaris* Moench plants growing on the territory of the Baymak district within the Trans-Ural steppe of the Republic of Bashkortostan. The ecological and phytocenotic confinement of the habitats of *F. vulgaris* cenopopulations has been determined, and demographic characteristics of cenopopulations (abundance, density, ontogenetic spectra) have been analyzed. The questions of the variability of morphological features of vegetative and generative organs of *F. vulgaris* plants are considered at the intra- and inter-population levels. The ontogenetic strategy of the species and tactics of plant traits of *F. vulgaris* were determined.

Key words: species, cenopopulation, population studies, organismal and demographic characteristics of the species, variability of morphological features, ontogenetic tactics, strategy of the species.

References

1. Grigor'eva N.M. Tavalga obyknovennaya. Biol. flora. Mosk. obl. M.: Izd-vo MGU, Izd-vo “Argus”, 1996. Vyp. 12. S. 71-88.
2. Grigor'eva N.M., Zaugol'nova L.B., Smirnova O.V. Osobennosti prostranstvennoi struktury tsenopopulyatsii nekotorykh vidov rastenii. Tsenopopulyatsii rastenii: Razvitie i vzaimootnosheniya. M., 1977. S. 20-36.
3. Serebryanaya F.K., Geonya I.V., Alieva K.M. Sravnitel'noe morfologo-anatomicheskoe issledovanie vegetativnykh organov labaznika obyknovennogo (*Filipendula vulgaris* Moench.) i labaznika vyazolistnogo (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), proizrastayushchikh na Severnom Kavkaz. Pharmacy&Pharmacology. 2016. vol. 4. no. 5. pp. 63-80. DOI: 10.19163/2307-9266-2016-4-5-63-80.
4. Opredelitel' vysshikh rastenii Bashkirskoi ASSR. Yu.E. Alekseev, A.Kh. Galeeva, I.A. Gubanov i dr. M.: Nauka, 1989. 375 s.
5. Mirkin B.M., Naumova L.G., Solomeshch A.I. Sovremennaya nauka o rastitel'nosti. M.: Logos, 2001. 264 s.
6. Ramenskii L.G., Tsatsenkin I.A., Chizhikov O.N., Antipin N.A. Ekologicheskaya otsenka kormovykh ugodii po rastitel'nomu pokrovu. M.: Sel'khoziz, 1956. 472 s.
7. Zhukova L.A. Populyatsionnaya zhizn' lugovykh rastenii. Ioshkar-Ola: RIIK “Lanar”, 1995. S. 22-23.
8. Zaitsev G.N. Metodika biometricheskikh raschetov. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noi botanike. M.: Nauka, 1973. 256 s.
9. Rostova N.S. Korrelyatsii: struktura i izmenchivost'. SPb: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 2002. 308 s.
10. Ishbirdin A.R., Ishmuratova M.M. K otsenke vitaliteta tsenopopulyatsii *Rhodiola iremelica* Boriss. po razmernomu spektru. Fundamental'nye i prikladnye problemy populyatsionnoi biologii: Materialy IV Vseros. populyats. seminar. Uch. zap. NTGSPA. Nizhnii Tagil, 2004. S. 80-85.
11. Zlobin Yu.A. Populyatsionnaya ekologiya rastenii: sovremennoe sostoyanie točki rosta. Sumy: Universitetskaya kniga, 2009. 263 s.

12. Ishmuratova M.M., Ishbirdin A.R. Ob ontogeneticheskikh aspektakh ekologo-tsenoticheskikh strategii travyanistykh rastenii. Metody populyatsionnoi biologii: Sb. materialov VII Vseros. populyatsionnogo seminar. Syktyvkar, 2004. Ch. 2. S. 113-120.

Сведения об авторах:

Ирина Валерьевна Ильина

К.б.н., доцент кафедры естественных наук естественно-математического факультета, Сибайский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»
ORCID 0000-0002-6131-3815

Irina Ilyina

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Natural Sciences of the Faculty of Natural Mathematics, Sibai Institute (branch) of Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education “Bashkir State University”

Эльза Эльдаровна Папьян

К.г.н., доцент кафедры естественных наук естественно-математического факультета, Сибайский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»
ORCID 0000-0003-1456-044X

Elza Papyan

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Natural Sciences of the Faculty of Natural Mathematics, Sibai Institute (branch) of Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education “Bashkir State University”

Для цитирования: Ильина И.В., Папьян Э.Э. Ценопопуляционные исследования *Filipendula vulgaris* Moench на территории Зауралья Республики Башкортостан // Вопросы степеведения. 2022. № 4. С. 44-56. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-44-56

**СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ СТЕПНОЙ ФЛОРЫ
НА КОРЕННОМ БЕРЕГУ РЕКИ БОЛ. ТАРХАНКИ
(ЧЕЛНО-ВЕРШИНСКИЙ РАЙОН, САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)**

А.В. Сарейкина, В.Н. Ильина

Самарский государственный социально-педагогический университет, Россия, Самара
e-mail: Siva@mail.ru

Особое значение для высоко освоенных сельскохозяйственных регионов России, в том числе в Самарской области, имеет сохранение степных природных комплексов. Вид и интенсивность хозяйственного использования влияет на состояние популяций редких растений. Выявление популяционных характеристик редких видов растений необходимо для определения состояния всего природного комплекса, а в случае охраняемых природных территорий – их эффективности. Цель исследования – выявить состояние и структуру популяций редких видов растений петрофитных степей Самарского Высокого Заволжья. Изучена структура и определено состояние популяций трех редких видов растений степной флоры: *Hedysarum grandiflorum* Pall., *Ephedra distachya* L., *Jurinea ledebourii* Bunge (по склону реки Бол. Тарханка, Самарская область, Россия). В ходе работ использованы критерии и методы популяционного направления исследований. В 2022 году установлен рост численности особей редких видов по сравнению с 2001-2003 гг. Состояние популяций *Hedysarum grandiflorum* и *Jurinea ledebourii* удовлетворительное, а *Ephedra distachya* – неудовлетворительное. На жизненное состояние популяций оказывают влияние вид и интенсивность хозяйственного использования территории. Уменьшение выпаса способствовало росту численности особей и увеличению площади популяций трех обследованных видов. Однако жизненное состояние популяций *Hedysarum grandiflorum* и *Jurinea ledebourii* практически не изменилось, а для популяции *Ephedra distachya* отмечено снижение уровня жизнестойкости, что связано с воздействием степных пожаров. Рекомендовано провести детальное обследование популяций редких видов растений по степным склонам реки Бол. Тарханка и проводить мониторинг палов.

Ключевые слова: *Hedysarum grandiflorum* Pall., *Ephedra distachya* L., *Jurinea ledebourii* Bunge, популяция, популяционная структура, коренной берег реки Тарханки, степные сообщества, общее и жизненное состояние популяций.

Введение

Антропогенное воздействие на степные экосистемы в бассейне Средней Волги во второй половине 20 столетия вызвало катастрофические последствия, отразившиеся на упрощении их структуры и сокращении биоразнообразия. В Самарской области к рубежу 20-21 веков вопрос сохранения степей приобрел первостепенный характер. Даже на склонах оврагов, балок, по коренным берегам рек сохранились лишь небольшие участки, незатронутые рекреационной или хозяйственной деятельностью человека. Высокую интенсивность имела пастбищная нагрузка, приводящая к дигрессии растительного покрова. Зачастую растительный покров по коренным берегам малых и средних рек в Самарской области был почти полностью стравлен, подвергался степным палам, почво-грунты характеризовались высокой степенью плоскостной и линейной эрозии [1-4]. Снижение пастбищной и пирогенной нагрузки на степные участки водоразделов за последние 20-30 лет способствовало восстановлению растительного покрова и входящих в состав сообществ редких видов растений. Выявление структуры и динамики популяций редких видов необходимо для определения экологического состояния природно-территориальных

комплексов. Для особо охраняемых природных территорий показатели демографической и пространственной структуры популяций растений являются значимыми показателями их эффективности. Цель нашего исследования – выявить состояние и структуру популяций редких видов растений петрофитных степей Самарского Высокого Заволжья.

Материалы и методы

Территория исследования охватывает северные районы Самарской области в междуречье рек Большой Черемшан и Кондурча. Стационарные участки закладывались в различных пунктах (обследованы водоразделы 6 малых рек Самарского Высокого Заволжья). В данной статье приведены данные, полученные на 4 стационарных участках на различных типах ландшафта коренного берега реки Бол. Тарханка (рис. 1).

Река Бол. Тарханка (в 20 км от устья в нее впадает приток Тарханка). Протяженность реки составляет 45 км, она является притоком реки Большой Черемшан. По данным государственного водного реестра России [5], река Бол. Тарханка относится к Нижневолжскому бассейновому округу. Площадь ее водосборного бассейна составляет 375 км. Типичные участки коренного берега с сохранившимися петрофитными и луговыми степями показаны на фото (рис. 2).

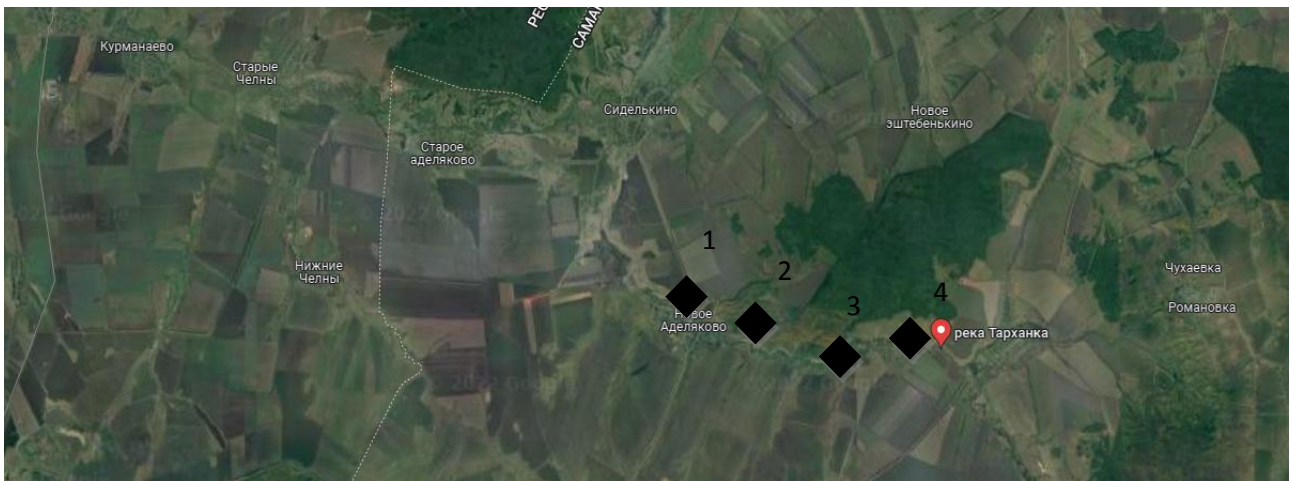


Рисунок 1 – Территория исследования: точки 1-4 – расположение стационарных участков

Полевые исследования, на которых проводилась оценка текущего состояния популяций редких видов, осуществлялись в вегетационные периоды 2020-2022 гг. В ходе работ закладывались стационарные участки на коренном склоне р. Бол. Тарханки. Описание растительных сообществ проводилось с использованием доминантного подхода [6].

В ходе исследований определены основные популяционные параметры (онтогенетический состав, пространственная структура, жизненность) с учетом основных рекомендаций [7-11] для редких видов растений, занесенных в Красные книги РФ [12] и Самарской области [13], зарегистрированных в сообществах на коренном берегу реки Бол. Тарханка (*Hedysarum grandiflorum* Pall., *Ephedra distachya* L., *Jurinea ledebourii* Bunge).

Для выявления демографической структуры и плотности ценопопуляций на каждом стационарном участке закладывалось от 5 до 25 пробных площадок размером 1 м². Порядок заложения (линейный или шахматный) и шаг трансекты (от 1 до 10 м) зависели от площади, занимаемой локальной популяцией, и реального контура изучаемого фитоценоза. Плотность популяции определялась количеством особи на единицу площади (в границах заложённых стационарных участков).



Рисунок 2 – Коренной берег реки Бол. Тарханка (фото авторов)

При определении онтогенетической структуры ценопопуляций учитывались основные онтогенетические состояния особей: проростки (p), ювенильные (j), имматурные (im), виргинильные (v), молодые генеративные (g_1), средние генеративные (g_2), старые генеративные (g_3), субсенильные (ss). На основании полученных данных определялся усредненный онтогенетический спектр изученных ценопопуляций [10].

Для характеристики онтогенетической структуры ценопопуляций применялись общепринятые демографические показатели. Индекс восстановления рассчитывался по формуле $I_v = (j+im+v)/(g_1 + g_2 + g_3)$ как соотношение числа потомков на одну генеративную особь в данный момент времени; индекс замещения определялся $I_z = (j+im+v)/(g_1+g_2+g_3+ss+s+sc)$ как соотношение числа дочерних особей на одно взрослое растение особей взрослой части популяции, которое может заместить «подрост» ценопопуляции [10]. Для оценки состояния ценопопуляций применен критерий «дельта-омега» Л.А. Животовского [11], основанный на совместном использовании индексов возрастности (Δ) и эффективности (ω).

Оценка состояния популяций проведена по методике В.М. Остапко [14], в которой выделяются три категории популяций с учетом соотношения размера популяционного поля и численности особей. Согласно рекомендациям, приведенным в статье В.М. Остапко, выделяют плохое, удовлетворительное и хорошее состояние популяций. В данной статье первая категория популяций указана как «неудовлетворительная».

Жизненное состояние популяции в целом оценивалось с позиций различных подходов отечественной геоботаники (демографического, комплексного и виталитетного). При этом базовыми признаками для определения жизненности особей послужил именно их виталитет (определялись качественные и количественные показатели особей), а также 5-балльная шкала оценки жизненности по А.А. Уранову [8].

Результаты и обсуждение

В составе петрофитных степей коренного берега реки Бол. Тарханка выявлены популяции *Hedysarum grandiflorum*, *Ephedra distachya*, *Jurinea ledebourii* с достаточной для определения демографических параметров численностью особей (более 500). В средней части склонов в степных сообществах с преобладанием *Stipa lessingiana* Trin. et Rupr. с

низким проективным покрытием (5-25 %) отмечается произрастание *Hedysarum grandiflorum* и *Jurinea ledebourii*. Основными вариантами сообществ являются полынно-ковыльковые (*Stipa lessingiana* – *Artemisia austriaca*) и тимьяново-ковыльковые (*Stipa lessingiana* – *Thymus marschallianus*).

Полынно-ковыльковые (*Stipa lessingiana* – *Artemisia austriaca*) сообщества приурочены к средней части крутых склонов коренного берега реки южной и близкой к ним экспозиций с крутизной от 10 до 35°. На дневную поверхность выходят пермские глины. Степень увлажнения почвы недостаточная, на склонах развита ветровая и водная эрозия. Общее проективное покрытие почвы низкое (до 40 %), развитие дернины и войлока слабые. Во флоре сообществ кроме доминантов отмечены *Galatella villosa* (L.) Reichenb. fil., *Onosma simplicissima* L., *Astragalus rupifragus* Pall., *Eryngium planum* L., *Viola collina* Bess., *Pimpinella saxifraga* L., *Centaurea ruthenica* Lam., *Achillea setacea* Waldst. et Kit., *Oxytropis pilosa* (L.) DC., *Medicago sativa* L., *Poa angustifolia* L., *Centaurea scabiosa* L., *Silene baschkirorum* Janisch., *Potentilla argentea* L.

Тимьяново-ковыльковые (*Stipa lessingiana* – *Thymus marschallianus*) сообщества приурочены к верхней части крутых склонов коренного берега реки южной и юго-западной экспозиций с крутизной до 10-15°. На дневную поверхность выходят пермские глины. Степень увлажнения почвы недостаточная, на склонах развита ветровая и водная эрозия. Общее проективное покрытие почвы среднее (40-80 %), но развитие дернины и войлока также небольшое. Во флоре сообществ кроме доминантов отмечены *Galatella villosa* (L.) Reichenb. fil., *Eryngium planum* L., *Viola collina* Bess., *Achillea setacea* Waldst. et Kit., *Oxytropis pilosa* (L.) DC., *Medicago sativa* L., *Poa angustifolia* L., *Potentilla argentea* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Lavatera thuringiaca* L., *Medicago romanica* Prod., *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub, *Thesium arvense* Horvatovszky, *Bromus squarrosus* L.

Популяции *Ephedra distachya* отмечены в верхней части склонов ближе к бровке водораздела в сообществах с преобладанием *Stipa capillata* L. и проективным покрытием до 80 %. Основным вариантом сообществ является полынно-тырсовое (*Stipa capillata* – *Artemisia austriaca*).

Полынно-тырсовые (*Stipa capillata* – *Artemisia austriaca*) сообщества приурочены к верхней части крутых склонов коренного берега реки южной и юго-западной экспозиций с крутизной до 5-10° и бровке водораздела. Степень увлажнения почвы выше, чем на крутых участках склона, ветровая и водная эрозия практически отсутствуют. Общее проективное покрытие почвы высокое (90-100 %), развитие дернины и войлока существенное. Во флоре сообществ кроме доминантов отмечены *Medicago sativa* L., *Poa angustifolia* L., *Potentilla argentea* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub., *Cichorium intybus* L., *Artemisia campestris* L., *Trifolium pratense* L., *Medicago sativa* L., *Sonchus oleraceus* L., *Artemisia vulgaris* L., *Poa pratensis* L., *Achillea millefolium* L.

Разнообразие и типы онтогенетических спектров, а также численность особей изученных ценопопуляций редких видов обусловлены интенсивностью антропогенных факторов, а доминант растительного сообщества и характеристики ценозов в большей степени оказывают влияние на размещение особей (табл. 1).

Популяционные параметры приведены в таблице 1. Популяция *Hedysarum grandiflorum* характеризуется достаточно высокой численностью особей (для локальных популяций более 200-300 особей, общая зарегистрированная численность – около 2500 особей), групповым размещением растений. Онтогенетические спектры локальных популяций – различные – бимодальные с преобладанием виргинильных и зрелых генеративных растений, центрированные с преобладанием молодых или зрелых генеративных особей. Современное состояние популяции оценивается как удовлетворительное.

Популяция *Jurinea ledebourii* характеризуется высокой численностью особей (для локальных популяций более 400 особей, общая зарегистрированная численность – около

5000 особей), случайным или групповым размещением растений на изученной территории во всех сообществах. Онтогенетические спектры ценопопуляций – в основном центрированные с преобладанием зрелых генеративных особей (доля их в ценопопуляциях составляет от 18,9 до 44,2 % от общей численности). Современное состояние популяции оценивается как удовлетворительное.

Таблица 1 – Показатели популяционной структуры редких видов растений

Представитель	Пространственная структура		Онтогенетическая структура			Состояние популяций
	Средняя плотность особей на 1 м ²	Характер размещения особей	Преобладающая группа особей	Преобладающий тип популяций	Тип базового спектра	
<i>Hedysarum grandiflorum</i>	3,2	групповой	молодая генеративная (21,3%)	зреющая ($\Delta=0,32$; $\omega=0,68$)	бимодальный	удовл.
<i>Ephedra distachya</i>	6,3	равномерный (ленточный)	старая генеративная (19,2%)	стареющая ($\Delta=0,56$; $\omega=0,75$)	правосторонний	неудовл.
<i>Jurinea ledebourii</i>	4,4	случайный	зрелая генеративная (30,6%)	зрелая ($\Delta=0,52$; $\omega=0,81$)	центрированный	удовл.

Популяция *Ephedra distachya* характеризуется низкой численностью особей (для локальных популяций около 200 особей, общая зарегистрированная численность – около 900 особей), размещением растений близким к равномерному, в некоторых случаях – агрегировано или случайно. Онтогенетические спектры локальных популяций – центрированные с преобладанием зрелых генеративных особей или правосторонние с преобладанием старых генеративных особей (на участке 1 отмечена ценопопуляция с преобладанием зрелых генеративных особей (28,4 %); на участке 4 – с преобладанием старых генеративных особей (25,6 %)). Общее состояние популяции оценивается как неудовлетворительное в связи с низким уровнем виталитета особей, слабым возобновлением особей, стареющим типом популяции и сравнительно невысокой численностью особей. Особям свойственно отсутствие шишкоягод, желтоватый цвет стеблей и их повышенная ломкость. Вероятной причиной низкой жизнеспособности растений считаем очень засушливый 2021 год.

На стационарных участках № 1-3 В.Н. Ильиной в 2001-2003 гг. проводилось изучение растительного покрова и входящих в его состав популяций редких видов растений. Новые данные в 2020-2022 гг. собраны в ходе полевых исследований авторами статьи. Сравнение показателей за прошедшие 20 лет свидетельствуют о росте численности особей (*Hedysarum grandiflorum* – на 14,1 %, *Ephedra distachya* – 6,3 %, *Jurinea ledebourii* – на 26,8 %) и увеличение площади популяций (*Hedysarum grandiflorum* – на 4,6 %, *Ephedra distachya* – 1,4 %, *Jurinea ledebourii* – на 12,3 %).

Основным видом воздействия на растительный покров коренного берега р. Бол. Тарханка являются степные палы, которые осуществляются местным населением вблизи населенных пунктов. В настоящее время на склонах практически отсутствует выпас крупного рогатого скота, редким является и рекреационное использование.

За прошедшие годы на данной территории фиксировались палы травостоя (по данным личных наблюдений). Участок 1 подвергался беглому огневому воздействию в 2016 и 2022 гг., участок 2 – в 2018 и 2021 гг., участок 4 – в 2016, 2018, 2021 гг. Популяции *Hedysarum grandiflorum*, *Ephedra distachya*, *Jurinea ledebourii* характеризуются полночленностью и близостью онтогенетических спектров к базовому на участках 1 и 4. Неблагоприятное воздействие пожары оказывают на восстановление популяций *Ephedra distachya* в связи с особенностью биологии, что указывалось нами ранее [15].

На обследованных участках популяции эфедры имеют уровень жизненности (по школе А.А. Уранова) III (при отсутствии выпаса и низкой периодичностью пожаров от 5-6 и более лет) или IV (при низком выпасе и периодичностью пожаров чаще одного раза в 5 лет). Ранее все локусы популяции *Ephedra distachya* характеризовались III уровнем жизненности. По состоянию на 2022 год у популяций *Hedysarum grandiflorum* и *Jurinea ledebourii* II уровень жизненности. В начале 2000-х годов уровень жизненности большинства локусов популяций *Hedysarum grandiflorum* и *Jurinea ledebourii* характеризовались III уровнем жизненности.

Выводы

Общее состояние популяций редких растений в сообществах на коренном берегу р. Бол. Тарханка является удовлетворительным. За прошедшие почти 20 лет при снижении выпаса скота численность особей редких видов на коренном берегу реки Бол. Тарханка увеличилась. Отмечено увеличение занимаемой популяциями площади. Выявлено и изменение жизненного состояния популяций – у *Hedysarum grandiflorum* и *Jurinea ledebourii* оно улучшилось с III до II уровня, однако у части локусов популяции *Ephedra distachya* оно снизилось с III до IV уровня.

Основным видом воздействия на растительный покров и популяции редких видов на коренном берегу р. Бол. Тарханка в настоящее время являются степные палы, оказывающие неблагоприятное воздействие при их возрастающей частоте. С учетом снижения выпаса, пожары представляют собой фактор, способствующий снижению закустаривания, образования степного войлока и развития дерновинных злаков в петрофитных степях. Именно с воздействием пожаров, на наш взгляд, связано снижение жизненности популяций *Ephedra distachya*.

Список литературы

1. Ильина Н.С., Симонова Н.И. Динамика растительного покрова лесостепи под влиянием антропогенных факторов // Взаимодействие человека и природы на границе Европы и Азии: Тез. докл. науч.-практ. конф. Самара, 1996. С. 68-71.
2. Саксонов С.В., Ильина Н.С., Матвеев В.И. Представленность степных растений в Красной книге Самарской области // Проблемы сохранения и восстановления степных экосистем: Материалы науч. чтений, посвящ. 10-летию организации заповедника «Оренбургский». Оренбург, 1999. С. 124-126.
3. Ильина Н.С., Устинова А.А., Ильина В.Н., Митрошенкова А.Е. Итоги изучения флоры каменистых степей Самарского Заволжья // Изучение флоры Восточной Европы: достижения и перспективы: Тез. докл. междунар. конф. СПб, 2005. С. 33-34.
4. Ильина Н.С., Ильина В.Н. Проблемы сохранения фиторазнообразия и рационального использования степей Самарской области // Современные проблемы ботаники: Материалы конф., посвящ. памяти В.В. Благовещенского. Ульяновск, 2007. С. 233-243.
5. Река Большая Тарханка // Государственный водный реестр: 2009. [Электронный ресурс]. URL: <http://textual.ru/gvr/index.php?card=184974> (дата обращения: 10.07.2022).
6. Воронов А.Г. Геоботаника. М.: Высшая школа, 1984. 384 с.
7. Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Труды БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. М.: АН СССР, 1950. Вып. 6. С. 7-204.
8. Уранов А.А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // Бюл. МОИП. Отдел биол. 1960. Т. 65. № 3. С. 77-92.
9. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. 1975. № 2. С. 7-34.

10. Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: ЛАНАР, 1995. 224 с.
11. Животовский Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3-7.
12. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.
13. Красная книга Самарской области. Т. I. Редкие виды растений и грибов / Под ред. С.А. Сенатора, С.В. Саксонова. Самара, 2017. (Изд. 2-е, перераб. и допол.). 384 с.
14. Остапко В.М. Эйдологические, популяционные и ценоотические основы фитосоциологии на юго-востоке Украины. Донецк: Лебедь, 2005. 408 с.
15. Ильина В.Н. Состояние популяций эфедры двухколосковой после природных пожаров (Сокские яры, Самарская область) // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2012. С. 239-241.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 25.07.2022
Принята к публикации 12.12.2022

**POPULATION STATUS OF RARE PLANT SPECIES OF THE STEPPE FLORA ON THE
ROOT BANK OF THE GREAT TARKHANKA RIVER (THE CHELNO-VERSHINSKY
DISTRICT, SAMARA REGION, RUSSIA)**

A. Sareikina, V. Ilyina

Samara State University of Social Sciences and Education, Russia, Samara
e-mail: Siva@mail.ru

The preservation of steppe natural complexes has particular importance for the highly developed agricultural regions of Russia, including the Samara region. The type and intensity of economic use affect the state of populations of rare plants. The identification of population characteristics of rare plant species is necessary to determine the state of the entire natural complex, and in the case of protected natural areas, their effectiveness. The purpose of the study is to reveal the state and structure of populations of rare plant species in the petrophytic steppes of the Samara High Trans-Volga region. The structure was studied and the state of populations of three rare plant species of the steppe flora: *Hedysarum grandiflorum* Pall., *Ephedra distachya* L., *Jurinea ledebourii* Bunge (on the slope of the Great Tarkhanka River, the Samara region, Russia) was determined. Criteria and methods of the population direction of research were used in the course of the work. In 2022, an increase in the number of individuals of rare species was established compared to 2001-2003. The condition of the populations of *Hedysarum grandiflorum* and *Jurinea ledebourii* is satisfactory, while *Ephedra distachya* is unsatisfactory. The vital state of populations is influenced by the type and intensity of economic use of the territory.

The decrease in grazing contributed to an increase in the number of individuals and an increase in the area of populations of the three surveyed species. However, the vital status of the populations of *Hedysarum grandiflorum* and *Jurinea ledebourii* practically did not change, and a decrease in the level of vitality was noted for the population of *Ephedra distachya*, which is associated with the impact of steppe fires. It is recommended to conduct a detailed survey of populations of rare plant species along the steppe slopes of the Great Tarkhanka River, and monitor fires.

Key words: *Hedysarum grandiflorum* Pall., *Ephedra distachya* L., *Jurinea ledebourii* Bunge, population, population structure, root bank of the Tarkhanka River, steppe communities, general and vital status of populations.

References

1. Il'ina N.S., Simonova N.I. Dinamika rastitel'nogo pokrova lesostepi pod vliyaniem antropogennykh faktorov. Vzaimodeistvie cheloveka i prirody na granitse Evropy i Azii: Tez. dokl. nauch.-prakt. konf. Samara, 1996. S. 68-71.
2. Saksonov S.V., Il'ina N.S., Matveev V.I. Predstavlenost' stepnykh rastenii v Krasnoi knige Samarskoi oblasti. Problemy sokhraneniya i vosstanovleniya stepnykh ekosistem: Materialy nauch. chtenii, posvyashch. 10-letiyu organizatsii zapovednika "Orenburgskii". Orenburg, 1999. S. 124-126.
3. Il'ina N.S., Ustinova A.A., Il'ina V.N., Mitroshenkova A.E. Itogi izucheniya flory kamenistykh stepei Samarskogo Zavolzh'ya. Izuchenie flory Vostochnoi Evropy: dostizheniya i perspektivy: Tez. dokl. mezhdunar. konf. SPb, 2005. S. 33-34.
4. Il'ina N.S., Il'ina V.N. Problemy sokhraneniya fitoraznoobraziya i ratsional'nogo ispol'zovaniya stepei Samarskoi oblasti. Sovremennye problemy botaniki: Materialy konf., posvyashch. pamyati V.V. Blagoveshchenskogo. Ul'yanovsk, 2007. S. 233-243.
5. Reka Bol'shaya Tarkhanka. Gosudarstvennyi vodnyi reestr: 2009. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://textual.ru/gvr/index.php?card=184974> (data obrashcheniya: 10.07.2022).
6. Voronov A.G. Geobotanika. M.: Vysshaya shkola, 1984. 384 s.
7. Rabotnov T.A. Zhiznennyi tsikl mnogoletnikh travyanistykh rastenii v lugovykh tsenozakh. Trudy BIN AN SSSR. Ser. 3. Geobotanika. M.: AN SSSR, 1950. Vyp. 6. S. 7-204.
8. Uranov A.A. Zhiznennoe sostoyanie vida v rastitel'nom soobshchestve. Byul. MOIP. Otdel biol. 1960. T. 65. N 3. S. 77-92.
9. Uranov A.A. Vozrastnoi spektr fitotsenopopulyatsii kak funktsiya vremeni i energeticheskikh volnovykh protsessov. Biol. nauki. 1975. N 2. S. 7-34.
10. Zhukova L.A. Populyatsionnaya zhizn' lugovykh rastenii. Ioshkar-Ola: LANAR, 1995. 224 s.
11. Zhivotovskii L.A. Ontogeneticheskie sostoyaniya, effektivnaya plotnost' i klassifikatsiya populyatsii rastenii. Ekologiya. 2001. N 1. S. 3-7.
12. Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii (rasteniya i griby). M.: T-vo nauch. izd. KMK, 2008. 855 s.
13. Krasnaya kniga Samarskoi oblasti. T. I. Redkie vidy rastenii i gribov. Pod red. S.A. Senatora, S.V. Saksonova. Samara, 2017. (Izd. 2-e, pererab. i dopol.). 384 s.
14. Ostapko V.M. Eidologicheskie, populyatsionnye i tsenoticheskie osnovy fitosozologii na yugo-vostoke Ukrainy. Donetsk: Lebed', 2005. 408 s.
15. Il'ina V.N. Sostoyanie populyatsii efedry dvukhkoloskovoi posle prirodnykh pozharov (Sokskie yary, Samarskaya oblast'). Biodiagnostika sostoyaniya prirodnykh i prirodno-tekhnogennykh sistem: Materialy XIX Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Kirov, 2012. S. 239-241.

Сведения об авторах:

Альбина Викторовна Сарейкина
 Студент, Самарский государственный социально-педагогический университет
 Albina Sareykina
 Student, Samara State University of Social Sciences and Education

Валентина Николаевна Ильина

К.б.н., доцент, доцент кафедры биологии, экологии и методики обучения, Самарский государственный социально-педагогический университет

ORCID 0000-0002-6692-2580

Valentina Ilyina

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department biology, ecology and teaching methods, Samara State University of Social Sciences and Education

Для цитирования: Сарейкина А.В., Ильина В.Н. Состояние популяций редких видов растений степной флоры на коренном берегу реки Бол. Тарханки (Челно-Вершинский район, Самарская область, Россия) // Вопросы степеведения. 2022. № 4. С. 57-65. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-57-65

**ВЛИЯНИЕ ПОЖАРА НА ЗАПАСЫ ВЕТОШИ ЗЛАКОВ В СТЕПНЫХ
ФИТОЦЕНОЗАХ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА «БУРТИНСКАЯ СТЕПЬ»
ГПЗ «ОРЕНБУРГСКИЙ») В 2015-2020 ГГ.**

Г.Х. Дусаева

Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

e-mail: 16Guluy@mail.ru

В работе описаны наблюдения за восстановлением запасов ветоши злаков после пожара, произошедшего в августе 2014 г. на участке «Буртинская степь» ГПЗ «Оренбургский». Исследование показало, как в сообществе после пожара изменялись сезонная динамика ветоши злаков и доля запасов ветоши злаков от общих запасов ветоши в течение 6 вегетационных сезонов. Проведено сравнение запасов ветоши злаков на парах мониторинговых площадей в 2015-2020 гг. с использованием непараметрического U-критерия Манна-Уитни.

Ключевые слова: пожары, запас ветоши злаков, ООПТ, Оренбургская область, степные растительные сообщества, запас мортмассы, надземная фитомасса.

Введение

Пожары в степной зоне – особенно широко распространенное и частое явление. Ряд ученых [1-4] считает, что современный растительный покров степей во многом сложился под действием пирогенного фактора. Однако, человеческая деятельность во много раз увеличила частоту пожаров [5]. Широкое распространение пожаров на хозяйствующих территориях приводит к увеличению их частоты и площадей на особо охраняемых природных территориях. Так, Шинкаренко и др. (2021) на ООПТ и в двадцатикилометровой окрестности в засушливой зоне РФ за 2001-2019 гг. идентифицировал 10169 гарей [6]. Результаты исследований по Заволжско-Уральскому региону свидетельствуют об отчетливо выраженной тенденции к активизации пожарных явлений [7-9].

Пожары существенно влияют на флористический состав, структуру сообществ, запасы фитомассы, продукцию и деструкцию растительного покрова степей [5, 10-16]. Злаки, как основные доминанты степных сообществ, после пожаров оказываются значительно угнетенными, что находит отражение в выпадении рыхлокустовых и отмирании части плотнокустовых [3]. У плотно- и рыхлокустовых злаков снижается участие в травостое, под влиянием многократно повторяющихся пожаров они значительно понижают свое участие в травостое [17]. Происходит сокращение проективного покрытия плотнодерновинных злаков после пожара [18]. Значительно повреждаются дерновины *Stipa* sp., происходит снижение их урожайности [3, 17, 19-21]. И если влияние пожаров на злаки ученые в большинстве случаев считают отрицательным, то накопление ветоши злаков и в дальнейшем подстилки рассматривают как основную причину выгорания и распространения пожаров в степи. Часто бездоказательно накопленную ветошь и подстилку в степных сообществах расценивают как «горючее вещество» для пожаров [7-9, 22, 23]. По этой же причине некоторые ученые считают, что недостаток выпаса приводит к увеличению частоты пожаров [24].

Не менее неоднозначный дискурс возникает вокруг сроков восстановления растительного покрова после пожара. По мнению некоторых ученых, восстановление происходит за пару месяцев после пожара, другие определяют его сроки десятилетиями [10, 25-27].

Неоднозначность выводов и большое количество гипотез, предположений по этому вопросу определяют цель проведенного исследования. Целью исследования было изучить влияние пирогенного фактора на запасы ветоши злаков, определить сроки их восстановления и пронаблюдать за сезонной динамикой запасов ветоши контрольных сообществ в степных фитоценозах участка «Буртинская степь» заповедника «Оренбургский».

На примере заповедного участка «Буртинская степь» проверялась гипотеза о сроках восстановления запасов ветоши злаков в степных фитоценозах. Понимание закономерностей пространственной и временной организации динамики запасов ветоши злаков после пожара позволит судить о силе и сроке влияния пирогенного фактора на степные фитоценозы. А также понять, какие последствия несут за собой природные пожары и сельскохозяйственные палы в степной зоне.

Материалы и методы

Динамику запасов ветоши злаков изучали на территории участка «Буртинская степь» ГПЗ «Оренбургский» (рис. 1). Растительный покров участков представлен сообществами залесскоковыльной и ковылковой формации [28]. Геоботанические описания выполнялись с использованием стандартных геоботанических методик [29].

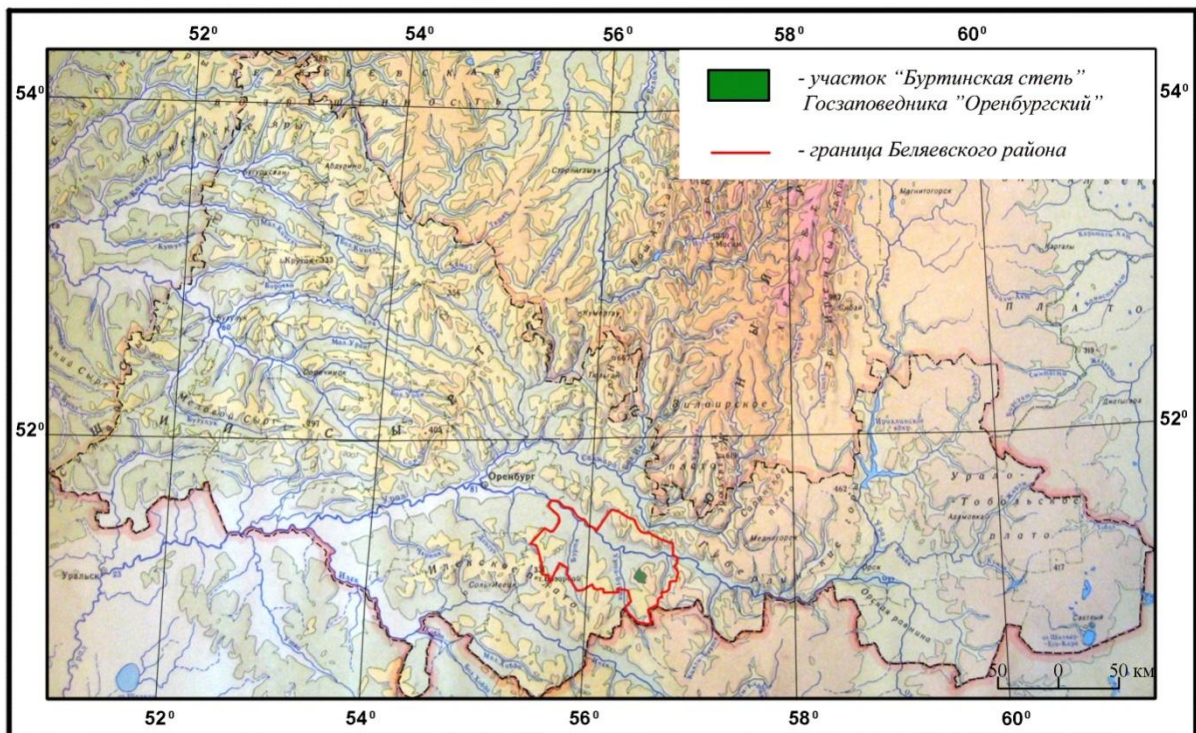


Рисунок 1 – Расположение Буртинской степи на территории Оренбургской области

Определение запасов надземной фитомассы проводилось в течение 2015-2020 гг. на 6 мониторинговых участках, заложенных по контуру гари в разнообразных условиях. Причем участки № 1 и 4 – в дозаповедный период пострадали от перевыпаса, а участок № 5, расположенный в охранной зоне заповедника – старовозрастная залежь. На каждом участке выделено по 2 площадки: горевшая (А) и негоревшая или контрольная (Б). Они располагались в максимально возможной близости и в сходных условиях (рис. 2). В 2018 г. контрольная площадка участка № 5 сгорела, и в непосредственной близости и в схожих условиях была заложена новая контрольная площадка – 5В. Растения срезались вровень с почвой, на площадках по 0,25 м² [30] в 3-кратной повторности. В лабораторных условиях производилось разделение фитомассы злаков на живую и мертвую (ветошь). Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы Statistica 12.



Рисунок 2 – Карта-схема района исследования

Вегетационные периоды 2015-2020 гг. по погодным условиям (основываясь на значениях гидротермического коэффициента Селянинова) были очень засушливыми и сухими (табл. 1).

Таблица 1 – Гидротермический коэффициент Селянинова по п. Беляевка за годы исследования

Годы	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ГТК за вегетационный период	0,32	0,39	0,33	0,5	0,24	0,34

Результаты и обсуждение

Динамика запасов ветоши злаков закономерно зависела от запасов живой фитомассы злаков, последняя увеличивалась в начале вегетационного сезона, вторая же увеличивалась в начале и конце вегетации. Образование ветоши обусловлено ритмом развития растений, у которых при наступлении неблагоприятных условий отмирают ассимилирующие органы [31].

Запасы ветоши злаков в первый год после пожара на горевших площадках изменялись от 0,1 г/м² до 57 г/м² и закономерно увеличивались к концу вегетационного периода. На второй год наибольшие запасы были зафиксированы в начале вегетационного сезона, а наименьшие – к концу сезона, запас ветоши в течение сезона составлял от 20 до 88 г/м². В третий год наибольшие запасы ветоши тяготели к концу вегетации, а наименьшие были в начале сезона, запасы ветоши изменялись от 22 г/м² до 167 г/м². На четвертый год наибольшие и наименьшие запасы ветоши приходились на конец вегетационного сезона и составляли 39-227 г/м². На пятый год, как и в предыдущий, наименьшие и наибольшие запасы ветоши злаков отмечались к концу вегетационного сезона и изменялись в пределах от 93 г/м² до 198 г/м². На шестой год произошло четкое разделение: наименьшие запасы ветоши

были в начале вегетации, а наибольшие были характерны для конца сезона, в течение вегетационного сезона запасы ветоши изменялись от 85 г/м² до 277 г/м². Из вышеописанного можно сделать вывод, что в течение 6 лет запасы ветоши увеличивались от года к году, за исключением пятого года исследования, где максимальные запасы ветоши несколько снижались.

В контрольных сообществах запасы ветоши в течение 6 лет изменялись от 64 г/м² до 278 г/м², наименьшие запасы ветоши злаков наблюдались чаще всего в начале вегетационного периода, а наибольшие – в начале и конце вегетации.

По графику ветоши контрольных сообществ видно, что в зависимости от внешних факторов, от состава сообществ значительно изменялась динамика запасов ветоши злаков (рис. 3). Тогда как в горевших сообществах в первые два года после пожара динамика запасов ветоши злаков была однообразной вне зависимости от типа сообществ и внешних факторов, однако запасы неуклонно увеличивались (рис. 4). В последующие годы динамика была более разнообразной, но неизменно запасы ветоши злаков увеличивались к шестому году исследования и достигали 255 г/м². Тогда как в контрольных сообществах запасы ветоши не превышали 300 г/м² в течение всего периода исследования, однако увеличение или уменьшение запасов ветоши между месяцами могло достигать 193 г/м² в контрольных сообществах.

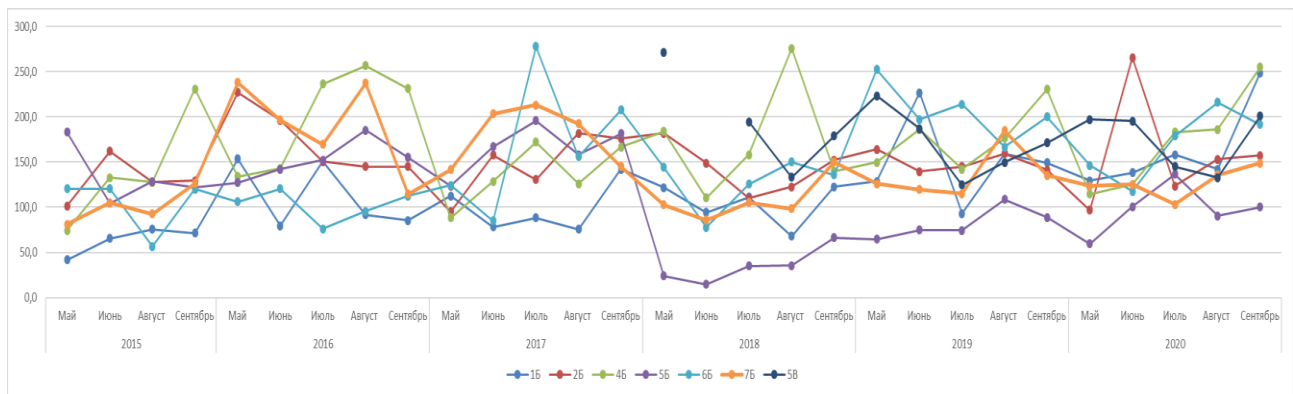


Рисунок 3 – Динамика запасов ветоши злаков в контрольных сообществах (г/м²)

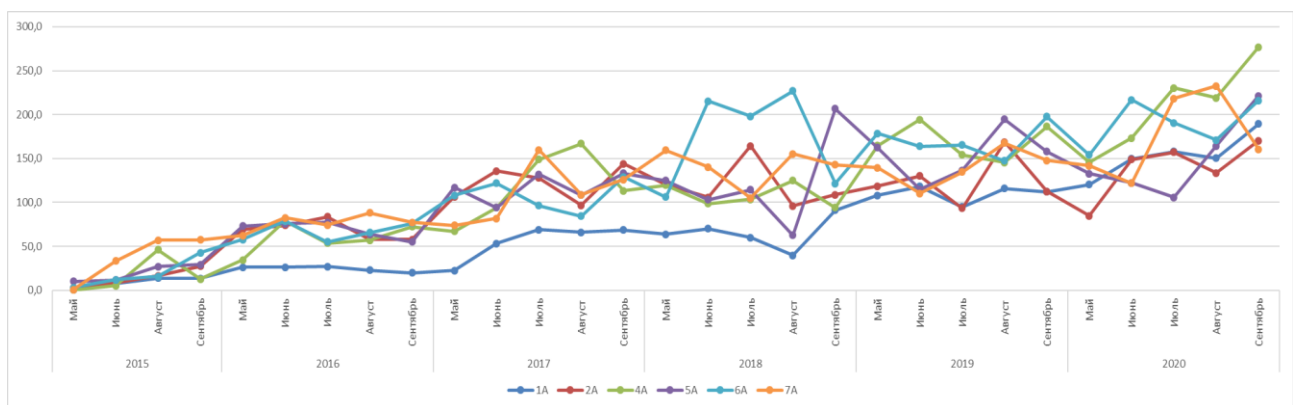


Рисунок 4 – Динамика запасов ветоши злаков в горевших сообществах (г/м²)

В первые два года после пожара при сравнении запасов ветоши злаков на горевших и негоревших участках с помощью U-критерия Манна-Уитни ($\alpha < 0,05$) были выявлены статистически значимые различия между горевшими и негоревшими площадками на всех участках. На третий год статистически значимые различия были характерны для участков № 1, 5, 6, 7, на четвертый – для участков № 1, 4, 5, 7. Возвращение участка № 4 в перечень ключевых точек со статистически значимо различающимися запасами ветоши злаков можно связать со спецификой восстановительной динамики доминирующих злаков фитоценоза.

Так, на четвертый год исследования по сравнению с третьим значительно увеличилось (в 2 раза, на 7 %) проективное покрытие (ПП) *Stipa zalesskii* Wilensky на гари, тогда как на контроле оно почти в 2 раза (на 15 %) уменьшилось. Проективное покрытие (ПП) *Festuca valesiaca* Gaudin в этот год снизилось на обеих площадках в сходных долях. На пятый год исследования, когда статистически значимых различий между горевшей и негоревшей площадкой участка № 4 снова не было выявлено, ПП *Stipa zalesskii* оставалось стабильным и на гари и на контроле, а ПП *Festuca valesiaca* значительно (на 10 %) увеличилось на площадке 4А и незначительно (на 1-2 %) на площадке 4Б. Таким образом, видимо, разница в массе ветоши, вкладываемой каждым из этих видов в запасы ветоши злаков, компенсировалась. В 2019 г. (пятый год после пожара) статистически значимые различия были характерны только для участка № 2. При этом значительных различий в ПП злаков между площадками не наблюдалось, за исключением небольшого увеличения (на 2 % каждый) ПП *Stipa zalesskii* и *Poa transbaicalica* Roshev. Однако на контрольной площадке запас ветоши злаков был больше, чем на горевшей площадке в каждый месяц вегетационного периода, за исключением августа. В 2020 году (шестой год после пожара) статистически значимые различия были выявлены на участке № 7. В этот год произошло некоторое (на 6 %) увеличение ПП злаков в горевшем сообществе по сравнению с предыдущим годом за счет *Festuca valesiaca* и *Stipa zalesskii*, и запасы ветоши злаков на контроле всегда были меньше, чем на гари. Статистически значимых различий в общей выборке из всех площадок по всем участкам (по U-критерию Манна-Уитни, $p < 0,05$) выявлено не было только на шестой год исследования.

Ранее было отмечено, что запасы живой фитомассы злаков восстанавливаются уже на второй год исследования [32], тогда как запасы ветоши злаков достигли уровня контрольных значений только на шестой год исследований. Запасам ветоши злаков (мертвая фитомасса) понадобилось на восстановление до уровня контрольных сообществ в 3 раза больше времени, чем живой фитомассе этого же компонента.

Доля злаков от общих запасов ветоши на негоревших площадках колебалась в пределах 53-97 % в течение пяти лет, при этом наименьшие значения доли ветоши злаков были характерны для летних месяцев. На горевших площадках доля ветоши злаков в первый год после пожара составляла 13-100 % в разных фитоценозах. На второй год минимальная доля увеличилась до 40 %, а максимальная снизилась до 91 %. На третий год доля ветоши злаков изменялась от 35 % до 95 %. На четвертый и пятый год доля ветоши злаков составляла 61-98 %, что косвенно говорит о восстановлении запасов ветоши злаков, а вот уже на шестой год доля горевших сообществ была выше контрольных фитоценозов и находилась в пределах 81-98 %. Причем наибольшая доля отмечалась в начале вегетации и конце вегетации в обоих сообществах (горевшее и негоревшее).

Выводы

Динамика запасов злаков контрольных сообществ была очень разнообразной, что во многом зависело от типа сообществ и влияния внешних факторов. Тогда как в горевших фитоценозах неуклонно увеличивались запасы ветоши злаков, а сезонная динамика ветоши злаков первые годы после пожара была однообразна на всех площадках, вне зависимости от типа сообщества и внешних факторов. На 4-й и 5-й год после пожара доля ветоши злаков от общих запасов ветоши была сопоставима с контрольными сообществами, что косвенно говорит о восстановлении запасов ветоши злаков. На шестой год после пожара запасы ветоши злаков почти на всех участках, были сопоставимы с контрольными, за исключением участка № 7. При том, что запасы живой фитомассы злаков восстановились на 2-ой год после пожара, то запасам ветоши злаков потребовалось в 3 раза больше времени.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Института степи УрО РАН (проект № ГР АААА-А21-121011190016-1).

Список литературы

1. Родин Л.Е. Выжигание растительности как прием улучшения злаково-полынных пастбищ // Советская ботаника. 1946. № 3. С. 147-162.
2. Комаров Н.Ф. Этапы и факторы эволюции растительного покрова черноземных степей. М.: Географгиз, 1951. 328 с.
3. Иванов В.В. К вопросу о роли степных пожаров // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1952. Т. 57. Вып. 1. С. 62-69.
4. Лысенко Г.Н. Стабильность степных фитоценозоструктур: термодинамический аспект // Степи Северной Евразии: Материалы IV междунар. симпоз. Оренбург, 2006. С. 449-451.
5. Ильина В.Н. Пирогенное воздействие на растительный покров // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2011. Т. 20. № 2. С. 4-30.
6. Шинкаренко С.С., Иванов Н.М., Берденгалиева А.Н. Пространственно-временная динамика выгоревших площадей на федеральных ООПТ юго-востока Европейской России // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2021. Т. 6(3). С. 23-44.
7. Павлейчик В.М. К вопросу об активизации степных пожаров (на примере Заволжско-Уральского региона) // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. 2016. № 3. С.15-25.
8. Павлейчик В.М., Чибилев А.А. Степные пожары в условиях заповедного режима и изменяющегося антропогенного воздействия // География и природные ресурсы. 2018. № 3. С. 38-48.
9. Павлейчик В.М., Сивохип Ж.Т. Проблемы обеспечения пожарной безопасности участков государственного природного заповедника «Оренбургский» // Труды ФГБУ Заповедники Оренбуржья. 2019. Вып. 2. С. 185-193.
10. Опарин М.Л., Опарина О.С. Влияние палов на динамику степной растительности // Приволжский экологический журнал. 2003. № 2. С. 158-171.
11. Калмыкова О.Г. Факторы, определяющие разнообразие и особенности растительного покрова Буртинской степи // Степи Северной Евразии: Материалы IV междунар. симпоз. Оренбург, 2006. С. 333-337.
12. Калмыкова О.Г. Закономерности распределения степной растительности «Буртинской степи» (Госзаповедник «Оренбургский»): дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. СПб., 2008. 230 с.
13. Дапылдай А.Б. Динамика видового состава под влиянием пирогенного фактора в луговой степи Центрально-Тувинской котловины // Природные системы и экономика приграничных территорий Тувы и Монголии: фундаментальные проблемы, перспективы рационального использования: Материалы Молодеж. науч. конф. с междунар. участием. Кызыл, 2012. С. 116-117.
14. Буйволов Ю.А., Быкова Е.П., Гавриленко В.С., Грибков А.В., Баженов Ю.А., Бородин А.П., Горошко О.А., Кирилук В.Е., Корсун О.В., Крейншлин М.Л., Куksин Г.В., Рябинина З.Н. Анализ отечественного и зарубежного опыта управления пожарами в степях и связанных с ними экосистемах, в частности, в условиях ООПТ. М.: Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, 2013. 140 с.
15. Гофман О.П. Возрастная структура *Festuca valesiaca* s.l. (Poaceae) при влиянии пирогенного и пасквального факторов в Биосферном заповеднике «Аскания-Нова» // Степи Северной Евразии: Материалы VII междунар. симпоз. Оренбург, 2015. С. 270-272.

16. Dusaeva N.V., Kalmykova O.G., Dusaeva G.Kh. Effects of fire on production and destruction processes in steppe phytocenoses of Burtinskaya Steppe, Orenburg Nature Reserve // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. vol. 817(1). 012031. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012031.
17. Данилов С.И. Пал в Забайкальских степях и его влияние на растительность // Вестник Дальневосточного филиала АН СССР. 1936. № 21. С. 63-81.
18. Ткачук Т.Е., Денисова Ю.Ю. Влияние экспериментального выжигания на структуру степных фитоценозов на юге Даурии // Степи Северной Евразии: Материалы VII междунар. симпоз. Оренбург, 2015. С. 847-849.
19. Евсеев В.И. Рациональная система использования пастбищ в сухой и засушливой степи. М.; Куйбышев: Куйбышевское краевое изд-во, 1935. 72 с.
20. Мирошниченко Ю.М. Влияние выжигания на тырсовые степи в МНР // Ботанический журнал. 1971. Т. 56. № 6. С. 857-863.
21. Борисова И.В., Попова Т.А. Динамика численности и возрастного состава ценопопуляций дерновинных злаков в пустынных степях Центрального Казахстана // Ботанический журнал. 1972. Т. 57. № 7. С. 779-793.
22. Павлейчик В.М. Многолетняя динамика природных пожаров в степных регионах (на примере Оренбургской области) // Вестник ОГУ. 2016. № 6(194). С. 74-80.
23. Павлейчик В.М. Степные пожары как угроза экологической безопасности заповедных территорий (на примере участка «Предуральская степь» заповедника «Оренбургский») // Вопросы степеведения. 2019. № 15. С. 245-249.
24. Рябцов С.Н. Влияние пирогенной нагрузки на растительный покров степи Южного Предуралья: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. Оренбург, 2005. 203 с.
25. Иванов В.В. Степи Западного Казахстана в связи с динамикой их покрова. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1958. 288 с.
26. Рябина З.Н. Растительный покров степей Южного Урала (Оренбургская область). Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2003. 224 с.
27. Смелянский И.Э., Буйволова Ю.А., Баженов Ю.А., Бакирова Р.Т., Боровик Л.П., Бородин А.П., Быкова Е.П., Власов А.А., Гавриленко В.С., Горошко О.А., Грибков А.В., Кирилюк В.Е., Корсун О.В., Крейндин М.Л., Куксин Г.В., Лысенко Г.Н., Полчанинова Н.Ю., Пуляев А.И., Рыжков О.В., Рябина З.Н., Ткачук Т.Е. Степные пожары и управление пожарной ситуацией в степных ООПТ: экологические и природоохранные аспекты. Аналитический обзор. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2015. 144 с.
28. Калмыкова О.Г. О растительном покрове Госзаповедника «Оренбургский» // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1(4). С. 1024-1026.
29. Краткое руководство для геоботанических исследований в связи с полезащитным лесоразведением и созданием устойчивой кормовой базы на юге европейской части СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 191 с.
30. Базилевич Н.И. Методы изучения биологического круговорота в разных природных зонах. М.: Мысль, 1978. 182 с.
31. Семенова-Тян-Шанская А.М. Накопление и роль подстилки в травяных сообществах. Л.: Наука, 1977. 191 с.
32. Dusaeva G.Kh., Kalmykova O.G., Dusaeva N.V. Fire influence on dynamics of above-ground phytomass in steppe plant communities in the Burtinskaya Steppe (Orenburg State Nature Reserve, Russia) // Nature Conservation Research. 2019. vol. 4 (Suppl.1). pp. 78-92. DOI:10.24189/ncr.2019.050

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 29.07.2022

Принята к публикации 12.12.2022

THE FIRE EFFECT ON STOCKS OF THE STANDING DEAD PHYTOMASS OF GRASSES IN STEPPE PHYTOCENOSES (ON THE EXAMPLE OF THE BURTINSKAYA STEPPE OF THE ORENBURG STATE NATURE RESERVE) IN 2015-2020

G. Dusaeva

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg
e-mail: 16Guluy@mail.ru

The work describes observations for the restoration of stocks of the standing dead phytomass of grasses after a fire occurred in August 2014 at the Burtinskaya Steppe site of the Orenburg State Nature Reserve. The study showed how the seasonal dynamics of stocks of the standing dead phytomass of grasses from the total stocks of standing dead phytomass changed in the community after the fire during 6 growing seasons. The deposit of vegetative grass phytomass on fallows of monitoring areas in 2015-2020 was compared using the non-parametric Mann-Whitney U-test.

Key words: fires, stocks of the standing dead phytomass of grasses, protected area, Orenburg region, steppe plant communities, stock of the dead phytomass, above-ground phytomass.

References

1. Rodin L.E. Vyzhiganie rastitel'nosti kak priem uluchsheniya zlakovo-polyunnykh pastbishch. Sovetskaya botanika. 1946. N 3. S. 147-162.
2. Komarov N.F. Etapy i faktory evolyutsii rastitel'nogo pokrova chernozemnykh stepei. M.: Geografiz, 1951. 328 s.
3. Ivanov V.V. K voprosu o roli stepnykh pozharov. Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otdel biologicheskii. 1952. T. 57. Vyp. 1. S. 62-69.
4. Lysenko G.N. Stabil'nost' stepnykh fitotsenostruktur: termodinamicheskii aspekt. Stepi Severnoi Evrazii: Materialy IV mezhdunar. simpoz. Orenburg, 2006. S. 449-451.
5. Il'ina V.N. Pirogennoe vozdeistvie na rastitel'nyi pokrov. Samarskaya Luka: problemy regional'noi i global'noi ekologii. 2011. T. 20. N 2. S. 4-30.
6. Shinkarenko S.S., Ivanov N.M., Berdengalieva A.N. Prostranstvenno-vremennaya dinamika vygorevshikh ploshchadei na federal'nykh OOPT yugo-vostoka Evropeiskoi Rossii. Nature Conservation Research. Zapovednaya nauka. 2021. T. 6(3). S. 23-44.
7. Pavleichik V.M. K voprosu ob aktivizatsii stepnykh pozharov (na primere Zavolzhsko-Ural'skogo regiona). Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografiya. Geoekologiya. 2016. N 3. S.15-25.
8. Pavleichik V.M., Chibilev A.A. Stepnye pozhary v usloviyakh zapovednogo rezhima i izmenyayushchegosya antropogennogo vozdeistviya. Geografiya i prirodnye resursy. 2018. N 3. S. 38-48.
9. Pavleichik V.M., Sivokhip Zh.T. Problemy obespecheniya pozharnoi bezopasnosti uchastkov gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Orenburgskii". Trudy FGBU Zapovedniki Orenburzh'ya. 2019. Vyp. 2. S. 185-193.
10. Oparin M.L., Oparina O.S. Vliyanie palov na dinamiku stepnoi rastitel'nosti. Privolzhskii ekologicheskii zhurnal. 2003. N 2. S. 158-171.
11. Kalmykova O.G. Faktory, opredelyayushchie raznoobrazie i osobennosti rastitel'nogo pokrova Burtinskoi stepi. Stepi Severnoi Evrazii: Materialy IV mezhdunar. simpoz. Orenburg, 2006. S. 333-337.
12. Kalmykova O.G. Zakonomernosti raspredeleniya stepnoi rastitel'nosti «Burtinskoi stepi» (Goszapovednik "Orenburgskii"): dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.16. SPb., 2008. 230 s.
13. Dapyl'dai A.B. Dinamika vidovogo sostava pod vliyaniem pirogennoogo faktora v lugovoi stepi Tsentral'no-Tuvinskoi kotloviny. Prirodnye sistemy i ekonomika prigranichnykh

territorii Tuvy i Mongolii: fundamental'nye problemy, perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya: Materialy Molodezh. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem. Kyzyl, 2012. S. 116-117.

14. Buivolov Yu.A., Bykova E.P., Gavrilenko V.S., Gribkov A.V., Bazhenov Yu.A., Borodin A.P., Goroshko O.A., Kirilyuk V.E., Korsun O.V., Kreindlin M.L., Kuksin G.V., Ryabinina Z.N. Analiz otechestvennogo i zarubezhnogo opyta upravleniya pozharemi v stepyakh i svyazannykh s nimi ekosistemakh, v chastnosti, v usloviyakh OOPT. M.: Institut global'nogo klimata i ekologii Rosgidrometa i RAN, 2013. 140 s.

15. Gofman O.P. Vozrastnaya struktura *Festuca valesiaca* s.l. (Poaceae) pri vliyani pirogenno i paskval'nogo faktorov v Biosfernom zapovednike "Askaniya-Nova". Stepi Severnoi Evrazii: Materialy VII mezhdunar. simpoz. Orenburg, 2015. S. 270-272. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012031.

16. Dusaeva N.V., Kalmykova O.G., Dusaeva G.Kh. Effects of fire on production and destruction processes in steppephytocenoses of Burtinskaya Steppe, Orenburg Nature Reserve. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. vol. 817(1). 012031.

17. Danilov S.I. Pal v Zabaikal'skikh stepyakh i ego vliyanie na rastitel'nost'. Vestnik Dal'nevostochnogo filiala AN SSSR. 1936. N 21. S. 63-81.

18. Tkachuk T.E., Denisova Yu.Yu. Vliyanie eksperimental'nogo vyzhiganiya na strukturu stepnykh fitotsenozov na yuge Daurii. Stepi Severnoi Evrazii: Materialy VII mezhdunar. simpoz. Orenburg, 2015. S. 847-849.

19. Evseev V.I. Ratsional'naya sistema ispol'zovaniya pastbishch v sukhoi i zasushlivoi stepi. M.; Kuibyshev: Kuibyshevskoe kraevoe izd-vo, 1935. 72 s.

20. Miroshnichenko Yu.M. Vliyanie vyzhiganiya na tyrsovye stepi v MNR. Botanicheskii zhurnal. 1971. T. 56. N 6. S. 857-863.

21. Borisova I.V., Popova T.A. Dinamika chislennosti i vozrastnogo sostava tsenopopulyatsii dernovinykh zlakov v pustynnykh stepyakh Tsentral'nogo Kazakhstana. Botanicheskii zhurnal. 1972. T. 57. N 7. S. 779-793.

22. Pavleichik V.M. Mnogoletnyaya dinamika prirodnykh pozharov v stepnykh regionakh (na primere Orenburgskoi oblasti). Vestnik OGU. 2016. N 6(194). S. 74-80.

23. Pavleichik V.M. Stepnye pozhary kak ugroza ekologicheskoi bezopasnosti zapovednykh territorii (na primere uchastka "Predural'skaya step" zapovednika "Orenburgskii"). Voprosy stepovedeniya. 2019. N 15. S. 245-249.

24. Ryabtsov S.N. Vliyanie pirogennoi nagruzki na rastitel'nyi pokrov stepi Yuzhnogo Predural'ya: dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.05. Orenburg, 2005. 203 s.

25. Ivanov V.V. Stepi Zapadnogo Kazakhstana v svyazi s dinamikoi ikh pokrova. M., L.: Izd-vo AN SSSR, 1958. 288 s.

26. Ryabinina Z.N. Rastitel'nyi pokrov stepi Yuzhnogo Urala (Orenburgskaya oblast'). Orenburg: Izd-vo OGPU, 2003. 224 s.

27. Smelyanskii I.E., Buivolova Yu.A., Bazhenov Yu.A., Bakirova R.T., Borovik L.P., Borodin A.P., Bykova E.P., Vlasov A.A., Gavrilenko V.S., Goroshko O.A., Gribkov A.V., Kirilyuk V.E., Korsun O.V., Kreindlin M.L., Kuksin G.V., Lysenko G.N., Polchaninova N.Yu., Pulyaev A.I., Ryzhkov O.V., Ryabinina Z.N., Tkachuk T.E. Stepnye pozhary i upravlenie pozharnoi situatsiei v stepnykh OOPT: ekologicheskie i prirodnookhrannye aspekty. Analiticheskii obzor. M.: Izd-vo Tsentra okhrany dikoi prirody, 2015. 144 s.

28. Kalmykova O.G. O rastitel'nom pokrove Goszapovednika "Orenburgskii". Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. 2012. T. 14. N 1(4). S. 1024-1026.

29. Kratkoe rukovodstvo dlya geobotanicheskikh issledovaniy v svyazi s polezashchitnym lesorazvedeniem i sozdaniem ustoichivoi kormovoi bazy na yuge evropeiskoi chasti SSSR. M.: Izd-vo AN SSSR, 1952. 191 s.

30. Bazilevich N.I. Metody izucheniya biologicheskogo krugovorota v raznykh prirodnykh zonakh. M.: Mysl', 1978. 182 s.

31. Semenova-Tyan-Shanskaya A.M. *Nakoplenie i rol' podstilki v travyanykh soobshchestvakh*. L.: Nauka, 1977. 191 s.

32. Dusaeva G.Kh., Kalmykova O.G., Dusaeva N.V. Fire influence on dynamics of above-ground phytomass in steppe plant communities in the Burtinskaya Steppe (Orenburg State Nature Reserve, Russia). *Nature Conservation Research*. 2019. vol. 4 (Suppl.1). pp. 78-92. DOI:10.24189/ncr.2019.050

Сведения об авторах:

Гульнара Хусаиновна Дусаева

К.б.н., научный сотрудник отдела ландшафтной экологии, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-7333-6416

Gulnara Dusaeva

Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory of landscape Ecology, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Дусаева Г.Х. Влияние пожара на запасы ветоши злаков в степных фитоценозах (на примере участка «Буртинская степь» ГПЗ «Оренбургский») в 2015-2020 гг. // *Вопросы степеведения*. 2022. № 4. С. 66-75. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-66-75

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВИДОВ РОДА *STIPA* КРАСНОЙ КНИГИ ВОРОНЕЖСКОЙ
ОБЛАСТИ ПО СВЕДЕНИЯМ РЕГИОНАЛЬНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ
«ОХРАНЯЕМЫЕ СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ»
И СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ INATURALIST**

Д.Р. Владимиров, А.Я. Григорьевская

Воронежский государственный университет, Россия, Воронеж

e-mail: kvint_88@mail.ru

В работе рассмотрены некоторые возможности использования пространственной базы данных «Охраняемые сосудистые растения Воронежской области», созданной сотрудниками факультета географии геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета. Авторы коротко рассказывают о материалах, лежащих в основе созданной базы данных, об особенностях ее создания и структуре, объясняется, почему в нее не были включены сведения международных баз данных iNaturalist и GBIF. Во второй части публикации сделана попытка сравнить число местонахождений видов рода *Stipa* из Красной книги Воронежской области, указанных в БД «Охраняемые сосудистые растения Воронежской области» и социальной сети iNaturalist.

Ключевые слова: биоразнообразие, ковыль, пространственная база данных, сосудистые растения, Красная книга, Воронежская область, охраняемые виды.

Введение

Воронежская область по праву считается одним из хорошо изученных в ботаническом отношении регионов России. Первые сведения о ее растительном покрове, собранные весной и в начале лета 1769 года, приводит в I томе своего труда «Путешествие по России для исследования трех царств естества» Самуил Георг Гмелин [1]. Среди отмеченных им видов, в том числе, упоминаются и степные растения, 250 лет спустя вошедшие в областное издание Красной книги [2]. Это *Fritillaria sp.* (фритилларий Персидской) и *Pulsatilla sp.* (сазоичикъ или прострѣль) из окрестностей Воронежа, *Tulipa suaveolens* Roth и, возможно, *Tulipa biebersteiniana* Schult. & Schult. f. (дикие тюльпаны желтые и красные), *Adonis vernalis* L. (вешний и Апеннинский адонидь), *Bulbocodium versicolor* (Ker-Gawler) Spreng. (булбокодья вешняя) у современного села Костенки (городок Кастинскъ у С.Г.Гмелина), *Echium russicum* S.G. Gmel. (бабьи румяна) у города Павловск. В последующие годы многие выдающиеся отечественные ученые внесли свой вклад в изучение растительного мира Воронежской области, среди которых Н.С. Тарачков, В.А. Дубянский, Б.М. Козо-Полянский, Г.Э. Гроссет, Б.Н. Замятин, Б.А. Келлер, Н.С. Камышев, С.В. Голицын, В.Н. Тихомиров и многие другие. Интерес к растительному покрову области сохраняется у специалистов и сегодня. Научные публикации ботанической тематики, содержащие, в том числе, и сведения о новых находках охраняемых степных растений выходят ежегодно. В этой связи заслуживают внимания две коллективные монографии, вышедшие из печати в 2019 и 2021 гг. – «Кадастр сосудистых растений, охраняемых на территории Воронежской области» [3] и «Охраняемые сосудистые растения Воронежской области» [4], которые, по сути, структурируют всю эту разрозненную информацию в две практически одинаково организованные текстовые базы данных (БД).

«Кадастр..., 2019» сформирован с использованием сведений 15 гербарных хранилищ России, литературных источников и авторских наблюдений. «Охраняемые..., 2021» дополняют его современными и архивными данными (в том числе приведены не учтенные сведения гербариев LE, MW, VORG, MHA, MOSP, MWG, TCXA), а также записями полевых экспедиций сотрудников факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета за последние 34 года.

Материалы и методы

Выше отмечалось, что основное содержание обеих коллективных монографий представляет собой две текстовые БД единого массива информации о пространственном размещении 237 краснокнижных растений Воронежской области, среди которых степные виды составляют большую половину. Этот массив включает сведения о документальной регистрации редких сосудистых растений начиная с 1769 по 2021 гг. Преобразование двух разрозненных текстовых БД в единую пространственную с визуализацией местонахождений на картографической основе позволило рассмотреть охраняемые виды в пространственной перспективе.

Для создания пространственной БД использован ГИС-пакет QGIS. С его помощью для каждого краснокнижного вида растения создан векторный слой с дальнейшим нанесением местонахождений (одному местонахождению соответствует одна точка на карте, если для одного местонахождения имелись сведения разных лет, то в таблицу слоя вносились наиболее современные и точно привязанные к местности). После создания 237 векторных слоев они были преобразованы в единую БД, включившую сведения о 6149 местонахождениях (рис. 1).

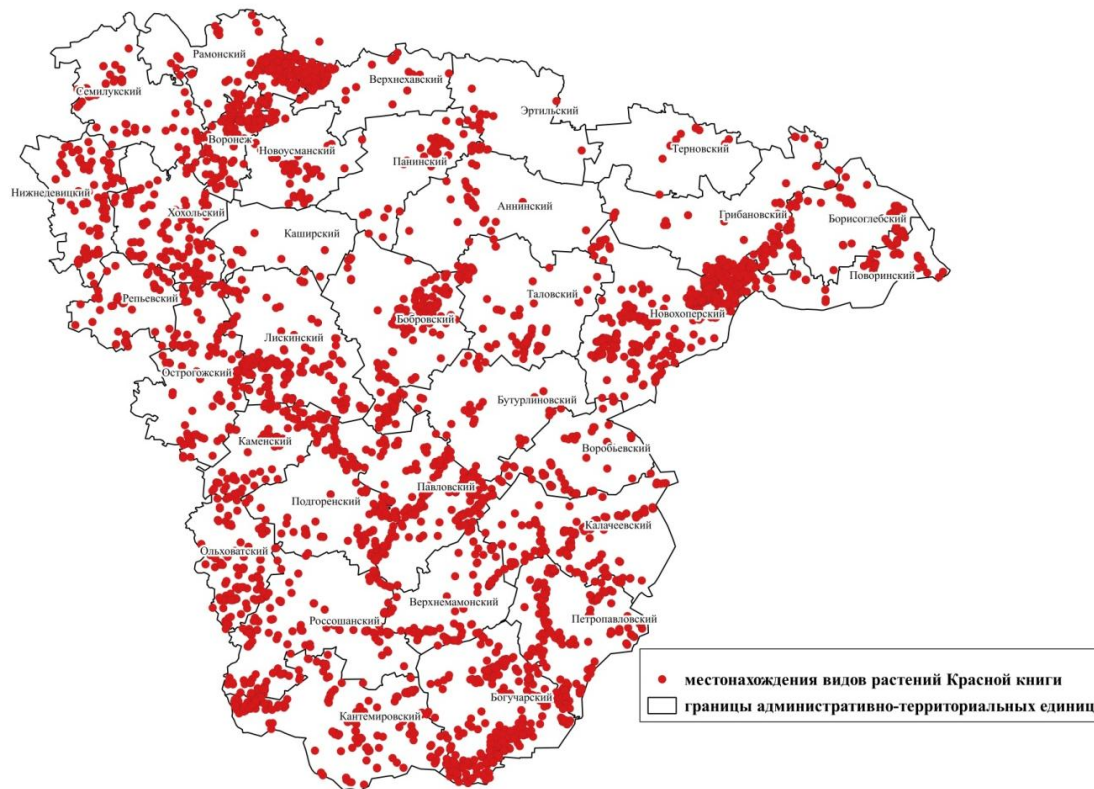


Рисунок 1 – Пространственное размещение находок видов растений Красной книги Воронежской области

В ходе нанесения местонахождений для обеспечения точности их географической привязки использовались следующие источники:

- 1) карты Open Street Map (слои OSM Standart, OSM Landscape, Yandex Satellite и др.);
- 2) Яндекс Карты <http://www.yandex.ru/maps/>;
- 3) Викимапия <http://www.wikimapia.org>;
- 4) ЭтоМесто <http://www.etomesto.ru> (топографические карты Воронежской области);
- 5) публикации с описаниями и координатами конкретных местонахождений.

Все местонахождения, вошедшие в пространственную базу данных, распределены по 4 категориям:

0 – точка поставлена условно. Данные источника позволяют сделать привязку только к административно-территориальной единице области. В этом случае наносились лишь те местонахождения, которые являются единственными для административно-территориальной единицы. Всего нанесено 102 точки.

1 – точка поставлена приблизительно. В источнике дано название населенного пункта, а в некоторых случаях и местообитание. Всего нанесено 2984 точки.

2 – точка поставлена точно. Из источника известны название населенного пункта, название урочища, местообитание. Всего нанесена 2291 точка.

3 – точка нанесена по географическим координатам. Всего нанесено 772 точки.

Очевидно, что созданная БД субъективна и требует дальнейшего совершенствования. При нанесении точек 0 и 1 категории, ввиду отсутствия подробной географической привязки местонахождений, приходилось руководствоваться собственным пониманием экологических предпочтений видов растений. В некоторых случаях приведенные в источниках координаты оказывались неточными или неверными, поэтому приходилось менять категорию точек. Кроме того, по мере проведения в будущем проверки различных таксономических групп специалистами, вероятно, будут переопределены некоторые гербарные образцы и изменена систематическая принадлежность ряда таксонов.

При отборе источников данных для пространственной БД не был учтен важный интернет ресурс – международные БД биологического разнообразия iNaturalist и GBIF. Хотя, в некоторых случаях их сведения заметно расширяют представления ученых о распространении редких видов в регионе, тем не менее, по ряду причин на первом этапе заполнения БД от них пришлось отказаться. Причин несколько, среди них ограничения пользователей на использование их наблюдений в научных целях по условию выбранной лицензии, недостоверная идентификация ряда таксонов, неточная, с погрешностью более 100 метров, или неверная геопривязка, а для GBIF еще и отсутствие фотографий объекта наблюдений. Все это осложняет работу по отбору подходящих наблюдений и повышает ее трудоемкость.

Результаты и обсуждение

В данной статье на примере видов рода *Stipa*, занесенных в Красную книгу Воронежской области (2019), нами предпринята попытка сравнить число местонахождений краснокнижных ковылей, указанных в БД «Охраняемые сосудистые растения Воронежской области» и социальной сети iNaturalist. Ковыли являются средообразователями степных ландшафтов, их регистрация в новых местонахождениях позволяет точнее определить современное распределение степных территорий в границах региона.

Во флоре Воронежской области числится 6 видов ковылей, занесенных в региональную Красную книгу – *Stipa dasyphylla* (Czern. ex Lindem.) Trautv., *S. lessingiana* Trin. et Rupr., *S. pennata* L. s.l., *S. pulcherrima* C. Koch, *S. tirsia* Stev и *S. zaleskii* Wilensky s.l. Все их местонахождения, известные из «Кадастра...» и «Охраняемых...», добавлены в пространственную БД. В общей сложности на долю ковылей приходится 491 строка БД, которые распределяются между видами так: *S. pennata* – 214 местонахождений, *S. lessingiana* – 101, *S. zaleskii* – 55, *S. pulcherrima* – 51, *S. dasyphylla* – 37, *S. zaleskii* – 33.

Для получения сопоставимого массива данных из iNaturalist была проведена выгрузка файла, содержащего сведения о роде *Stipa*, в формате CSV (текстовый формат, предназначенный для представления табличных данных). Затем в QGIS выполнена ревизия содержания таблицы: исключены все наблюдения *S. capillata* L., наблюдения, имевшие ограничения на использование в научных целях, а также погрешность географической привязки 100 метров и более. В результате получили пространственную БД на 187 строк.

Отметим, что все наблюдения предварительно внимательно просматривались авторами на iNaturalist, проводилась их идентификация и критическая оценка метаданных.

Для рода *Stipa* обычно проблематично определение видовой принадлежности по фотографии. Учитывая, что большинство наблюдений выполнены простыми любителями природы (гражданскими учеными), которым не знакомы ключевые морфологическими признаками, позволяющие точно определить вид ковыля, то число наблюдений, имеющих идентификацию только до рода, сравнительно высоко – 47. Более того, некоторые идентификации не могут быть точными, т.к. на фотографии отражен только общий вид растения, а мелкие морфологические признаки не заметны. Тем не менее, все наблюдения выполнены в период плодоношения ковылей, и на каждой фотографии отчетливо видны длинные опушенные ости, характерные только для ковылей из списка Красной книги области. Таким образом, в первом случае мы имеем БД, структурированную по видовой принадлежности, во втором – по родовой, но лишь для краснокнижных ковылей. Для удобства сравнения мы обобщили первую БД по примеру второй. Результат сравнения показан на карте (рис. 2).

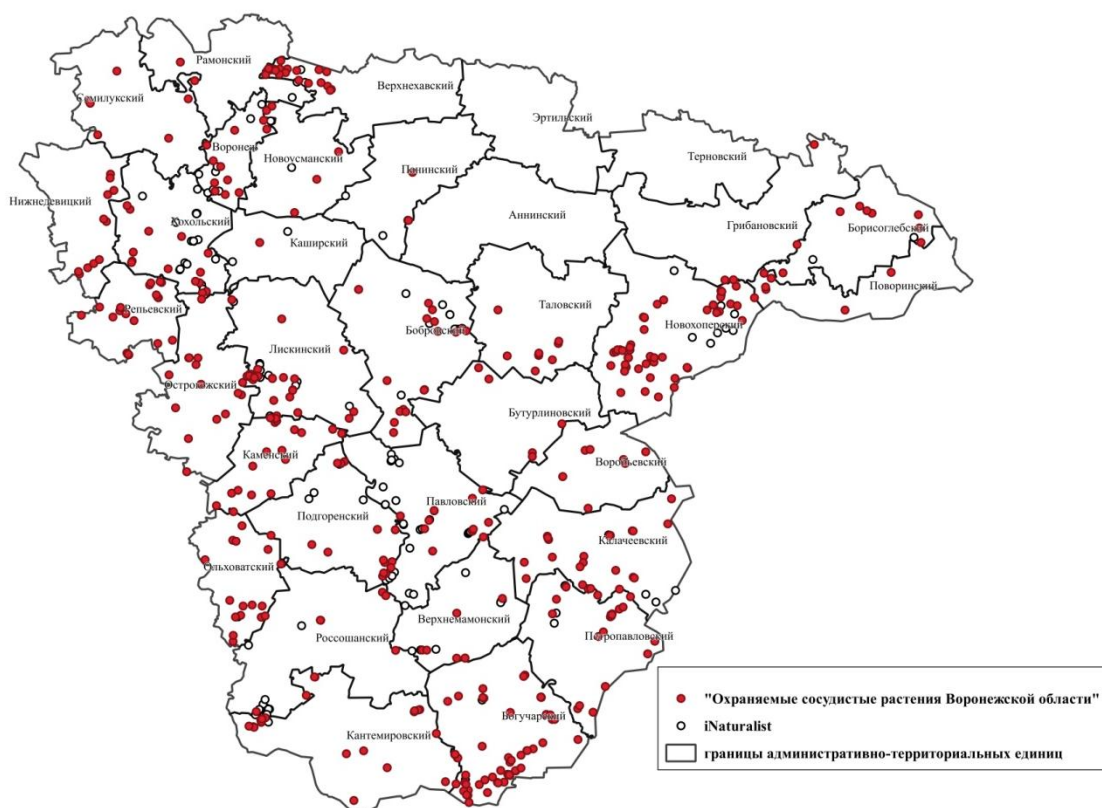


Рисунок 2 – Распространения видов рода *Stipa* по сведениям региональной базы данных «Охраняемые сосудистые растения Воронежской области» и социальной сети iNaturalist

Выводы

Обращает на себя внимание, что на карте отсутствуют находки краснокнижных ковылей в Аннинском, Эртильском и Терновском районах, а на большей части соседних Верхнехавского, Каширского, Новоусманского Панинского, Таловского и Грибановского районов ковыли также не отмечены. С точки зрения физико-географического районирования эта территория попадает в пределы двух физико-географических районов: центрального плоскоместного типичного лесостепного и южного Битюго-Хоперского типичного

лесостепного [5]. Эти районы отличаются слабым врезом эрозионной сети по отношению к высшим точкам водоразделов, кроме территорий в пределах неотектонических поднятий.

Для центрального плоскоместного типичного лесостепного района характерен специфический лощинно-плоскоместный тип рельефа, характеризующийся развитием обширных слабодренированных пространств, слабым горизонтальным (менее 0,7 км/км²) и вертикальным (менее 20 м) расчленением, преобладанием лощинного звена над другими звеньями гидрографической сети, почти полным отсутствием оврагов, слабовыраженными придолинными и прибровочными склонами междуречий (с уклоном 3-4° и более).

Южный Битюго-Хоперский типичный лесостепной район имеет преимущественно оформленный плоско-волнистый рельеф междуречий с негустой сетью лощинно-балочных систем и единичными оврагами. Местами отмечаются слабые неотектонические поднятия.

В доагрикультурный период на этих территориях господствовали разнотравно-луговые степи, сочетающиеся с осиновыми и осиново-дубовыми лесами, однако сегодня все они подверглись распашке. Степные сообщества в сильно измененном виде сохранились только по неудобьям – на крутых склонах, по днищам лощин и западным плоскоместьям с повышенным распространением засоленных почв. Кроме высокой антропогенезации, приведшей к деградации степных ландшафтов, отметим, что Аннинский, Эртильский и Терновский районы относятся к числу наименее изученных в ботаническом отношении в области. Их систематическое обследование почти наверняка позволит выявить новые местонахождения видов рода *Stipa*.

Большая концентрация местонахождений видов рода *Stipa* хорошо заметна севернее города Воронеж, на землях Воронежского государственного биосферного заповедника им. В.В. Пескова. Территория заповедника занята Усманским бором, и лишь небольшие по площади открытые участки с песчаным субстратом становятся убежищем для ковылей. Тем не менее, многолетний флористический мониторинг позволил здесь задокументировать многочисленные местонахождения видов рода *Stipa*, преимущественно *S. pennata*. Схожая картина наблюдается и для Хоперского государственного природного заповедника, 90 % территории которого покрывают леса, пойменные луга и озера, а доля степных ландшафтов ничтожна.

Общий обзор карты распространения видов рода *Stipa* позволяет сделать вывод, что основной вклад в отражение локалитетов ковылей дает БД «Охраняемые сосудистые растения Воронежской области». Большинство же местонахождений, зарегистрированных на iNaturalist, совпадают с ранее известными и внесенными в БД. Но для ряда муниципальных районов области, например, Хохольского и Павловского, вклад гражданских ученых с iNaturalist существенный. Выявленные ими новые локалитеты ковылей служат сигналом для специалистов о необходимости детального обследования урочищ, где они зарегистрированы. При планировании полевых маршрутов профессиональными учеными они обязательно должны в них включаться.

Список литературы

1. Гмелин С.Г. Путешествие по России для исследования трех царств естества. Ч. I. Путешествие из Санкт-Петербурга до Черкаска, главного города донских козаков в 1768 и 1769 годах. Пер. с нем. 2-ое изд. Спб.: Имп. Акад. наук, 1806. 272 с.
2. Красная книга Воронежской области. Т. 1: Растения. Лишайники. Грибы. в 2 т. / под ред. В.А. Агафонова. Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2018. 412 с.
3. Кадастр сосудистых растений, охраняемых на территории Воронежской области / под ред. В.А. Агафонова. Воронеж: Цифровая полиграфия, 2019. 440 с.

4. Щербаков А.В., Григорьевская А.Я., Владимиров Д.Р., Субботин А.С., Мирошникова А.А., Якименко О.В., Фатин С.Н. Охраняемые сосудистые растения Воронежской области. Воронеж: Изд-во «Цифровая полиграфия», 2021. 446 с.

5. Эколого-географические районы Воронежской области / под ред. Ф.Н. Милькова. Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1996. 216 с.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 24.10.2022

Принята к публикации 12.12.2022

DISTRIBUTION OF THE GENUS STIPA SPECIES OF THE VORONEZH OBLAST RED BOOK ACCORDING TO THE REGIONAL DATABASE “THE PROTECTED VASCULAR PLANTS OF VORONEZH OBLAST” AND SOCIAL NETWORK INATURALIST

D. Vladimirov, A. Grigorievskaya

Voronezh State University, Russia, Voronezh

e-mail: kvint_88@mail.ru

The paper describes some possibilities for the usage of the spatial database “The protected vascular plants of Voronezh oblast” created by the Department of Geography, Geo-Ecology, and Tourism (Voronezh State University) faculty. The authors briefly consider materials underlying the created database, features of its creation and structure, and explain why it did not include information from the international iNaturalist and GBIF databases. The second part of the publication attempts to compare the number of localities of the genus *Stipa* species from the Red Book of Voronezh oblast indicated in the database “The Protected vascular plants of Voronezh oblast” and the iNaturalist social network.

Key words: biodiversity, feather grass, spacial database, vascular plants, Red Book, Voronezh oblast, protected species.

References

1. Gmelin S.G. Puteshestvie po Rossii dlya issledovaniya trekh tsarstv estestva. Ch. I. Puteshestvie iz Sankt-Peterburga do Cherkasska, glavnogo goroda donskikh kozakov v 1768 i 1769 godakh. Per. s nem. 2-oe izd. Spb.: Imp. Akad. nauk, 1806. 272 s.

2. Krasnaya kniga Voronezhskoi oblasti. T. 1: Rasteniya. Lishainiki. Griby. v 2 t. pod red. V.A. Agafonova. Voronezh: Tsentr dukhovnogo vozrozhdeniya Chernozemnogo kraja, 2018. 412 s.

3. Kadastr sosudistykh rastenii, okhranyaemykh na territorii Voronezhskoi oblasti. pod red. V.A. Agafonova. Voronezh: Tsifrovaya poligrafiya, 2019. 440 s.

4. Shcherbakov A.V., Grigor'evskaya A.Ya., Vladimirov D.R., Subbotin A.S., Miroshnikova A.A., Yakimenko O.V., Fatin S.N. Okhranyaemye sosudistye rasteniya Voronezhskoi oblasti. Voronezh: Izd-vo “Tsifrovaya poligrafiya”, 2021. 446 s.

5. Ekologo-geograficheskie raiony Voronezhskoi oblasti. pod red. F.N. Mil'kova. Voronezh: Izd-vo Voronezhskogo universiteta, 1996. 216 s.

Сведения об авторах:

Дмитрий Романович Владимиров

К.г.н., доцент кафедры рекреационной географии, страноведения и туризма,
Воронежский государственный университет

ORCID 0000-0002-8401-7816

Dmitry Vladimirov

Candidate of Geographical Sciences, Assistant Professor, the Department of Recreational,
Regional Geography and Tourism, Voronezh State University

Анна Яковлевна Григорьевская

Д.г.н., профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды,
Воронежский государственный университет

ORCID 0000-0002-4342-9566

Anna Grigorievskaya

Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Geo-Ecology and
Environmental Monitoring, Voronezh State University

Для цитирования: Владимиров Д.Р., Григорьевская А.Я. Распространение видов рода *Stipa* Красной книги Воронежской области по сведениям региональной базы данных «Охраняемые сосудистые растения Воронежской области» и социальной сети iNaturalist // Вопросы степеведения. 2022. № 4. С. 76-82. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-76-82

СЦЕНАРИЙ ЭВОЛЮЦИИ ДИКИХ ЛОШАДЕЙ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Б.Ю. Кассал

ВОО «Русское географическое общество», Омское региональное отделение, Россия, Омск
e-mail: BY.Kassal@mail.ru

В среднем-позднем плейстоцене видообразование в роду Лошади происходило в периоды межледниковий; вымирание видов происходило в периоды оледенений. Для большинства видов лошадей имеются подтверждения этой закономерности палеонтологическими находками. Лошади ряда видов были устойчивы к неблагоприятным условиям среды обитания в периоды оледенений, периодически перенося их на протяжении десятков/сотен тыс. лет. Средняя продолжительность жизни видов лошадей в течение среднего-позднего плейстоцена – голоцена Северной Евразии составила $353,13 \pm 3,11$ тыс. лет.

Ключевые слова: плейстоцен, Северная Евразия, род Лошади, вид, эволюция.

Введение

Недавние результаты исследования генома подтверждают монофилию рода Лошади *Equus* (L., 1758) и указывают на его возникновение около 4,0-4,5 млн лет назад [1]. Около 2,5 млн лет назад представители рода *Equus* переправились из Америки через Берингию в Евразию [2-3]. Виды рода Лошади на протяжении всего плейстоцена (2580 – 11,7 тыс. лет назад) и голоцена (11,7 тыс. лет назад – н.в.) были обязательным компонентом териофауны открытых пространств Северной Евразии – тундростепей, лесостепей, степей [4-5], полупустынь и (при наличии оазисов) пустынь [6-7]. Глобальные изменения климата Северной Евразии, имевшие циклическую природу, определили особенности эволюционного процесса в развитии рода Лошади.

Цель работы: выявить сценарий эволюции диких лошадей Северной Евразии на протяжении последнего миллиона лет.

Материалы и методы

Хроностратиграфическая шкала (для Западной Сибири) дана по [8-9]. Видовые таксономические оценки и основные эволюционные связи лошадей приняты по [10-11]. Время существования в хронологии эволюции лошадей определено по возрасту палеонтологических находок, что дает временные ориентиры появления и исчезновения определенных видов, но не точное время. Отсутствие достаточного количества репрезентативных палеонтологических выборок анатомических и иных останков диких лошадей плейстоцена определяет предположительность некоторых элементов их эволюции. В коллаже использованы материалы Internet свободного доступа [12].

Место исследования. Северная часть континента Евразия представляет собой череду платформ и тектонических плит, сформированных в периоды Архея, Протерозоя и Палеозоя. Северная Евразия характеризуется делением на природно-климатические зоны [13]. По центру Евразии расположен обширный степной регион – Евразийская Великая степь, который простирается от Восточной Европы почти до берегов Тихого океана. На севере через Тургайскую ложбину, Ишимскую степь, Барабинскую низменность и Кулундинскую равнину степные районы переходят в тайгу Западно-Сибирской равнины [14].

Результаты и обсуждение

На территории Северной Евразии известно бывшее обитание видов/подвидов диких лошадей рода *Equus*, существовавших совместно или разделенных во времени и пространстве (рис. 1).

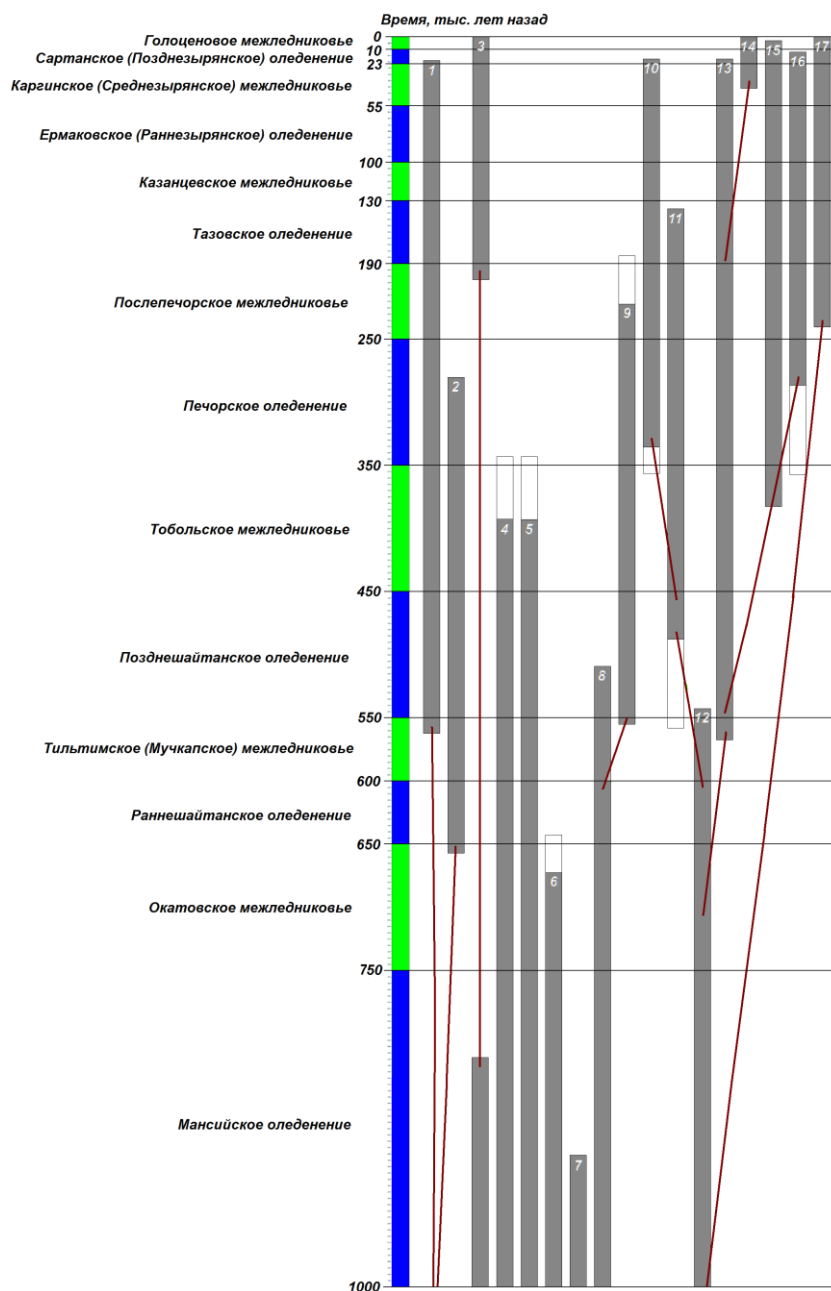


Рисунок 1 – Хронология эволюционного процесса лошадей среднего-позднего плейстоцена и голоцена Северной Евразии (по данным И.Е. Кузьминой [11])

Примечание: Хроностратиграфическая шкала (для Западной Сибири) дана по [8-9]. Чередование периодов оледенений и межледниковий указано цветом. Длительность существования видов показана серыми столбцами; дополнительная гипотетическая – прозрачными. Основные эволюционные связи видов указаны коричневыми линиями. Цифрами указаны виды: 1 – Плейстоценовый осел; 2 – Древняя лошадь; 3 – Кулан; 4 – Сиваликская лошадь; 5 – Намадийская лошадь; 6 – Гиппарионовидная лошадь; 7 – Санменская лошадь; 8 – Сюзсенборнская лошадь, лошадь Веры Громовой; 9 – Лошадь Валериана Громова; 12 (11, 10) – Мосбахская лошадь (Лошадь Абели; Галльская лошадь); 13 – Широкопалая лошадь; 14 – Древняя кабаллоидная лошадь, Тарпан; 15 – Уральская лошадь; 16 – Ленская лошадь; 17 – Лошадь Пржевальского.

Ливенцовская лошадь *E. (Allohippus) livenzovensis* (Bajgusheva, 1978) и Лошадь Стенона *E. (A.) stenonis* (Cocchi, 1867) в составе четырех подвидов – номинативного *E. (A.) s. stenonis* (Cocchi, 1867); Лошади Вирети *E. (A.) s. vireti* (Prat, 1964); Сенезской лошади *E. (A.) s. senezensis* (Prat, 1964); Памирской лошади *E. (A.) s. pamirensis* (Sharapov, 1986) = *bactrianus* (Vangengeim et al., 1988), – вымерли до наступления Мансийского оледенения ранее 1000 тыс. лет назад.

Санменская лошадь *E. (Hemionus) sanmeniensis* (Teilhard de Chardin et Piveteau, 1930) прекратила свое существование в апогее Мансийского оледенения (1000-750 тыс. лет назад), ~850 тыс. лет назад. Немногим позже, ~800 тыс. лет назад, прервалась палеонтологическая история Кулана *E. (H.) hemionus* (Pallas, 1775), восстановившаяся лишь спустя 600 тыс. лет, причем по времени это совпало с окончанием Послепечорского межледниковья (205-190 тыс. лет назад), и проявившаяся восемь известными подвидами, которые к настоящему времени либо уже вымерли, либо находятся в состоянии вымирания: Западный кианг *E. (H.) h. kiang* (Moorcroft, 1841); Индийский кулан *E. (H.) h. khur* (Lesson, 1827); Казахстанский кулан *E. (H.) h. finschi* (Matschie, 1911); Монгольский кулан, джигитай *E. (H.) h. hemionus* (Pallas, 1775); Непальский кианг *E. (H.) h. polydon* (Hodson, 1847); Онагр, иранский (туркменский) кулан *E. (H.) h. onager* (Boddaert, 1785); Северо-восточный кианг *E. (H.) h. holdereri* (Matschie, 1911); Сирийский кулан *E. (H.) h. hemippus* (J. Geoffroy, 1855).

Гипарионовидная лошадь *E. (Vekuahippus) hipparionoides* (Vekua, 1960) существовала до наступления Раннешайтанского оледенения (650-600 тыс. лет назад) и вымерла в его начале, после 650 тыс. лет назад. Сюссенборнская лошадь *E. (Allohippus) sussenbornensis* (Wiist, 1901), в составе двух ее известных подвидов – номинативного *E. (A.) s. sussenbornensis* (Wiist, 1901) и лошади Веры Громовой *E. (A.) s. verae* (Sher, 1971), – дожила до середины Позднешайтанского оледенения (550-450 тыс. лет назад), но до этого, в конце Тильтимского (Мучкапского) межледниковья (600-550 тыс. лет назад) дав эволюционную ветвь – Лошадь Валериана Громова *Equus (Allohippus) valeriani* (Gromova, 1946), которая существовала до начала Тазовского оледенения (190-130 тыс. лет назад), хотя палеонтологические находки показывают исчезновение вида в середине Послепечорского оледенения (250-190 тыс. лет назад).

Сиваликская лошадь *E. (Allohippus) sivalensis* (Falconer et Cautley, 1849) и Намадийская лошадь *E. (A.) namadicus* (Falconer, 1849) имеют очень длительную палеонтологическую историю, начавшуюся до наступления Мансийского оледенения (1000-750 тыс. лет назад) и закончившуюся в начале Печорского оледенения (350-250 тыс. лет назад), хотя палеонтологические находки показывают вымирание этих видов в середине Тобольского межледниковья (450-350 тыс. лет назад).

Появление Древней лошади *E. (Allohippus) altidens* (Reichenau, 1915) приходится на окончание Окатовского межледниковья (750-650 тыс. лет назад), ее существование продлилось до второй половины Печорского оледенения, до ~280 тыс. лет назад.

В конце Тильтимского (Мучкапского) межледниковья (600-550 тыс. лет назад) появился Плейстоценовый осел *E. (Asinus) hydruntinus* (Regalia, 1907), просуществовавший до начала Сартанского (Позднезырянского) оледенения (23-10 тыс. лет назад).

Появившаяся до начала Мансийского оледенения (1000-750 тыс. лет назад) Мосбахская лошадь *E. (Equus) mosbachensis* (Reichenau, 1903) в составе двух известных подвидов – номинативного *E. (E.) m. mosbachensis* Reichenau, 1903) и Северо-восточной лошади *E. (E.) m. nordostensis* (Russanov, 1968), – существовала до начала Позднешайтанского оледенения (550-450 тыс. лет назад), последовательно эволюционировала: в направлении Лошади Абели *E. (E.) m. abeli* (Antonius, 1913), существовавшей до конца Тазовского оледенения (190-130 тыс. лет назад), и Галльской лошади *E. (E.) m. gallicus* (Prat, 1968), вымершей лишь в середине Сартанского (Позднезырянского) оледенения (23-10 тыс. лет назад); по линии Широкопалой лошади *Equus (Equus) latipes* (Gromova, 1949), появившейся в конце Тильтимского (Мучкапского)

межледниковья (600-550 тыс. лет назад). В генетическом разнообразии евразийских лошадей выделяется довольно разнообразный кластер с позднего плейстоцена до III тысячелетия до н. э. объединяющий широкопалых лошадей [15], для которых к настоящему времени известно три подвида – номинативный *E. (E.) l. latipes* (Gromova, 1949); Хозарская лошадь *E. (E.) l. chosaricus* (Gromova, 1949); Восточная лошадь *E. (E.) l. orientalis* (Russanov, 1968); а также, возможно, Уссурийская лошадь *Equus (Equus) dalianensis* (Zhou, Sun, Xu, Li, 1985), систематическое положение которой не вполне понятно [16] (рис. 2).

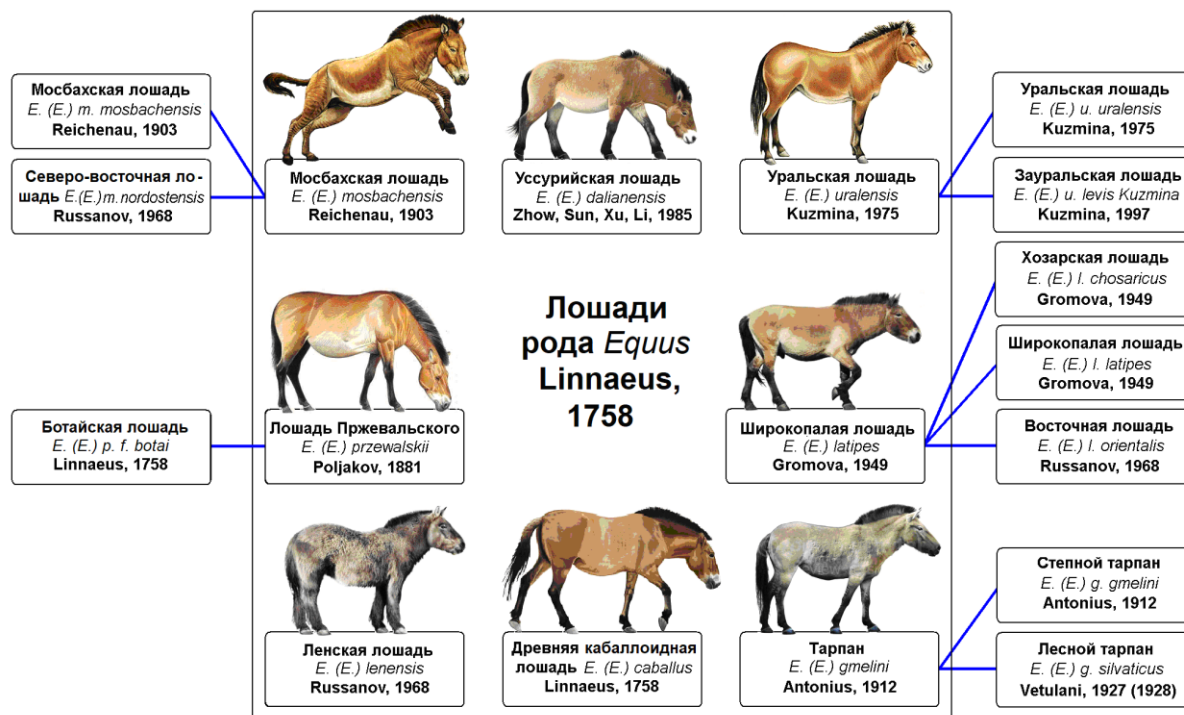


Рисунок 2 – Систематика лошадей рода *Equus* среднего-позднего плейстоцена и голоцена Северной Евразии, по [10-11, 17]

Примечание: В квадрате показаны виды, за пределами – подвиды, их принадлежность указана синими линиями.

На Урале во второй половине Тобольского межледниковья (350-450 тыс. лет назад) возникла Уральская лошадь *E. (Equus) uralensis* (Kuzmina, 1975), несколько позже разделившаяся на два подвида – номинативный *E. (E.) u. uralensis* (Kuzmina, 1975) и Зауральскую лошадь *E. (E.) u. levis* (Kuzmina, 1997); лошади Зауральского подвида распространились на Западно-Сибирскую равнину. Уральская лошадь дожила до середины Голоценового межледниковья (10 тыс. лет назад – н.в.). Несколько позже Уральской лошади появилась Ленская лошадь *E. (Equus) lenensis* (Russanov, 1968), хотя ее наиболее ранние палеонтологические находки относятся лишь к середине Печорского оледенения (250-350 тыс. лет назад); этот вид существовал более 250 тыс. лет и вымер в середине – конце Сартанского (Позднезырянского) оледенения; кластер евразийских лошадей, относимый к виду Ленская лошадь, наиболее сильно отличается от остальных в генетическом разнообразии [18], не имея отношения к якутской домашней лошади.

В середине Каргинского (Среднезырянского) межледниковья было предпринято несколько попыток одомашнивания лошадей, включая одомашнивание ослов *Asinus* (Frisch, 1775) и куланов *Hemionus* (Stehlin et Graziosi, 1935). Одомашнивание в причерноморско-каспийских степях между реками Урал и Днепр (в нижнем течении Волги и Дона) в III тысячелетии до н. э. Древней кабаллоидной лошади *E. (Equus) caballus* (Linnaeus, 1758) привело к появлению Домашней кабаллоидной лошади, с отличными от предковой определяющими морфологическими и иными признаками [19-20]. В генетическом

разнообразии евразийских лошадей выделяется кластер (DOM2) всех современных домашних лошадей и почти всех евразийских лошадей с 2,2 тыс. лет до н.э. [21], что дает основание для предположения о возможности поглотительного скрещивания с Домашней кабаллоидной лошадью остатков популяций диких лошадей еще существовавших видов.

В качестве самостоятельного вида Лошадь Пржевальского *Equus (Equus) przewalskii* (Poljakov, 1881) оформилась лишь в Послепечорское межледниковье (250-190 тыс. лет назад) и дожила до настоящего времени, сохранившись в резерватах, но полностью исчезнув в природной среде. Попытка одомашнивания одного из подвидов Лошади Пржевальского – ботайской лошади *E. (E.) p. f. botai* (L., 1758) оказалась кратковременной и неудачной: в относительно короткие сроки она была вытеснена Домашней кабаллоидной лошадью и вымерла (вероятно, была съедена одомашнивателями за дальнейшей ненужностью при большей покладистости особей иного вида – кабаллоидной лошади [22-23]). В генетическом разнообразии евразийских лошадей кластер лошадей Пржевальского (и лошадей энеолитической ботайской культуры IV тыс. лет до н.э.) выделяется, будучи совершенно не родственен современным домашним лошадям [17, 24-26].

К настоящему времени существует генетически обоснованное положение о том, что Тарпан *E. (Equus) gmelini* (Antonius, 1912) в составе двух подвидов – Степного тарпана *E. (E.) g. gmelini* (Antonius, 1912) и Лесного тарпана *E. (E.) g. silvaticus* (Vetulani, 1927 (1928)), – был древним естественным гибридом Домашней кабаллоидной лошади и дикой Широкопалой лошади, дожившим до XIX в. [27].

Обсуждение. Из появившихся в течение последнего миллиона лет лошади 11 видов сформировались в межледниковья (Галльская лошадь; Древняя кабаллоидная лошадь, Тарпан; Древняя лошадь; Кулан; Ленская лошадь; Лошадь Абели; Лошадь Валериана Громова; Лошадь Пржевальского; Плейстоценовый осел; Уральская лошадь; Широкопалая лошадь): из них для 8 видов имеются палеонтологические подтверждения этого факта; для 3 видов – пока нет. 9 видов лошадей из 17 (53 %) вымерли в ледниковые периоды (Гиппарионовидная лошадь; Санменская лошадь; Древняя лошадь; Лошадь Абели; Лошадь Валериана Громова; Мосбахская лошадь; Намадийская лошадь; Сиваликская лошадь; Сюссенборнская лошадь, Лошадь Веры Громовой): из них для 5 видов имеются палеонтологические подтверждения этого факта; для 4 видов – нет (рис. 3).

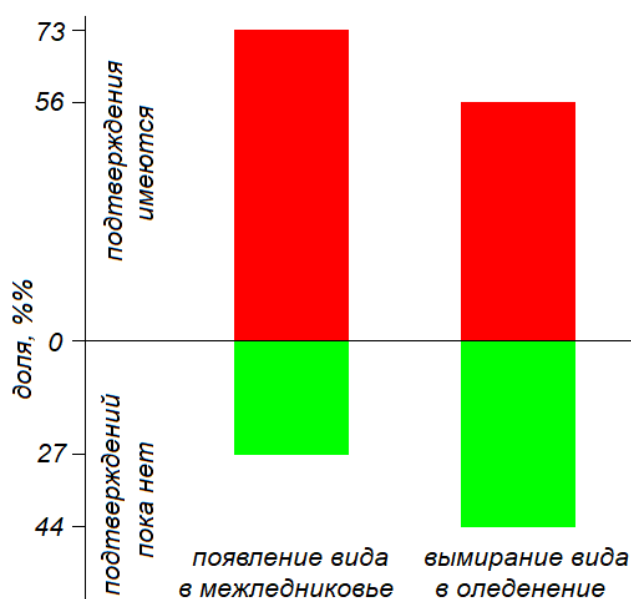


Рисунок 3 – Соотношение подтвержденных / неподтвержденных палеонтологическими находками фактов появления и вымирания видов лошадей рода *Equus* в климатических периодах среднего-позднего плейстоцена Северной Евразии

Еще 7 видов (41 % из 17) (Галльская лошадь; Древняя кабаллоидная лошадь, Тарпан; Ленская лошадь; Лошадь Пржевальского (в природной среде); Плейстоценовый осел; Уральская лошадь; Широкопалая лошадь) были уничтожены в течение Сарганского (Позднезырянского) оледенения и Голоценового межледниковья при непосредственном участии первобытных охотников [28-30]. Однако значение роли человека неандертальского *Homo neanderthalensis*, денисовского *H. denisovensis*, разумного *H. sapiens* в процессе сокращения численности и вымирании лошадей обитавших в Северной Евразии видов остается дискуссионной. Кулан еще выживает (6 %), хотя большая часть его подвидов находится на грани вымирания [31]; Домашняя кабаллоидная лошадь, в видовом отношении процветавшая до середины XX в., к настоящему времени также пережила свой численный максимум [32-33]. Средняя продолжительность жизни вида лошади, появившегося и исчезнувшего в течение среднего-позднего плейстоцена – голоцена Северной Евразии (включая Дикую кабаллоидную лошадь, Тарпана), составила $353,13 \pm 3,11$ тыс. лет.

Бесспорно то, что в подавляющем большинстве случаев видообразование в роде Лошади начиналось с окончанием очередного периода оледенения и началом следующего за этим межледникового периода. В социальном и территориальном отношении лошади – относительно консервативные животные. Широкая норма реакции и высокая адаптивность к сезонным, многолетним и многовековым изменениям условий среды обитания определили заселение обширных территорий. На этапах климатических перитурбаций условия обитания лошадей существовавших видов изменялись [34-35], их улучшение приводило к увеличению численности и распространенности. Нахождение представителей вида в новых для себя условиях обитания вызывало развитие соответствующих адаптаций, закрепляющихся в процессе естественного отбора, с изменением поведения, физиологии, морфологии особей в ряду поколений. Это стимулировало процессы формирования подвидов и, на протяжении десятков тыс. лет эволюционного процесса – появления новых видов [36].

Высокое сходство анатомии, физиологии и поведения лошадей разных видов, обитавших в среднем-позднем плейстоцене – голоцене Северной Евразии, определяло возможности межвидовой гибридизации и появления плодовитого потомства. Возможное массовое наличие межвидовых гибридов лошадей Северной Евразии, по своим морфологическим показателям не выходящим за пределы нормы реакции отдельных видов, крайне затрудняет таксономическую дифференциацию ископаемых останков диких лошадей. Однако этот аспект требует специального исследования и, при отсутствии полноценного генетического анализа ископаемых останков спорной видовой принадлежности, остается умозрительным.

Выводы

1. В среднем-позднем плейстоцене видообразование в роду Лошади происходило в периоды межледниковий; вымирание видов происходило в периоды оледенений. Для большинства видов лошадей имеются подтверждения этой закономерности палеонтологическими находками.

2. Лошади ряда видов были устойчивы к неблагоприятным условиям среды обитания в периоды оледенений, периодически перенося их на протяжении десятков/сотен тыс. лет. Средняя продолжительность жизни вида лошади в течение среднего-позднего плейстоцена – голоцена Северной Евразии составила $353,13 \pm 3,11$ тыс. лет.

3. Вследствие антропогенного воздействия в течение Сарганского (Позднезырянского) оледенения и Голоценового межледниковья не выжила лошадь ни одного дожившего до этого времени вида, кроме Кулана и Домашней кабаллоидной лошади.

Список литературы

1. Cirilli O., Pandolfi L., Rook L., Bernor R.L. Evolution of Old World Equus and origin of the zebra-ass clade // *Scientific Reports*. 2021. vol. 11(1): 10156. DOI:10.1038 s41598-021-89440-9.
2. Кожевников Ю.П., Железнов-Чукотский Н.К. Берингия: история и эволюция. М.: Наука, 1995. 383 с.
3. Weinstock J., Willerslev E., Sher A., Tong W., Ho S.Y.W., Rubenstein D., Storer J., Burns J., Martin L., Bravi C., Prieto A., Froese D., Scott E., Xulong L., Cooper A. Evolution, systematics, and phylogeography of Pleistocene horses in the New World: a molecular perspective // *PLOS Biology*. 2005. vol. 3(8). e241. DOI: 10.1371/journal.pbio.0030241.
4. Бондарев А.А., Кассал Б.Ю. История и перспективы развития териофауны Среднего Прииртышья // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2009. № 6(100). С. 86-88.
5. Бондарев А.А., Кассал Б.Ю. Основные тенденции развития фауны крупных млекопитающих в неоплейстоцене Среднего Прииртышья // *Проблемы экологии: чтения памяти проф. М.М. Кожова: тез. докл. междунар. науч. конф. и междунар. школы для молод. учен. Иркутск*, 2010. С. 125.
6. Флеров К.К. Основные черты формирования фауны млекопитающих четвертичного периода в северном полушарии // *Труды Комиссии по изучению четвертичного периода*. Т. 12. 1955. С. 121-126.
7. Zimov S.A., Chuprynin V.I., Oreshko A.P., Chapin F.S., Reynolds J.F., Chapin M.C. Steppe-tundra transition: a herbivore-driven biome shift at the end of the Pleistocene // *The American Naturalist*. 1995. vol. 146(5). pp. 765-794.
8. Архипов С.А. Хронология геологических событий позднего плейстоцена Западной Сибири // *Геология и геофизика*. 1997. Т. 38. № 1. С. 1863-1884.
9. Волкова В.С., Хазина И.В., Бабушкин А.Е. Стратиграфия плейстоцена Западной Сибири и палеоклиматическая шкала // *Квартер-2005: Материалы IV Всерос. совещания по изучению четвертичного периода*. Сыктывкар: ГЕОПРИНТ, 2005. С. 77-78.
10. Громова В.И. История лошадей (рода Equus) в Старом Свете // *Тр. Палеонт. ин-та АН СССР*. 1949. Т. 17. Ч. 1. 373 с.
11. Кузьмина И.Е. Лошади Северной Евразии от плиоцена до современности / *Труды зоологического института*. Т. 273. СПб.: ЗИН, 1997. 224 с.
12. Лошади: изображения. [Электронный ресурс]. URL: <http://pixabay.com/ru/images/search/лошади/> (дата обращения: 05.09.2022).
13. Вдовин В.В., Мизеров Б.В., Николаев В.А., Архипов С.А. Западно-Сибирская равнина: история развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1970. 279 с.
14. Eurasian Steppes. Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World / Editors: M.J.A. Werger, M.A. van Staalduin. Dordrecht, Netherland. Springer Science+Business Media B.V. 2012. 568 p. DOI: 10.1007/978-94-007-3886-7.
15. Piras F.M., Nergadze S.G., Poletto V., Cerutti F., Ryder O.A., Leeb T., Raimondi E., Giulotto E. Phylogeny of Horse Chromosome 5q in the Genus Equus and Centromere Repositioning // *Cytogenetic and Genome Research*. 2009. vol. 126(1-2). pp. 165-172.
16. Cai D., Zhuowei T., Lu H., Camilla F.S., Dongya Y.Y., Xiaolin M., Jian'en C., Hong Z., Hui Z. Ancient DNA provides new insights into the origin of the Chinese domestic horse // *Journal of Archaeological Science*. 2009. vol. 36 (3). pp. 835-842.
17. Goto H., Ryder O.A., Fisher A.R., Schultz B.P., Kosakovsky S.L., Nekrutenko A., Makova K.D. A massively parallel sequencing approach uncovers ancient origins and high genetic variability of endangered Przewalski's horses // *Genome Biology and Evolution*. 2011. vol. 3. pp. 1096-1106.
18. Librado P., Khan N., Fages A., Kusliy M.A., Suchan T., Tonasso-Calviere L. et al. The origins and spread of domestic horses from the Western Eurasian steppes // *Nature*. 2021. vol. 598. no. 7882. pp. 634-640.

19. Jansen T., Forster P., Levine M.A., Oelke H., Hurler M., Renfrew C., Weber J., Olek K. Mitochondrial DNA and the origins of the domestic horse // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002. vol. 99 (16). pp. 10905-10910.
20. Warmuth V., Eriksson A., Bower M.A., Barker G., Barrett E., Hanks B.K., Li S., Lomitashvili D., Ochir-Goryaeva M., Sizonov G.V., Soyonov V., Manica A. Reconstructing the origin and spread of horse domestication in the Eurasian steppe // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2012. vol. 109(21). pp. 8202-8206.
21. Machugh D.E., Larson G., Orlando L. Taming the past: Ancient DNA and the study of animal domestication // *Annual Review of Animal Biosciences*. 2016. vol. 5. pp. 329-351.
22. Кассал Б.Ю. Дикие копытные на степной территории Среднего Прииртышья // *Степной бюллетень*. 2014 (зима). № 40. С. 44-47.
23. Кассал Б.Ю. Дикие лошади Среднего Прииртышья // *Табунное коневодство на юге Средней Сибири: Материалы. науч.-практ. конф. Абакан, 2014*. С. 39-43.
24. Lau A., Lei P., Hiroki G., Chemnick L., Ryder O.A., Makova K.D. Horse Domestication and Conservation Genetics of Przewalski's Horse Inferred from Sex Chromosomal and Autosomal Sequences // *Mol. Biol. Evol.* 2009. vol. 26(1). pp. 199-208.
25. Outram A.K., Stear N.A., Bendrey R., Olsen S., Kasparov A., et al. The earliest horse harnessing and milking // *Science*. 2009. vol. 323(5919). pp. 1332-1335.
26. Sarkissian C. der., Ermini L., Schubert M., Yang M.A., Librado P., et al. Evolutionary genomics and conservation of the endangered Przewalski's horse // *Curr. Biol.* 2015. vol. 25(19). pp. 2577-2583.
27. Orlando L., Ginolhac A.L., Zhang G., Froese D., Albrechtsen A., Stiller M. et al. Recalibrating Equus evolution using the genome sequence of an early Middle Pleistocene horse // *Nature*. 2013. vol. 499(7456). pp. 74-78.
28. Кассал Б.Ю. Практика загонных групповых охот на берегах сибирских рек в плейстоцене // *Омский научный вестник. Серия «Общество. История. Современность»*. 2016. № 1. С. 38-48.
29. Кассал Б.Ю. Культура загонных групповых охот в традиционном обществе неолита // *Традиционные общества: неизвестное прошлое: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. Челябинск: Южно-Урал. гос. гуман.-пед. ун-т, 2019*. С. 220-228.
30. Кассал Б.Ю. Биотические условия плейстоценовой миграции человека разумного *Homo sapiens* на Западно-Сибирскую равнину // *Исторический курьер*. 2020. № 4(12). С. 6-19.
31. Кассал Б.Ю. «Осколки» плейстоценовой мегафауны в степях Среднего Прииртышья // *Степной бюллетень*. 2014 (осень). № 42. С. 45-51.
32. Кассал Б.Ю. Влияние развивающегося коневодства в Среднем Прииртышье на диких лошадей // *Современные достижения и актуальные проблемы в коневодстве: Сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. М.: ФГБНУ «ВНИИ коневодства», 2019*. С. 113-123.
33. Кассал Б.Ю. Развитие коневодства в Омской области // *Национальные приоритеты России*. 2019. № 2(33). С. 54-65.
34. Кассал Б.Ю. Голоценовое формирование териофауны Среднего Прииртышья // *Сохранение разнообразия животных и охотничье хозяйство России: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. М., 2019*. С. 189-191.
35. Кассал Б.Ю. Трансформация тундростепей Прииртышья и формирование голоценовой териофауны // *Естественные науки и экология: межвуз. сб. науч. тр. Ежегод. Омск: ОмГПУ, 2019*. С. 92-99.
36. Pocheville A. The Ecological Niche: History and Recent Controversies // *Handbook of Evolutionary Thinking in the Sciences / Editors: T. Heams, Ph. Huneman, G. Lecointre, M. Silberstein. Springer. Dordrecht. 2015*. pp. 547-586.

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 20.09.2022

Принята к публикации 12.12.2022

A SCENARIO OF THE EVOLUTION OF WILD HORSES OF NORTHERN EURASIA

B. Kassal

All-Russian nongovernment organization “Russian Geographical Society”, Omsk Regional Branch,
Russia, Omsk
e-mail: BY.Kassal@mail.ru

In the Middle-Late Pleistocene, speciation of the Horses genus occurred during interglacial periods; extinction of species happened during periods of glaciation. For most species of horses, this pattern was confirmed by paleontological finds. Horses of several species were resistant to adverse environmental conditions during periods of glaciation, periodically enduring them for tens/hundreds of thousands of years. The average lifespan of a horse species during the Middle-Late Pleistocene – Holocene of Northern Eurasia was 353.13 ± 3.11 thousand years.

Key words: Pleistocene, Northern Eurasia, kind of Horse, view, evolution.

References

1. Cirilli O., Pandolfi L., Rook L., Bernor R.L. Evolution of Old World Equus and origin of the zebra-ass clade. *Scientific Reports*. 2021. vol. 11(1): 10156. DOI:10.1038/s41598-021-89440-9.
2. Kozhevnikov Yu.P., Zheleznov-Chukotskii N.K. *Beringiya: istoriya i evolyutsiya*. M.: Nauka, 1995. 383 s.
3. Weinstock J., Willerslev E., Sher A., Tong W., Ho S.Y.W., Rubenstein D., Storer J., Burns J., Martin L., Bravi C., Prieto A., Froese D., Scott E., Xulong L., Cooper A. Evolution, systematics, and phylogeography of Pleistocene horses in the New World: a molecular perspective. *PLOS Biology*. 2005. vol. 3(8). e241. DOI: 10.1371/journal.pbio.0030241.
4. Bondarev A.A., Kassal B.Yu. *Istoriya i perspektivy razvitiya teriofauny Srednego Priirtysh'ya*. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2009. N 6(100). S. 86-88.
5. Bondarev A.A., Kassal B.Yu. *Osnovnye tendentsii razvitiya fauny krupnykh mlekopitayushchikh v neopleistotsene Srednego Priirtysh'ya*. *Problemy ekologii: chteniya pamyati prof. M.M. Kozhova: tez. dokl. mezhdunar. nauch. konf. i mezhdunar. shkoly dlya molod. uchen. Irkutsk*, 2010. S. 125.
6. Flerov K.K. *Osnovnye cherty formirovaniya fauny mlekopitayushchikh chetvertichnogo perioda v severnom polusharii*. *Trudy Komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda*. T. 12. 1955. S. 121-126.
7. Zimov S.A., Chuprynin V.I., Oreshko A.P., Chapin F.S., Reynolds J.F., Chapin M.C. Steppe-tundra transition: a herbivore-driven biome shift at the end of the Pleistocene. *The American Naturalist*. 1995. vol. 146(5). pp. 765-794.
8. Arkhipov S.A. *Khronologiya geologicheskikh sobytii pozdnego pleistotsena Zapadnoi Sibiri*. *Geologiya i geofizika*. 1997. T. 38. N 1. S. 1863-1884.
9. Volkova B.C., Khazina I.V., Babushkin A.E. *Stratigrafiya pleistotsena Zapadnoi Sibiri i paleoklimaticheskaya shkala. Kvarter-2005: Materialy IV Vseros. soveshchaniya po izucheniyu chetvertichnogo perioda*. Syktyvkar: GEOPRINT, 2005. S. 77-78.
10. Gromova V.I. *Istoriya loshadei (roda Equus) v Starom Svete*. *Tr. Paleont. in-ta AN SSSR*. 1949. T. 17. Ch. 1. 373 s.
11. Kuz'mina I.E. *Loshadi Severnoi Evrazii ot pliotsena do sovremennosti*. *Trudy zoologicheskogo instituta*. T. 273. SPb.: ZIN, 1997. 224 s.

12. Loshadi: izobrazheniya. [Elektronnyi resurs]. URL: [http:// pixabay.com>ru/images/search/loshadi/](http://pixabay.com>ru/images/search/loshadi/) (data obrashcheniya: 05.09.2022).
13. Vdovin V.V., Mizerov B.V., Nikolaev V.A., Arkhipov S.A. Zapadno-Sibirskaya ravnina: istoriya razvitiya rel'efa Sibiri i Dal'nego Vostoka. M.: Nauka, 1970. 279 s.
14. Eurasian Steppes. Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World / Editors: M.J.A. Werger, M.A. van Staaldin. Dordrecht, Netherland. Springer Science+Business Media B.V. 2012. 568 p. DOI: 10.1007/978-94-007-3886-7.
15. Piras F.M., Nergadze S.G., Poletto V., Cerutti F., Ryder O.A., Leeb T., Raimondi E., Giulotto E. Phylogeny of Horse Chromosome 5q in the Genus Equus and Centromere Repositioning. Cytogenetic and Genome Research. 2009. vol. 126(1-2). pp. 165-172.
16. Cai D., Zhuowei T., Lu H., Camilla F.S., Dongya Y.Y., Xiaolin M., Jian'en C., Hong Z., Hui Z. Ancient DNA provides new insights into the origin of the Chinese domestic horse. Journal of Archaeological Science. 2009. vol. 36 (3). pp. 835-842.
17. Goto H., Ryder O.A., Fisher A.R., Schultz B.P., Kosakovsky S.L., Nekrutenko A., Makova K.D. A massively parallel sequencing approach uncovers ancient origins and high genetic variability of endangered Przewalski's horses. Genome Biology and Evolution. 2011. vol. 3. pp. 1096-1106.
18. Librado P., Khan N., Fages A., Kusliy M.A., Suchan T., Tonasso-Calviere L. et al. The origins and spread of domestic horses from the Western Eurasian steppes. Nature. 2021. vol. 598. no. 7882. pp. 634-640.
19. Jansen T., Forster P., Levine M.A., Oelke H., Hurler M., Renfrew C., Weber J., Olek K. Mitochondrial DNA and the origins of the domestic horse. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2002. vol. 99(16). pp. 10905-10910.
20. Warmuth V., Eriksson A., Bower M.A., Barker G., Barrett E., Hanks B.K., Li S., Lomitashvili D., Ochir-Goryaeva M., Sizonov G.V., Soyonov V., Manica A. Reconstructing the origin and spread of horse domestication in the Eurasian steppe. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2012. vol. 109(21). pp. 8202-8206.
21. Machugh D.E., Larson G., Orlando L. Taming the past: Ancient DNA and the study of animal domestication. Annual Review of Animal Biosciences. 2016. vol. 5. pp. 329-351.
22. Kassal B.Yu. Dikie kopytnye na stepnoi territorii Srednego Priirtysh'ya. Stepnoi byulleten'. 2014 (zima). N 40. S. 44-47.
23. Kassal B.Yu. Dikie loshadi Srednego Priirtysh'ya. Tabunnoe konevodstvo na yuge Srednei Sibiri: Materialy. nauch.-prakt. konf. Abakan, 2014. S. 39-43.
24. Lau A., Lei P., Hiroki G., Chemnick L., Ryder O.A., Makova K.D. Horse Domestication and Conservation Genetics of Przewalski's Horse Inferred from Sex Chromosomal and Autosomal Sequences. Mol. Biol. Evol. 2009. vol. 26(1). pp. 199-208.
25. Outram A.K., Stear N.A., Bendrey R., Olsen S., Kasparov A., et al. The earliest horse harnessing and milking. Science. 2009. vol. 323(5919). pp. 1332-1335.
26. Sarkissian C. der., Ermini L., Schubert M., Yang M.A., Librado P., et al. Evolutionary genomics and conservation of the endangered Przewalski's horse. Curr. Biol. 2015. vol. 25(19). pp. 2577-2583.
27. Orlando L., Ginolhac A.L., Zhang G., Froese D., Albrechtsen A., Stiller M. et al. Recalibrating Equus evolution using the genome sequence of an early Middle Pleistocene horse. Nature. 2013. vol. 499(7456). pp. 74-78.
28. Kassal B.Yu. Praktika zagonnykh gruppovykh okhot na beregakh sibirskikh rek v pleistotsene. Omskii nauchnyi vestnik. Seriya "Obshchestvo. Istoriya. Sovremennost". 2016. N 1. S. 38-48.
29. Kassal B.Yu. Kul'tura zagonnykh gruppovykh okhot v traditsionnom obshchestve neolita. Traditsionnye obshchestva: neizvestnoe proshloe: materialy XV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Chelyabinsk: Yuzhno-Ural. gos. guman.-ped. un-t, 2019. S. 220-228.

30. Kassal B.Yu. Bioticheskie usloviya pleistotsenovoi migratsii cheloveka razumnogo Homo sapiens na Zapadno-Sibirskuyu ravninu. Istoricheskii kur'er. 2020. N 4(12). S. 6-19.
31. Kassal B.Yu. "Oskolki" pleistotsenovoi megafauny v stepyakh Srednego Priirtysh'ya. Stepnoi byulleten'. 2014 (osen'). N 42. S. 45-51.
32. Kassal B.Yu. Vliyanie razvivayushchegosya konevodstva v Srednem Priirtysh'e na dikikh loshadei. Sovremennye dostizheniya i aktual'nye problemy v konevodstve: Sb. dokl. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: FGBNU "VNIИ konevodstva", 2019. S. 113-123.
33. Kassal B.Yu. Razvitie konevodstva v Omskoi oblasti. Natsional'nye priority Rossii. 2019. N 2(33). S. 54-65.
34. Kassal B.Yu. Golotsenovoe formirovanie teriofauny Srednego Priirtysh'ya. Sokhranenie raznoobraziya zhyvotnykh i okhotnich'e khozyaistvo Rossii: materialy VIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M., 2019. S. 189-191.
35. Kassal B.Yu. Transformatsiya tundrostepei Priirtysh'ya i formirovanie golotsenovoi teriofauny. Estestvennye nauki i ekologiya: mezhvuz. sb. nauch. tr. Ezhegod. Omsk: OmGPU, 2019. S. 92-99.
36. Pocheville A. The Ecological Niche: History and Recent Controversies. Handbook of Evolutionary Thinking in the Sciences. Editors: T. Heams, Ph. Huneman, G. Lecointre, M. Silberstein. Springer. Dordrecht. 2015. pp. 547-586.

Сведения об авторах:

Борис Юрьевич Кассал
 К.вет.н., доцент, ВОО «Русское географическое общество», Омское региональное отделение
 ORCID 0000-0001-8797-9597
 Boris Kassal
 Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, All-Russian nongovernment organization "Russian Geographical Society", Omsk Regional Branch

Для цитирования: Кассал Б.Ю. Сценарий эволюции диких лошадей Северной Евразии // Вопросы степеведения. 2022. № 4. С. 83-93. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-83-93

ОЦЕНКА ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ АРМЕНИИ С УЧЕТОМ СОДЕРЖАНИЯ В НИХ РАДИОНУКЛИДОВ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ

Р.Э. Авалян, А.Л. Атоянц, Э.А. Агаджанян, Р.М. Арутюнян
Ереванский госуниверситет, НИИ «Биология», Армения, Ереван
e-mail: re_avalayan@mail.ru

Проведено биотестирование уровня генотоксичности и кластогенности почвенных образцов с территории Арагацкого плато и Араратской равнины с применением тест-системы волосков тычиночных нитей (Трад-ВТН) и микроядерного теста (Трад-МЯ) модельного тест-объекта традесканции (клон 02) в системе почва-растение. Показано максимальное достоверное повышение уровня генетических эффектов в почвенном варианте Rg-At-17 с низким содержанием ^{137}Cs . Проведен корреляционный анализ зависимости генетических эффектов от удельной активности радионуклидов в изученных почвенных образцах.

Ключевые слова: биотестирование, модельный тест-объект, радионуклиды, загрязнение почвы, система почва-растение.

Введение

Изучение влияния антропогенных и техногенных факторов на природные экосистемы в настоящее время является особенно актуальным. Длительное поступление в них как естественных, так и искусственных радионуклидов может привести к формированию зон с повышенным радиационным фоном и, как следствие, к нежелательным экологическим рискам [1, 2].

Территория Армянского нагорья и современной Армении играет ключевую роль в процессах миграции и распределения долгоживущих радионуклидов на Южном Кавказе благодаря своему географическому положению и особенностям ландшафта. В Республике Армения исследования техногенных радионуклидов в окружающей среде актуальны по ряду причин: географическому положению, обуславливающему подверженность глобальным радиоактивным выпадениям высокогорных территорий, наличию атомно-энергетического комплекса и др. В связи с этим весьма важным является изучение эколого-генетических эффектов радионуклидного загрязнения природных территорий в целях выяснения уровня существующих техногенных рисков.

За последнее время на территории Армении усилиями ученых Центра эколого-ноосферных исследований проводится радиоэкологический мониторинг живых систем и почвы с территорий Арагацкого плато, загрязненных долгоживущими радионуклидами [3-7]. В целях биоиндикации радиоактивных загрязнений, территории, содержащие долгоживущие природные и техногенные радионуклиды, требуют проведения не только радиоэкологического мониторинга, но и биотестирования с привлечением чувствительных тест-систем. Среди большого количества биосистем для обнаружения генетических эффектов ксенобиотиков окружающей среды, в том числе и при радиационно-химическом загрязнении, растительные тест-системы являются наиболее чувствительными.

По данным литературы показано использование в качестве биоиндикаторной системы обнаружения действия ксенобиотиков среды и радиационного фона растений гетерозиготного клона 02 традесканции, обладающего высокой чувствительностью к индукции мутаций даже при низких уровнях мутагенов и радиации. В целях биоиндикации система волосков тычиночных нитей (ВТН) клона 02 традесканции первоначально

применялась как чувствительная радиобиологическая тест-система и, в связи с этим, было проведено большое количество работ по изучению действия различных физических мутагенов (в том числе и ионизирующих излучений) на традесканцию [8-15].

Для скрининга ксенобиотиков окружающей среды клон 02 традесканции является удобной тест-системой и обладает рядом преимуществ: высокой чувствительностью к действию ксенобиотиков, пригодностью для обнаружения как газообразных, так и водорастворимых мутагенов, возможностью проводить исследования в условиях *in situ*, нетребовательностью растений – при проведении вегетационного эксперимента легко выращиваются в тепличных условиях и не требуют стерильных условий, а также – возможностью одновременного изучения мутаций как в соматических, так и в спорогенных клетках на одних и тех же растениях, что является важной особенностью данной тест-системы (рис. 1).

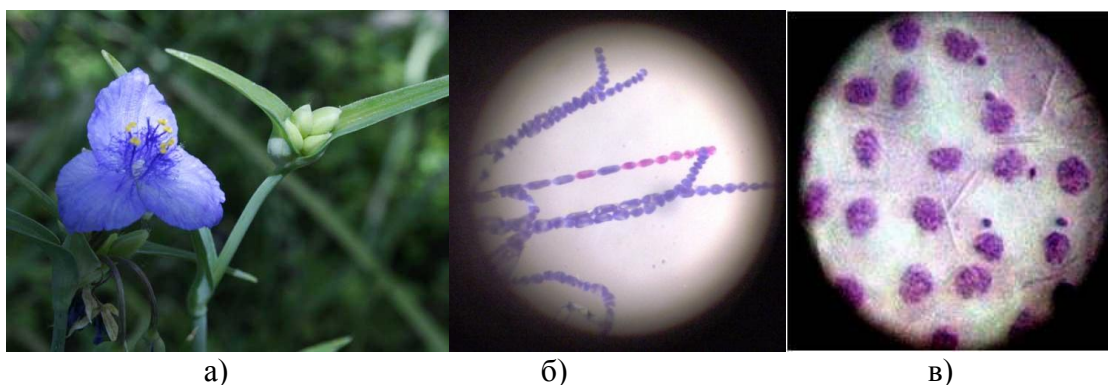


Рисунок 1 – Общий вид клона 02 традесканции (а) и генетические параметры (б – точковые мутации (розовые); в – микроядра в тетрадах микроспор)

В настоящее время традесканция широко используется при биотестировании уровня генотоксичности воздуха, воды и почвы, а также – любых химических мутагенов и радиоактивных выбросов от АЭС. Наша исследовательская группа имеет многолетний опыт (1986-2021 гг.) применения этой тест-системы для оценки действия антропогенных загрязнителей, водной и почвенной среды, а также почвы в регионе Армянской АЭС [16-17].

Целью настоящей работы явилось биотестирование уровня мутагенности почв территории Арагацского плато с учетом содержания в них долгоживущих природных (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) и техногенного (^{137}Cs) радионуклидов с использованием тест-системы волосков тычиночных нитей (Трад-ВТН), а также – микроядерного теста (Трад-МЯ) модельного тест-объекта традесканции (клон 02) в системе почва-растение.

Материалы и методы

В качестве объекта наших исследований использовали растения модельного тест-объекта традесканции (клон 02). Для определения уровня генотоксичности исследуемых почвенных образцов применяли тест-систему волосков тычиночных нитей (тест Трад-ВТН), где в качестве маркерных тест-критериев изучали частоту появления рецессивных мутаций (розовые мутационные события – РМС), генетически неопределенных (бесцветные – БМС) в волосках тычиночных нитей цветка данного клона, а также – карликовых (невыживших – НВ) и разветвленных волосков (РВ). Кроме того фиксировались различные морфологические нарушения цветка (уменьшение числа тычинок, лепестков венчика, различные фасциации цветка).

При проведении вегетационного эксперимента в системе почва-растение растения традесканции выращивались в вазонах с исследуемыми образцами почв в тепличных условиях. На каждый вариант было проанализировано по 10-17 тыс. ВТН. Культивирование

растений традесканции, учет мутационных событий (МС) и морфологических нарушений цветка проводили в среднем на 1000 волосков по общепринятой международной методике [18].

Применение теста Трад-МЯ позволяет фиксировать появление хромосомных aberrаций (ацентрические фрагменты или отстающие хромосомы), которые регистрируются в виде микроядер (МЯ) на стадии тетрад при нарушении процесса микроспорогенеза под воздействием различных техногенных факторов.

При тестировании кластогенных эффектов с применением теста Трад-МЯ цветочные бутоны на ранней стадии развития фиксировали в ацеталкоголе (3 : 1). Готовились временные ацетокарминовые препараты по стандартной методике [19]. Для каждого варианта анализировалось по 3000 тетрад. При тестировании с применением данного теста учитывались два маркерных тест-критерия: процент образования микроядер в тетрадах и процент тетрад с микроядрами. Оба используемых биотеста (Трад-ВТН и Трад-МЯ) входят в Международную программу по растительным тестам (IPРВ) под эгидой ООН (ЮНЕП) по окружающей среде [20].

В качестве материала для исследования были использованы 12 почвенных образцов с территории южного склона Арагацкого массива и северной части прилегающей к нему Араратской долины, отличающиеся разным уровнем содержания радионуклидов (рис. 2). Почвенные образцы и данные о загрязнении почв (удельная активность) природными – ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и техногенным (^{137}Cs) радионуклидами были предоставлены Центром эколого-ноосферных исследований НАН РА. В качестве условно фонового (контроля) образца использовали почвенную пробу из теплицы ЕГУ. Все почвенные пробы были соответственно маркированы.

Образцы верхнего горизонта (0-10 см) природных почв отбирались по высоте шагом в 200 м от 900 до 3200 м над уровнем моря. Почвенные образцы анализировались на низкофоновой гамма-спектрометрической установке с коаксиальным HPGe детектором, программным обеспечением Genie 2000 и LabSOCS (Canberra).

Таблица 1 – Удельная активность радионуклидов (Бк/кг) и тип почвы изученных образцов

Образец почвы	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	Высота над ур.м. (м)	Тип почвы
Rg-At-17	36,65	30,30	879,00	13,14	1000	Лугово-сероземная полупустынная
Rg-At-18	40,81	47,80	830,70	60,27	1200	Горно-луговая коричневая
Rg-At-19	33,87	37,30	800,00	31,59	1400	Горно-луговая коричневая
Rg-At-20	38,84	43,80	908,80	119,16	1600	Горно-луговая черноземовидная
Rg-At-21	27,59	39,70	706,50	40,62	1800	Горно-луговая черноземовидная
Rg-At-22	44,75	49,60	950,00	120,38	2000	Горно-луговая черноземовидная
Rg-At-23	26,43	41,50	634,00	77,65	2200	Горно-луговая степная
Rg-At-24	26,13	38,00	673,50	80,87	2400	Горно-луговая
Rg-At-25	29,27	51,40	650,70	29,80	2600	Горно-луговая
Rg-At-26	34,97	41,60	673,00	74,26	2800	Горно-луговая дерновая
Rg-At-27	45,11	51,40	872,60	129,97	3000	Горно-луговая дерновая
Rg-At-28	24,46	36,80	792,00	350,00	3200	Горно-луговая дерновая
Контроль	20,1	30,1	36,7	8,0	900	Горно-степная каштановая

На основании проведенных геохимических исследований удельная активность природных радионуклидов во всех почвенных образцах изменялась в диапазоне: ^{226}Ra 24,5-45,1 Бк/кг; ^{232}Th 30,3-51,4 Бк/кг; ^{40}K 634-950 Бк/кг; техногенного – ^{137}Cs 13,1-350 Бк/кг. В условно фоновой почвенной пробе из теплицы ЕГУ также определялось содержание исследуемых радионуклидов, удельная активность которых составила по ^{226}Ra – 20,1 Бк/кг; по ^{232}Th – 30,1 Бк/кг; по ^{40}K – 36,7 Бк/кг; по ^{137}Cs – 8,0 Бк/кг (табл. 1). Удельная

поверхностная активность ^{137}Cs в почве по высоте колебалась в пределах 13,1-350,0 Бк/кг в зависимости от увеличения абсолютной высоты. Характер зонального распределения активности естественных радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) не наблюдался. В таблице 1 также представлены характерные типы почвы исследуемых почвенных образцов.

Для выявления интенсивности поглощения радионуклидов традесканции из почвы был проведен зольный анализ фитомассы растений и рассчитан коэффициент биологического поглощения (С), который отражает соотношение между содержанием изучаемого элемента (в данном случае радионуклидов) в почве и в наземной фитомассе растений [21].

Коэффициент биологического поглощения вычисляли по формуле: $C = C_p/C_n$, где C_p – содержание радионуклида в фитомассе (сухом веществе) растения; C_n – содержание (удельная активность) радионуклида в почвенном образце.

Все полученные результаты статистически обрабатывали с использованием компьютерной программы *Statgraphics Plus 2.1*.

Территорией исследования являлся южный склон Арагацкого массива и северная часть прилегающей Араратской долины (рис. 2). Горный массив Арагац представляет собой щитообразную возвышенность, покрытую вулканическими лавами. Гора имеет 4 вершины. Самая высокая из них – северная (4090 м над ур. моря), за ней следуют северо-западная (4080 м), восточная (3916 м) и южная (3879 м), которая является самой низкой и представляет большой интерес для исследований, т.к. легкодоступна и граничит с северной территорией Араратской равнины.



Рисунок 2 – Массив Арагац и южный склон Арагацкого массива

На территории Армении характерными естественными ландшафтами являются: полупустыни, сухие степи, умеренно влажные леса и альпийские луга. Для Араратской равнины характерны полупустынные и низменные солончаково-луговые ландшафты. В пределах Арагацкого массива по мере увеличения высоты чаще встречаются горно-степные, горно-лесные и, на вершине Арагаца, – субальпийские и альпийские ландшафты. В геологической основе на Арагацком горном массиве преобладают базальты, андезиты, туф и туфобрекчия. По мере уменьшения высоты тип почвы регулярно меняется от горно-лугового до степного, затем – коричневого, а в пределах Араратской долины – полупустынного коричневого. На восточной и в районе выхода коренных пород юго-восточных склонах наблюдается каменистый почвенный покров. Типы местной растительности также меняются по мере перепада высот: от луговой и степной луговой (альпийская и субальпийская луговая растительность: разнотравье и злаковые) до выраженной степной (с преобладанием злаков) и полупустынных (эффемерная растительность). Среднее годовое количество осадков варьирует от 400 мм в пределах Араратской долины до 1000 мм на высоте 3200 м. Склоны массива Арагац довольно густонаселены. Находящиеся здесь субальпийские и альпийские луга используются местным населением как сезонные пастбища. Здесь также находятся

национальные исторические памятники Армении, зоны отдыха и множество туристических маршрутов, которые проходят через данный регион. По этой причине данное исследование является актуальным для республики в целях определения степени потенциальных техногенных рисков для населения.

Результаты и обсуждение

На основании данных биотеста Трад-ВТН по учету соматических мутаций у традесканции в целях определения уровня генотоксичности исследуемых почвенных образцов было показано достоверное повышение уровня розовых мутационных событий (РМС) в почвенных образцах Rg-At-17, Rg-At-18, Rg-At-19, Rg-At-22, Rg-At-23, Rg-At-26, и Rg-At-27, превосходящее значение условно фоновой частоты в 3-5 раз в зависимости от пробного варианта ($p < 0,001$). Максимальный уровень РМС наблюдался в почвенной пробе Rg-At-17 ($p < 0,001$), где ее значение превысило уровень фона в 5 раз (рис. 3а).

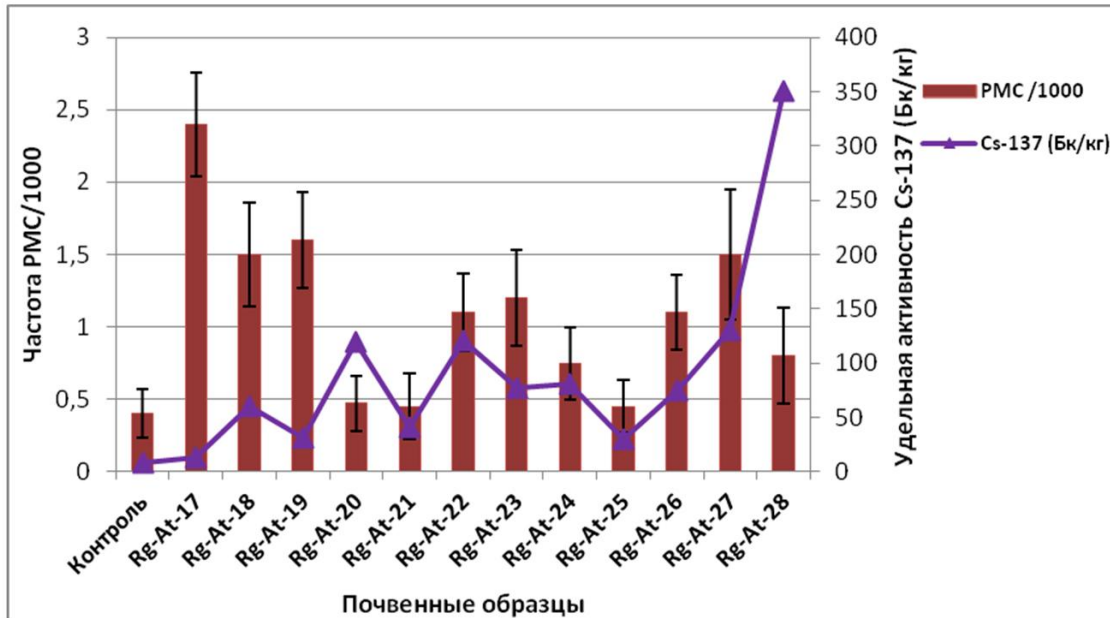
Определение уровня БМС в соматических клетках традесканции показало, что повышенная частота появления данных МС отмечалась в почвенных вариантах Rg-At-17, Rg-At-20, Rg-At-21, Rg-At-23 и Rg-At-26 и достоверно превышала условно фоновое значение в 1,5-2,5 раза в зависимости от почвенной пробы ($p < 0,01$). Наибольшая частота БМС наблюдалась в варианте Rg-At-23, где значение данного показателя превысило уровень фона в 2,5 раза ($p < 0,01$).

При проведении теста Трад-ВТН, помимо основных мутационных событий (РМС и БМС), затрагивающих соматические клетки традесканции, также отмечались морфологические изменения в волосках тычиночных нитей, среди которых часто встречались карликовые (невыжившие – НВ) волоски. Появление данного типа морфологических нарушений в ВТН традесканции рассматривается как дополнительный морфологический тест на выживаемость клеток в ВТН традесканции. Высокий уровень НВ был зафиксирован почти во всех образцах (кроме вариантов Rg-At-24 и Rg-At-28). Наибольшая частота данных нарушений отмечалась в вариантах Rg-At-17, Rg-At-19, Rg-At-21 и Rg-At-27, где значения НВ были достоверно выше фона в 2,5-3 раза, с максимальным уровнем в образце Rg-At-27 ($p < 0,01$). Увеличение данного типа нарушений может свидетельствовать о наличии в почвенных образцах токсичных компонентов, обладающих повышенной тератогенной активностью, приводящей к снижению выживаемости клеток ВТН традесканции.

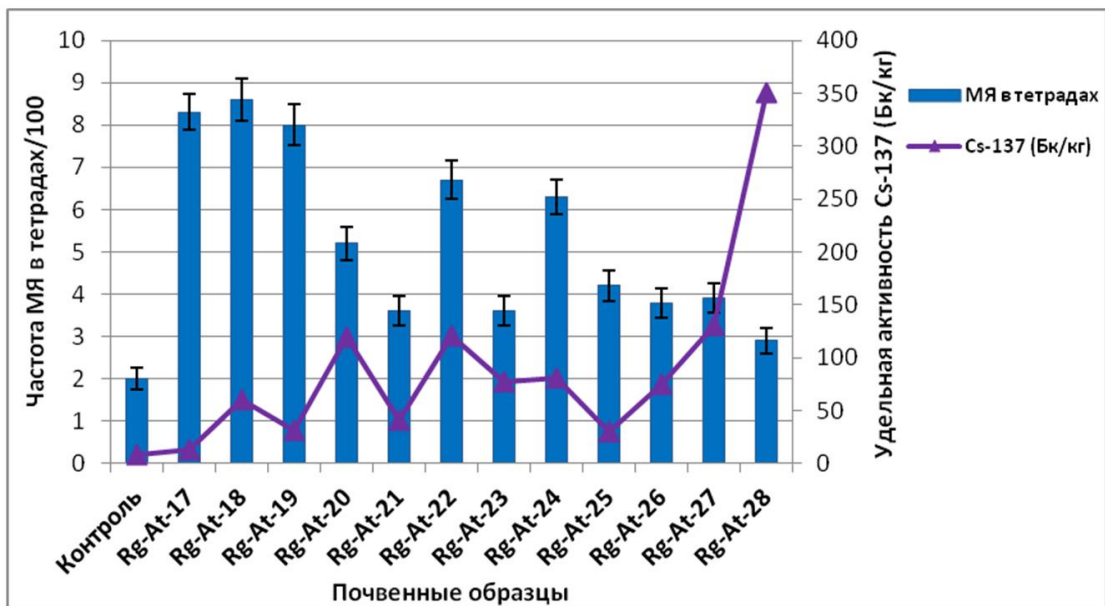
При определении уровня кластогенности исследуемых почвенных образцов с использованием микроядерного теста (Трад-МЯ) было показано достоверное повышение уровня обоих маркерных тест-критериев (МЯ в тетрадах и тетрады с МЯ) во всех почвенных образцах в 1,5-4 раза в зависимости от почвенной пробы по сравнению с условно фоновым уровнем. Максимальная частота МЯ наблюдалась в образце Rg-At-17 и превысила уровень фона в 4 раза ($p < 0,001$). Минимальный уровень обоих тест-критериев микроядерного теста был отмечен в варианте почвенной пробы – Rg-At-28, где значения изученных параметров были почти на уровне контроля (рис. 3б).

В данной работе характерным является тот факт, что на фоне общего повышения всех изученных параметров высокий уровень генетических эффектов (особенно, частоты РМС и процента МЯ) наблюдался в почвенном образце Rg-At-17 с низким содержанием цезия (13,1 Бк/кг), что согласуется с выводами, сделанными ранее об индукции высокой частоты мутаций малыми дозами цезия в модельных экспериментах на традесканции, при использовании твердых и жидких источников радионуклида [22]. Кроме того, по данным микроядерного теста, отмеченная минимальная частота встречаемости МЯ в тетрадах и тетрады с МЯ наблюдалась в варианте Rg-At-28 (рис. 3б) с наибольшей удельной активностью радиоцезия (350,0 Бк/кг). Рассматривая данную закономерность, нужно отметить, что при поступлении радионуклидов в растения значительная роль в этих процессах принадлежит

барьерно-регулирующей функции корневой системы, которая контролирует и регулирует поток ионов в растения, в том числе и не позволяет проникать ^{137}Cs в верхние репродуктивные части растения. Кроме того, известно, что на процесс накопления и перемещение радиоцезия из почвы в растение оказывают влияние тип и особенности почвы, а также кислотность среды.



(а)



(б)

Рисунок 3 – Частота точковых мутаций (а), процента микроядер (б) и удельная активность радиоцезия

В связи с тем, что по природным радионуклидам не было выявлено особых закономерностей в отношении индукции мутаций у традесканции, то в данной работе рассматриваются особенности учета только техногенного радионуклида – ^{137}Cs . В Армении предполагается наличие двух источников ^{137}Cs в сухих атмосферных выпадениях: глобальное выпадение от испытаний ядерного оружия, что остается в настоящее время значительным источником искусственных радионуклидов в окружающей среде, а также, – появление следов техногенных радионуклидов в результате аварии на Чернобыльской АЭС,

после которой некоторые радионуклиды были идентифицированы, благодаря благоприятным погодным условиям для переноса и выпадения их с осадками, в различных экологических компартментах сложного ландшафтного комплекса Армении, особенно, в высокогорных районах. На территории Араратской равнины в 40 км от массива Арагац находится действующая Армянская атомная электростанция (АЭС), а также хранилище средне- и низкоактивных ядерных отходов. На основании многолетнего мониторинга влияния выбросов АЭС на окружающую среду, ее вклад оказался ниже, чем земной естественной радиации и мировых глобальных выбросов. По итогам радиоэкологических исследований Арагацкого горного массива показано, что годовая эффективная доза от радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и ^{137}Cs) хотя и несколько превышает среднюю глобальную величину, однако индекс опасности внешнего облучения является незначительным [3-7].

При радиоэкологическом мониторинге территории исследования наблюдалось близкое к экспоненциальному неравномерное распределение радиоцезия. Как известно, в условиях сильно расчлененного горного рельефа имеет место накопление и переотложение радиоцезия в понижениях рельефа, на склонах, на дне ущелий, у подножья гор. Все это, наряду с неравномерностью выпадения осадков, может приводить к изменению дозовых нагрузок от ^{137}Cs на различных элементах ландшафта.

В данной работе также была определена корреляционная зависимость частоты маркерных критериев обоих тестов традесканции от содержания природных и техногенного радионуклидов в исследуемых почвенных образцах. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициент корреляции (r) между содержанием радионуклидов и генетическими параметрами

Радионуклид (Бк/кг)	Трад-ВТН тест			Трад-МЯ тест	
	РМС (рецессивные мутации)	БМС (бесцветные мутации)	НВ (невыжившие волоски)	МЯ в тетрадах	Тетрады с МЯ
Ra-226	0,42	-0,05	0,58	0,59	0,41
Th-232	-0,34	-0,26	0,24	-0,02	-0,19
K-40	0,34	0,05	0,24	0,59	0,44
Cs-137	-0,26	-0,06	-0,57	-0,36	-0,44

Исходя из данных таблицы, средняя положительная корреляция наблюдалась между изученными генетическими параметрами (РМС и МЯ) и удельной активностью радионуклидов ^{40}K и ^{226}Ra . Калий является одним из основных естественных радионуклидов в почвах и растениях и, по-видимому, обладает большей доступностью растениям, т.к. участвует в обменных процессах. Кроме того, среди изученных радионуклидов ^{40}K отличался наибольшим содержанием в почвенных образцах. Радий присутствует в природе в рассеянном состоянии и в почвах обладает наибольшей миграционной способностью, что, возможно, способствует его влиянию на биоту, в том числе, и на растения традесканции.

Известно, что наземные органы (фитомасса) растений с различной интенсивностью аккумулируют микроэлементы и тяжелые металлы из почвы. Для выявления интенсивности поглощения радионуклидов растением традесканции из почвы был проведен зольный анализ фитомассы растений и рассчитан коэффициент биологического поглощения (С), как отношение концентрации элемента в растении к содержанию элемента в почве. Как известно, при $C > 1$ химические компоненты накапливаются (аккумулируются) в растении, а при $C < 1$ – только захватываются.

По результатам зольного анализа в фитомассе растения традесканции, кроме ^{40}K , было обнаружено следовое присутствие радионуклидов (^{262}Ra , ^{232}Th , ^{137}Cs) ниже минимально допустимого уровня (< MDA).

Анализ полученных данных по определению коэффициента поглощения (С) радионуклида ^{40}K в фитомассе традесканции показал, что значение данного показателя находилось в пределах 0,001-0,003 в зависимости от почвенного образца и было достоверно ниже единицы ($p < 0,05$), что свидетельствует о том, что растения традесканции только захватывают, но не аккумулируют ионы ^{40}K . Наибольшее значение С ^{40}K по сравнению с другими вариантами отмечалось в образцах Rg-At-24 и Rg-At-25 (рис. 4).

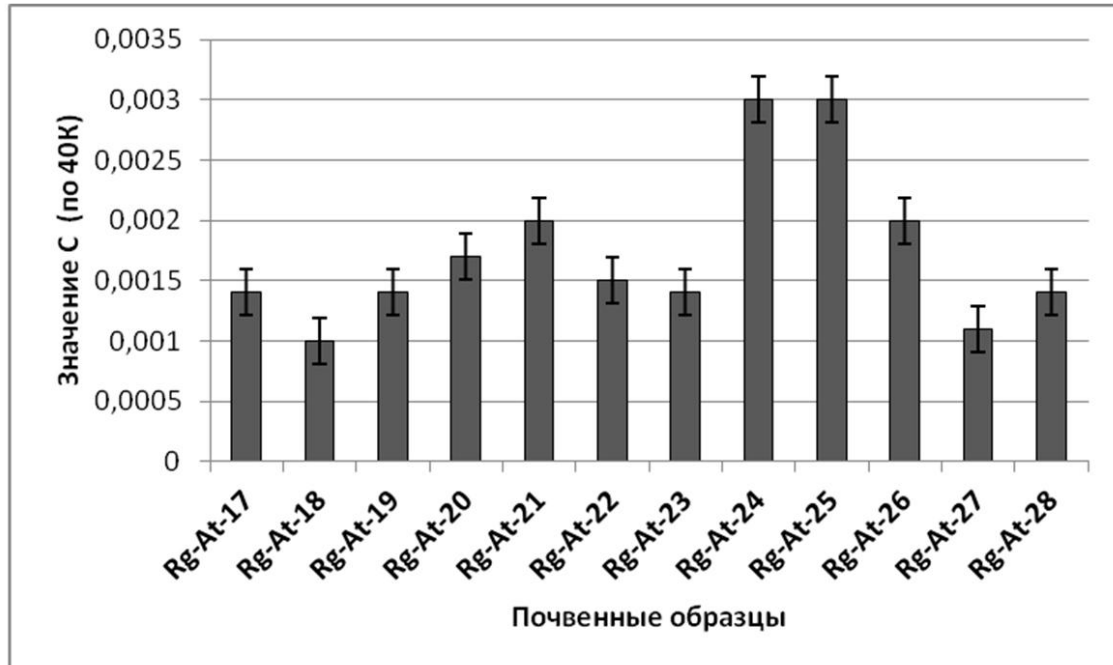


Рисунок 4 – Коэффициент биологического поглощения по ^{40}K

Данные зольного анализа подтверждают тот факт, что ^{40}K , как и его стабильные изотопы, необходимы растениям (в данном случае традесканции) для их нормального развития и метаболизма.

В данной работе представлены результаты суммарной оценки (аддитивный токсический эффект) степени генотоксичности и кластогенности исследуемых почвенных образцов с учетом только содержания радионуклидов, без данных основных геохимических показателей почвы (геохимический состав, тяжелые металлы (ТМ), органическое вещество, рН, гранулометрический состав, водно-физические свойства и др.). Возможно, в изученных почвенных образцах присутствуют и другие токсичные факторы/компоненты (тяжелые металлы и др.) или комбинации факторов, вызывающие повышенный уровень их генотоксичности. Для этого нужны дополнительные геохимические исследования, что планируется осуществить в дальнейшем.

Выводы

Впервые в Армении проведен радиационно-генетический мониторинг образцов почвы с территории Арагацкого плато и Араратской равнины на основе местного фона и базовой активности естественных природных и техногенного радионуклидов в системе почва-растение.

Представленные в работе результаты вегетационного эксперимента по изучению генотоксичности и кластогенности изученных почвенных образцов с применением биотестов клона 02 традесканции показали увеличение как частоты РМС (рецессивных мутаций), так и тест-критериев микроядерного теста (МЯ в тетрадах и тетрады с МЯ) во всех изученных

вариантах по сравнению с условно фоновым уровнем в зависимости от почвенной пробы. Наибольший уровень генетических эффектов отмечался в почвенном варианте Rg-At-17, отличающемся низкой удельной активностью радиоцезия. По результатам зольного анализа выявлено, что растения традесканции только захватывают, но не аккумулируют ионы ^{40}K .

Для более корректной оценки полученных результатов необходимо проведение детальных комплексных исследований по выявлению сопряженности генотоксических эффектов и процессов аккумуляции-трансформации токсичных компонентов (радионуклидов, ТМ и др.) в системе почва-растение.

На основании проведенных нами исследований при изучении экологического потенциала системы почва-растение с применением традесканции показана целесообразность использования биотестов Трад-ВТН и Трад-МЯ в целях биотестирования для адекватной оценки степени генотоксичности почв природных ландшафтов с учетом комплексного содержания в них радионуклидов.

Благодарности

Работа выполнена совместно с сотрудниками лаборатории радиоэкологии Центра эколого-ноосферных исследований НАН РА. Особую благодарность выражаем руководителю лаборатории, к.б.н. Беляевой Ольге за предоставленные материалы и ценные указания.

Список литературы

1. Водяницкий Ю.Н. Экоотоксикологическая оценка опасности тяжелых металлов и металлоидов в почве // *Агротехника*. 2012. № 2. С. 75-84.
2. Рихванов Л.П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиоэкологии. Томск: STT, 2009. 430 с.
3. Pyuskyulyan K., Atoyan V., Arakelyan V., Saghatelyan A. The net effect of the Armenian nuclear power plant on the environment and population compared to the background from global radioactive fallout. Dordrecht: Springer, 2008. pp. 125-131.
4. Pyuskyulyan K., Lamont S., Atoyan V., Belyaeva O., Movsisyan N., Saghatelyan A. Altitude-dependent distribution of ^{137}Cs in the environment: a case study of Aragats massif, Armenia. *Acta Geochimica*. 2020. vol. 39(1). pp. 121-132. DOI: 10.1007/s11631-019-00334-0.
5. Беляева О.А., Мовсисян Н.Э., Пюскульян К.И., Сагателян А.К. Распределение ^{137}Cs в почвах и сухих атмосферных выпадениях Арагацкого массива // *Известия НАН РА. Науки о Земле*. 2019. Т. 72. № 1. С. 57-66.
6. Belyaeva O.A., Pyuskyulyan K. Assessing environmental and human health effects of radioactive emissions and discharges from the Armenian NPP. *Issues of environmental security. Materials of international scientific conference of CSTO member states. CENS NAS RA. Yerevan*, 2016. pp. 49-56.
7. Авакян Р.М., Арутюнян Г.Г., Атоян В.А., Овсепян А.В., Пюскульян К.И., Чубарян Э.В. Исследование пространственного распределения ^{137}Cs в почве в районе размещения Армянской АЭС // *Известия НАН Армении. Физика*. 2009. Т. 44. № 1. С. 54-63.
8. Ichikawa S. Tradescantia stamen-hair system as an excellent botanical tester of mutagenicity: Its responses to ionizing radiations and chemical mutagens, and some synergistic effects found. *Mutation Research*. 1992. vol. 270. pp. 3-22.
9. Shima N., Ichikawa S. Mutagenic synergisms detected between dimethyl sulfate and X-rays but not found between N-methyl-N-nitrosourea and X-rays in the stamen hairs of Tradescantia clone BNL 4430. *Mutation Research*. 1995. vol. 331. pp. 79-87. DOI: 10.1016/0027-5107(95)00054-m.

10. Cesniene T., Kleizaite V., Ursache R., Zvingila D., Radzevicius A., Patamsyte J., Rancelis V. Soil-surface genotoxicity of military and urban territories in Lithuania, as revealed by *Tradescantia* bioassays. *Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen.* 2010. vol. 697(1-2). pp. 10-18.
11. Misík M., Krupitza G., Misíkova, K., Micieta, K., Nersesyan A., Kundi M., Knasmueller S. The *Tradescantia* micronucleus assay is a highly sensitive tool for the detection of low levels of radioactivity in environmental samples. *Environ. Pollut.* 2016. vol. 219. pp. 1044-1048. DOI: org/10.1016/j.envpol.2016.09.004.
12. Thewes M.R., Endres Junior D., Droste A. Genotoxicity biomonitoring of sewage in two municipal waste water treatment plants using the *Tradescantia pallida* var. *purpurea* bioassay. *Genet. Mol. Biol.* 2011. vol. 34(4). pp. 689-693. DOI: 10.1590/S1415-47572011005000055.
13. Yakovleva V.A., Beznosikov V.A., Kondratenok B.M., Khomichenko A.A. Genotoxic effects in *Tradescantia* plant (clone 02) induced by benzo(a)pyrene. *Contemporary problems of ecology.* 2011. vol. 4. no. 6. pp. 594-599.
14. Pedro-Escher J., Maziviero G.T., Fontanetti C.S. Mutagenic action of sugarcane vinasse in the *Tradescantia pallida* test system. *J. Ecosyst. Ecogr.* 2014. no. 4. pp. 145-152.
15. Kelecom A., Leal T.C. Higher Plants as a Warning to Ionizing Radiation: *Tradescantia*. *Biosensors for Health, Environment and Biosecurity.* Rijeka. Croatia. 2011. pp. 527-540. DOI: 10.5772/19628.
16. Арутюнян Р.М., Погосян В.С., Агаджанян Э.А., Атоянц А.Л., Вардеванян П.О., Геворкян Э.С. Учет соматических мутаций у растительной тест-системы клона 02 традесканции в почвах из зон, прилегающих к Армянской АЭС // *Вестник МАНЭБ.* 2004. Т. 9. № 3. С. 33-35.
17. Агаджанян Э.А., Авалян Р.Э., Атоянц А.Л., Пюскулян К.И., Арутюнян Р.М. Использование клона традесканции в оценке генотоксичности почв с различным содержанием ^{137}Cs в зоне Армянской АЭС // *Живые и биокосные системы.* 2013. № 3. [Электронный ресурс]. URL: [http://www. Jbks.ru/archive/issue-3/article-13](http://www.Jbks.ru/archive/issue-3/article-13) (дата обращения: 22.09.2022).
18. Ma T.-H., Cabrera G.L., Cebulka-Wasilevska A., Chen R., Loarca A.I., Vanderberg A.L., Salamone M.F. *Tradescantia* stamen hair mutation bioassay. *Mutation Research.* 1994. vol. 310. no. 2. pp. 211-220.
19. Ma T.-H., Cabrera G.L., Chen R., Gill B.S., Sandhu S.S., Vanderberg A.L., Salamone M.F. *Tradescantia* Micronucleus Bioassay. *Mutation Research.* 1994. vol. 310(b). pp. 220-230.
20. Ma T.-H. The international program on plant bioassay collaborative studies with plant systems. *Mutation Research.* 1999. vol. 426. pp. 97-98.
21. Перельман А.И., Касимов Н.С. *Геохимия ландшафта.* М.: Астрель, 1999. 768 с.
22. Minouflet M., Aurault S., Badot P.M., Cotelle S., Ferard J.F. Assessment of the genotoxicity of ^{137}Cs radiation using *Vicia*-micronucleus, *Tradescantia*-micronucleus and *Tradescantia*-stamen-hair mutation bioassays. *J. Environment. Radioactivity.* 2005. vol. 81(2-3). pp. 143-153. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2005.01.003.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 05.08.2022
Принята к публикации 12.12.2022

THE ASSESSMENT OF GENOTOXICITY OF SOILS IN NATURAL LANDSCAPES OF ARMENIA DEPENDING ON THE CONTENT OF RADIONUCLIDES IN THE SOIL-PLANT SYSTEM

R. Avalyan, A. Atoyants, E. Aghajanyan, R. Aroutiounian

Yerevan State University, Scientific Research Institute "Biology", Armenia, Yerevan

e-mail: re_avalyan@mail.ru

Biotesting of the genotoxicity and cluster-genicity level of soil samples from the territory of the Aragats massif and the Ararat plain was carried out with the application of Trad-SHM (stamen hairs) and Trad-MN (micronuclei in tetrads of microspores) tests of Tradescantia (clone 02) model in the soil-plant system. The maximum significant increase of genetic effects level was shown in the soil variant Rg-At-17 with a low content of ^{137}Cs . A correlation analysis between the level of genetic effects and the specific activity of radionuclides in the studied soil samples was revealed.

Key words: biotesting, model test object, radionuclides, soil contamination, soil-plant system.

References

1. Vodyanitskii Yu.N. Ekotoksikologicheskaya otsenka opasnosti tyazhelykh metallov i metalloidov v pochve. Agrokimiya. 2012. N 2. S. 75-84.
2. Rikhvanov L.P. Radioaktivnye elementy v okruzhayushchei srede i problemy radioekologii. Tomsk: STT, 2009. 430 s.
3. Pyuskyulyan K., Atoyants V., Arakelyan V., Saghatlyan A. The net effect of the Armenian nuclear power plant on the environment and population compared to the background from global radioactive fallout. Dordrecht: Springer, 2008. pp. 125-131.
4. Pyuskyulyan K., Lamont S., Atoyants V., Belyaeva O., Movsisyan N., Saghatlyan A. Altitude-dependent distribution of ^{137}Cs in the environment: a case study of Aragats massif, Armenia. Acta Geochimica. 2020. vol. 39(1). pp. 121-132. DOI: 10.1007/s11631-019-00334-0.
5. Belyaeva O.A., Movsisyan N.E., Pyuskyulyan K.I., Saghatlyan A.K. Raspreделение ^{137}Cs v pochvakh i sukhikh atmosferykh vypadeniyakh Aragatskogo massiva. Izvestiya NAN RA. Nauki o Zemle. 2019. T. 72. N 1. S. 57-66.
6. Belyaeva O.A., Pyuskyulyan K. Assessing environmental and human health effects of radioactive emissions and discharges from the Armenian NPP. Issues of environmental security. Materials of international scientific conference of CSTO member states. CENS NAS RA. Yerevan, 2016. pp. 49-56.
7. Avakyan R.M., Arutyunyan G.G., Atoyants V.A., Ovsepyan A.V., Pyuskyulyan K.I., Chubaryan E.V. Issledovanie prostranstvennogo raspredeleniya ^{137}Cs v pochve v raione razmeshcheniya Armyanskoi AES. Izvestiya NAN Armenii. Fizika. 2009. T. 44. N 1. C. 54-63.
8. Ichikawa S. Tradescantia stamen-hair system as an excellent botanical tester of mutagenicity: Its responses to ionizing radiations and chemical mutagens, and some synergistic effects found. Mutation Research. 1992. vol. 270. pp. 3-22.
9. Shima N., Ichikawa S. Mutagenic synergisms detected between dimethyl sulfate and X-rays but not found between N-methyl-N-nitrosourea and X-rays in the stamen hairs of Tradescantia clone BNL 4430. Mutation. Research. 1995. vol. 331. pp. 79-87. DOI: 10.1016/0027-5107(95)00054-m.
10. Cesniene T., Kleizaite V., Ursache R., Zvingila D., Radzevicius A., Patamsyte J., Rancelis V. Soil-surface genotoxicity of military and urban territories in Lithuania, as revealed by Tradescantia bioassays. Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen. 2010. vol. 697(1-2). pp. 10-18.
11. Misík M., Krupitza G., Misíkova, K., Micieta, K., Nersesyan A., Kundi M., Knasmueller S. The Tradescantia micronucleus assay is a highly sensitive tool for the detection of

- low levels of radioactivity in environmental samples. *Environ. Pollut.* 2016. vol. 219. pp. 1044-1048. DOI: org/10.1016/j.envpol.2016.09.004.
12. Thewes M.R., Endres Junior D., Droste A. Genotoxicity biomonitoring of sewage in two municipal waste water treatment plants using the *Tradescantia pallida* var. *purpurea* bioassay. *Genet. Mol. Biol.* 2011. vol. 34(4). pp. 689-693. DOI: 10.1590/S1415-47572011005000055.
13. Yakovleva V.A., Beznosikov V.A., Kondratenok B.M., Khomichenko A.A. Genotoxic effects in *Tradescantia* plant (clone 02) induced by benzo(a)pyrene. *Contemporary problems of ecology.* 2011. vol. 4. no. 6. pp. 594-599.
14. Pedro-Escher J., Maziviero G.T., Fontanetti C.S. Mutagenic action of sugarcane vinasse in the *Tradescantia pallida* test system. *J. Ecosyst. Ecogr.* 2014. no. 4. pp. 145-152.
15. Kelecom A., Leal T.C. Higher Plants as a Warning to Ionizing Radiation: *Tradescantia*. *Biosensors for Health, Environment and Biosecurity.* Rijeka. Croatia. 2011. pp. 527-540. DOI: 10.5772/19628.
16. Arutyunyan R.M., Pogosyan V.S., Agadzhanian E.A., Atoyants A.L., Vardevanyan P.O., Gevorkyan E.S. Uchet somaticheskikh mutatsii u rastitel'noi test-sistemy klona 02 tradeskantsii v pochvakh iz zon, prilegayushchikh k Armyanskoj AES. *Vestnik MANEB.* 2004. T. 9. N 3. S. 33-35.
17. Agadzhanian E.A., Avalyan R.E., Atoyants A.L., Pyuskulyan K.I., Arutyunyan R.M. Ispol'zovanie klona tradeskantsii v otsenke genotoksichnosti pochv s razlichnym sodержaniem ¹³⁷Cs v zone Armyanskoj AES. *Zhivye i biokosnye sistemy.* 2013. N 3. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.Jbks.ru/archive/issue-3/article-13> (data obrashcheniya: 22.09.2022).
18. Ma T.-H., Cabrera G.L., Cebulka-Wasilevska A., Chen R., Loarca A.I., Vanderberg A.L., Salamone M.F. *Tradescantia* stamen hair mutation bioassay. *Mutation Research.* 1994. vol. 310. no. 2. pp. 211-220.
19. Ma T.-H., Cabrera G.L., Chen R., Gill B.S., Sandhu S.S., Vanderberg A.L., Salamone M.F. *Tradescantia* Micronucleus Bioassay. *Mutation Research.* 1994. vol. 310(b). pp. 220-230.
20. Ma T.-H. The international program on plant bioassay collaborative studies with plant systems. *Mutation Research.* 1999. vol. 426. pp. 97-98.
21. Perel'man A.I., Kasimov N.S. *Geokhimiya landshafta.* M.: Astreya, 1999. 768 s.
22. Minouflet M., Aurault S., Badot P.M., Cotelte S., Ferard J.F. Assessment of the genotoxicity of ¹³⁷Cs radiation using *Vicia*-micronucleus, *Tradescantia*-micronucleus and *Tradescantia*-stamen-hair mutation bioassays. *J. Environment. Radioactivity.* 2005. vol. 81(2-3). pp. 143-153. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2005.01.003.

Сведения об авторах:

Римма Эдуардовна Авалян

К.б.н., старший научный сотрудник НИИ «Биология», Ереванский государственный университет

ORCID 0000-0001-8969-7067

Rimma Avalyan

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Scientific RI "Biology", Yerevan State University

Анаит Леоновна Атоянц

К.б.н., старший научный сотрудник НИИ «Биология», Ереванский государственный университет

ORCID 0000-0001-5076-5675

Anahit Atoyants

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Scientific RI "Biology", Yerevan State University

Эвелина Артемовна Агаджанян

К.б.н., старший научный сотрудник НИИ «Биология», Ереванский государственный университет

ORCID 0000-0001-8969-7067

Evelina Aghajanyan

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Scientific RI “Biology”, Yerevan State University

Рубен Михайлович Арутюнян

Д.б.н., член-корр. НАН РА, профессор, заведующий Лабораторией общей и молекулярной генетики НИИ «Биология», Ереванский государственный университет

ORCID 0000-0003-1020-9513

Ruben Aroutiounian

Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member NAS RA, Professor, Head Laboratory of General and Molecular Genetics of the Scientific RI “Biology”, Yerevan State University

Для цитирования: Авалян Р.Э., Атоянц А.Л., Агаджанян Э.А., Арутюнян Р.М. Оценка генотоксичности почв природных ландшафтов Армении с учетом содержания в них радионуклидов в системе почва-растение // Вопросы степеведения. 2022. № 4. С. 94-106. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-94-106

**ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ
АЛТАЙСКОГО КРАЯ****А.Т. Зиновьев¹, Е.Д. Кошелева^{1,2}, И.Д. Рыбкина¹**¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, Россия, Барнаул²Алтайский государственный аграрный университет, Россия, Барнаул

e-mail: jten@yandex.ru

Обсуждаются мировые тенденции использования воды на цели орошения и место мелиорации в сельском хозяйстве Российской Федерации. Рассмотрено развитие мелиорации в Алтайском крае в советский и постсоветский период. Приведены данные об использовании мелиоративного фонда и состоянии федеральных мелиоративных систем Алтайского края в настоящее время.

Ключевые слова: мелиорация, орошение, оросительная система, мировые тенденции, Российская Федерация, Алтайский край.

Введение

По данным ЮНЕСКО за сто лет прошлого века мировое потребление воды в сельском хозяйстве выросло в 5 раз, а площади орошаемых земель увеличились в 5,6 раза – с 47,3 до 264 млн га. К 2000 г. мировое сельское хозяйство обгоняло мировую промышленность по расходу пресной воды в 7 раз [1]. С прогнозируемыми в XX веке темпами роста орошаемых земель ООН ошиблась в 2 раза: прогнозы на 2025 г. о 329 млн га орошаемых земель стали реальностью уже в 2012 г. – орошаемые площади достигли 324 млн га [1, 2]. Таким образом, в мире наблюдается интенсивный рост использования воды на цели орошения.

По данным Всемирной книги фактов (2018 г.) в 2012 г. список государств с наибольшей площадью орошаемых земель возглавляли Китай (690 тыс. км²), Индия (667 тыс. км²) и США (264 тыс. км²), а Россия с 43 тыс. км² занимала 13 место [2]. По состоянию на 1 января 2021 г. площади орошаемых земель РФ увеличились незначительно (на 9 %) и составили 46,9 тыс. км² [3].

Уровень мировых технических достижений в сфере орошения соответствует применению опытных образцов автоматических систем ирригации [4], новых систем капельного орошения, сберегающих воду и в 5 раз дешевле традиционных [5] и популярных гибридов дождевальная машины и систем капельного орошения [6].

Актуальность. В рамках государственного бюджетного проекта ИВЭП СО РАН «Изучение механизмов природных и антропогенных изменений количества и качества водных ресурсов Сибири с использованием гидрологических моделей и информационных технологий» в 2022 г. выполняется водно-ресурсная оценка Алтайского края. В связи с этим возникает необходимость в расчете водопотребления в области орошения как элемента водного баланса данной территории. В проекте РФФИ № 21-55-75002 ставится задача оценки технического состояния существующих гидротехнических сооружений (ГТС) в пределах так называемой области внутреннего стока Обь-Иртышского междуречья, что делает работу по оценке состояния мелиоративных систем Алтайского края востребованной.

Практическая значимость работы заключается в современной оценке технического состояния мелиоративных систем Алтайского края, анализе возможностей расширения фонда мелиорируемых земель, а также объективном прогнозе объемов используемых водных ресурсов на цели ирригации и орошения в ближайшей перспективе. Выявленные тенденции в использовании воды на цели орошения будут учитываться в прогнозных сценариях

социально-экономического развития Алтайского края, а техническая оценка состояния мелиоративных систем региона будет использоваться при инвентаризации ГТС, оросительных каналов степных районов Алтайского края и Новосибирской области, предваряя дистанционные и полевые методы исследования.

Целью настоящего исследования является изучение мелиоративных систем Алтайского края в прошлом и настоящем времени, их водопотребления и существующих тенденций водопользования в этой сфере деятельности.

Задачи исследования предполагают оценку мелиоративного фонда РФ и технической оснащенности; оценку состояния мелиоративных систем Алтайского края в прошлом и настоящем времени; расчет современных годовых объемов водозабора и водопотребления для целей орошения на территории региона; выявление существующих тенденций.

Материалы и методы

Материалы: паспорта и технико-экономические карты мелиоративных систем Алтайского края, статистические сборники Федеральной службы государственной статистики и материалы Федеральных программ развития мелиорации и реконструкции оросительных систем.

Методы. Использовались методы систематизации и анализа данных. Для анализа текущей ситуации были взяты последние три года функционирования мелиоративных систем Алтайского края – 2019-2021 гг. Группировка и структурирование материала в таблицы – авторская. Представленные табличные формы не встречаются в паспортах систем и технико-экономических картах.

Результаты и обсуждение

Развитие мелиорации в Российской Федерации. В 2013 г. в РФ была принята программа развития мелиорации, рассчитанная на период с 2014 по 2020 гг. В программе отмечалось, что в 2013 г. доля мелиорированных земель от общей площади пашни достигает в Китае 44,4 %, в США – 39,9 %, в Индии – 35,9 %. В Российской Федерации доля площади мелиорированных земель в общей площади сельскохозяйственных угодий в период максимального подъема мелиорации в СССР не превышала 10 %, а к 2013 г. составляла 7,9 %. На первом этапе реализации программы производилось техническое переоснащение и реконструкция существующих мелиоративных систем, а на втором – внедрение новых инновационных технологий [7].

В действующей на настоящий момент государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации отмечается, что по состоянию на 1 января 2021 г. мелиоративный фонд РФ достиг 9,47 млн га, т.е. 7,9 % от площади всех пахотных земель, из них 4,69 млн га орошаемые земли, но фактически используются только 3,96 млн га (рис. 1) [3].

На мелиорированных землях в РФ производится до 50 % овощей, бахчевых культур и картофеля, весь объем риса, около 20 % кормов для животноводства. Отмечается необходимость приведения гидротехнических сооружений в нормативно-техническое состояние, обеспечения их безопасной эксплуатации, внедрение новых технологий и техники для ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных системах и очистки каналов, организацию рационального водопользования и распределения воды [3].



Рисунок 1 – Пашотный и мелиоративный фонды, орошаемые земли РФ на 01.01.2021 г.

Департамент мелиорации РФ в каталоге 2020 г. предлагает потребителю широкий набор современной отечественной оросительной техники, оборудования и сопутствующей продукции: широкозахватные дождевальные машины – «Кубань», «Фрегат» (г. Тольятти), «Каскад 60Т/65Т» (г. Саратов), «Орсис» (г. Казань), «Казанка» (Республика Татарстан), «Ахтуба» (г. Волгоград), «Корвет» (г. Самара); шланговые дождеватели барабанного типа – «Харвест» (г. Волжский), «Спецмелиоводхоз», «МТШ 00.000» (г. Ногинск), оборудование для капельного орошения – «Урожай» (г. Углич), «AQUA DRIP» (с. Бабяково), капельную систему под ключ (г. Чаплыгин); насосно-силовое оборудование от 8 производителей и контрольно-измерительные приборы и автоматику. В области автоматизации предлагается автоматизированная система управления с дистанционным доступом к пользовательскому интерфейсу дождевальных машин (г. Тольятти) [8].

Таким образом, на уровне государства последовательно год от года реализуются программы развития мелиоративного комплекса РФ. Площади орошения в 2021 г. достигали 46,9 тыс. га, но из этого числа не орошалось 15,6 % площадей. Государство обеспечивает обслуживание орошаемых земель в большем объеме, чем используют сельхозпроизводители. В области технического оборудования имеется широкий спектр отечественной техники, российские производители предлагают современные системы капельного орошения и дождевания, а также автоматизированные системы управления.

Развитие мелиорации в Алтайском крае в советский период. Широкое использование мелиоративных земель в Алтайском крае приходится на 1961-1990 гг. Кулундинский магистральный канал (МК) подавал обскую воду в засушливую Кулундинскую степь для Новотроицкого массива орошения. Гилёвское водохранилище на р. Алей обеспечивало водой Алейскую оросительную систему. Локальные оросительные системы Кулундинской степи использовали подземные воды для орошения земель в 12 самых засушливых районах Кулунды (табл. 1).

В этот же период проектные организации «Ленводпроект» и «Алтайгипроводхоз» проектируют еще две оросительные системы – Бурлинскую и Барнаульскую. В соответствии с планами 1990 г. будущий мелиоративный фонд Алтайского края должен был вырасти до почти 300 тыс. га.

Площадь орошаемых земель в Алтайском крае к 1991 г. достигла 180 тыс., эксплуатировалось более 1000 насосных станций, 535 км магистральных и распределительных каналов, 3016 км оросительных трубопроводов и 2000 дождевальных машин. До 1990-х гг. финансирование позволяло полностью поддерживать оросительные системы в рабочем состоянии [10].

Таблица 1 – Оросительные системы Алтайского края в 1990 г. [по: 9]

Оросительные системы	Дата ввода	Источник, параметры системы*	Массивы орошения		
			Наименование	Площадь, тыс. га	
				Введено	План
Введенные в эксплуатацию					
Кулундинский МК	1983	р. Обь, $Q=25 \text{ м}^3/\text{с}$ $L_{МК}=182 \text{ км}$	Новотроицкий	10	0
			Попутное орошение	12	0
Алейская	1936-1989	р. Алей $Q=39 \text{ м}^3/\text{с}$ $L_{МК}=100 \text{ км}$	Алейская	21,6	50
Локальные Кулундинской степи	1980-1990	Подземные воды $S \leq 1000 \text{ га}$	Локальные	50	0
Проектируемые					
Бурлинская	с 1989	р. Обь $Q=25 \text{ м}^3/\text{с}$ $L_{МК}=30,4 \text{ км}$	Бурлинская	0	55
Барнаульская	с 1990	р. Обь, $L_{ВК}=11,3 \text{ км}$ $L_{МК}=209 \text{ км}$, $L_{РС}=142,4 \text{ км}$	Барнаульская	0	100,6
Всего				93,6	205,6

Примечание*: Q – расход водозабора или пропускная способность канала, $\text{м}^3/\text{с}$, $L_{МК}$ – длина магистрального канала, км, $L_{ВК}$ – длина водоподводящего канала, $L_{РС}$ – длина распределительной сети, км, S – площадь единичного орошаемого участка, га.

Мелиорация в Алтайском крае в постсоветский период. Сельское хозяйство России испытало на себе все трудности, переживаемые государством в период реформ. Мелиоративную отрасль настиг финансовый и управленческий кризис, и она претерпела существенные изменения [9-13]:

а) был проведен раздел собственности между государством и сельхозпроизводителями, произведена приватизация: 60 % напорной и дренажной сети и 80 % дождевальных машин стали собственностью хозяйств, а межхозяйственные и магистральные каналы, водозаборы были отнесены к федеральной собственности;

б) произошло резкое сокращение финансирования водохозяйственного строительства и мелиорации земель, в связи с чем не проводились комплексная реконструкция, ремонт техники и систем, не обновлялся парк дождевальных машин, было прекращено строительство новых мелиоративных систем;

в) нарушались технологии ведения сельскохозяйственного производства, повсеместно произошло ухудшение качества орошаемых угодий, что привело к переоценке стоимости земель и уменьшению продуктивности мелиорированного гектара в 2 раза по сравнению с дореформенными годами;

г) высокие тарифы на энергоносители сделали для производителей имеющиеся дождевальные машины «Фрегат», «Днепр», «Волжанка» слишком энергоемкими.

В 2002-2004 гг. в Алтайском крае такие изменения привели к следующим последствиям [10-13]:

- площадь орошаемых земель сократилась до 105 тыс. га;
- количество дождевальных машин сократилось в 3,65 раза до 516 единиц;
- более 50 % всех имеющихся на балансе орошаемых земель не поливались;
- у 40% техники произошла выработка нормативного срока службы;
- степень износа основных фондов составила 52,4 %;
- происходили большие потери воды, коэффициент полезного действия варьировался от 0,47 до 0,71 и был значительно ниже нормативных требований;

Закономерным итогом стало то, что показатели ввода орошаемых земель в Алтайском крае, предусмотренные проектами советского периода, не были достигнуты.

Современное состояние мелиорации в Алтайском крае. Основу сельского хозяйства Алтайского края составляет богарное земледелие, где выращивают зерновые, крупяные и технические культуры. По посевной площади зерновых и зернобобовых культур, а также по производству льна масличного и рапса край занимает 2 место в Российской Федерации, входит в первую десятку регионов страны по объему производства маслосемян подсолнечника и является единственным регионом в Сибири, выращивающим сахарную свеклу. В 2021 году по урожаю зерновых культур Алтайский край занял 4 место в России. Был собран рекордный за последние 12 лет урожай 5,6 млн т зерновых при средней урожайности 17,3 ц/га [14, 15].

В настоящее время мелиорируемые земли в Алтайском крае обслуживаются мелиоративными системами (МС) и гидротехническими сооружениями (ГТС), находящимися в федеральной и частной собственности (табл. 2). В Алтайском крае нет МС и ГТС региональной или субъектной собственности, а также находящихся на стадии оформления прав собственности или бесхозных [16].

В 2019 г. в регионе орошались все мелиорированные земли федерального и частного сегмента обслуживания суммарной площадью 69784 га. В 2020 г. полив осуществлялся только мелиоративными федеральными системами. В 2021 г. фактически политые площади сократились до 1316 га в федеральном сегменте, а в частном составили 4484 га [16].

Таблица 2 – Наличие мелиорируемых земель в Алтайском крае в 2019-2021 гг., тыс. га

Вид собственности МС и ГТС	Используются в с/х производстве		Фактически полито / осушено		Всего мелиорированных земель по видам угодий			
	орошение	осушение	полито	осушено	пашня	сенокосы пастбища	многолет. насаждения	прочие
2019 г.								
Федеральная	32,190	0	32,190	0	32,034	0,145	0	0,018
Частная	37,594	2,622	37,594	2,622	36,005	3,495	0,716	0,265
2020 г.								
Федеральная	32,190	0	32,190	0	32,034	0,145	0,011	0,018
Частная	37,594	2,622	0	2,622	36,005	3,495	0,716	0,265
2021 г.								
Федеральная	32,190	0	1,316	0	31,968	0,222	0	0
Частная	37,594	2,622	4,484	2,622	36,071	3,418	0,727	0,847

В 2019 г. площади орошения (69,784 тыс. га) составляли 1,4 % от общего объема посевных площадей (5146,9 тыс. га), а в 2021 году их доля уменьшилась в 10 раз – до 0,1 %. В целом, за 30 лет в Алтайском крае произошло сокращение орошаемых земель на 97 % [10, 11, 14-16].

На момент завершения поливного сезона 2021 г. на балансе ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Алтайскому краю» состояло 9 оросительных систем (ОС), и на пяти из них полив не осуществлялся совсем [16]. Все федеральные мелиоративные системы края были построены и введены в эксплуатацию в советское время (табл. 3).

В таблице 3 площади орошения, обслуживаемые мелиоративными системами и фактически используемые (полив) различаются, и причиной этого является, как отмечено в паспорте систем, отказ сельхозпроизводителя использовать воду для орошения («отказ СП»). Таким образом, работающие федеральные системы потенциально могут обеспечить поливом 31279 га, а фактически использовались потребителями 1316 га.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Таблица 3 – Федеральные мелиоративные системы Алтайского края 2021 г.

Мелиоративные системы	Года ввода/реконстр.	Площадь орошения, тыс. га			Нет орошения, тыс. га	
		проектная	обслуживаемая	фактическая	площадь	причина
Алейская	1936-1989/ 2015-2017	21,620	9,473	0,638	8,835	отказ СП
Больше-Черемшанская	1984/2013	1,005	1,005	0,155	0,850	отказ СП
Бурлинская	1991/нет	55	5,238	0	5,238	отказ СП
Кулундинский МК	1983/нет	25	10,623	0	10,623	отказ СП
Лосихинская	1981/2009, 2010	0,584	0,987	0,375	0,612	отказ СП
Павловская	1992/2014	0,560	0,443	0,148	0,295	отказ СП
Рогозихинская	1986/нет	0,848	0,848	0	0,848	неисправность МС
Чесноковская	1980/нет	1,662	1,662	0	1,662	неисправность МС
Шипуновская	1972/нет	1	1	0	1	не существует
Всего		107,279	31,279	1,316	29,963	

Сведения о техническом состоянии современных мелиоративных систем федерального сектора приведены в таблице 4. Мелиоративные системы с 20-25-летним сроком службы, введенные в действие в 1965-1992 гг., на настоящий момент входят в стадию полного износа и требуют новых проектов реконструкции. По данным технико-эксплуатационных карт мелиоративных систем 2021 г., только три системы (Лосихинская, Павловская и Больше-Черемшанская) являются полностью работоспособными, остальные требуют капитального ремонта или реконструкции [16].

Таблица 4 – Техническое состояние федеральных МС Алтайского края в 2021 г.

Оросительные системы	Износ, %		Наличие техники, %	Ремонт в 2021 г., тыс. руб.		Оценка технического состояния
	по балансу	по факту		капитальный реконструкция	текущий	
Алейская	90	90	20,25	0/0	9621,11	требует кап. ремонта
Больше-Черемшанская	44	50	80	0/0	419,71	работоспособное
Бурлинская	55	70	10	0/0	нет	ограниченно-работоспособное
Кулундинский МК	97	85	10	0/0	5524,34	требует реконструкции
Лосихинская	90	70	100	0/0	288,31	работоспособная
Павловская	80	40	100	0/0	540,71	работоспособная
Рогозихинская	100	100	0	0/0	34,50	требует кап. ремонта
Чесноковская	82	90	65	0/0	971,47	требует кап. ремонта
Шипуновская	81	60	0	0/0	99,35	ограниченно-работоспособное

По Федеральной адресной инвестиционной программе «Реконструкция Алейской оросительной системы» были освоены: в 2019 г. 26,86 млн руб., в 2020 г. – 131,15 млн руб. В 2022 г. запланированы проектные работы на 4,1 млн руб. [15]. Еще одна значимая проблема, которая всегда сопутствует эксплуатации мелиоративных систем, – засоление земель. По итогам 2021 года, в связи с малостью объемов орошения в настоящем времени, из 9 оросительных систем только у 2-х самых больших и находившихся ранее в длительной эксплуатации – Алейской ОС и Кулундинского МК – наличествуют почвы разной степени

засоления. На Алейской ОС засолено 3 721 га, в том числе слабо засолены 1 938 га, средне засолены 1 056 га, сильно засолены 727 га. В зоне ответственности Кулундинского магистрального канала на балансе находится 119 га засоленных земель, в том числе слабо и сильно засолены 56 га и 63 га соответственно [16]. Такие процессы обусловлены наличием земель с низкой глубиной залегания грунтовых вод.

По итогам поливного сезона 2021 года работало 4 оросительных системы Алтайского края: в Рубцовском районе Алейская ОС – на поливе зерновых, овощей и кормовых культур; в Первомайском районе Больше-Черемшанская и Лосихинская ОС – на выращивании овощных культур; в Павловском районе Павловская ОС – на выращивании кормовых.

В федеральных мелиоративных системах годовой объем забора воды из источника в оросительные сети в 2021 г. составил 24,75 млн м³, а годовой объем поданной воды для целей орошения 2,06 млн м³, т.е. 8 % от объема водозабора. За 2021 г. водопользователями федеральных систем орошения стали 26 производителей сельскохозяйственной продукции. Средние цены 2021 г. за пользование водой Лосихинской ОС составили 1765 руб./га, Алейской ОС – 1937 руб./га, Больше-Черемшанской ОС – 2237 руб./га.

Причины отказа сельхозпроизводителей от орошения заключаются в экономической и финансовой нецелесообразности. С одной стороны, климатические условия позволяют выращивать продукцию в условиях богарного земледелия. С другой стороны, сроки окупаемости современных высокотехнологичных систем орошения составляют 3-5 лет, но производители живут в годовом цикле финансирования: кредит, производство, реализация, погашение кредита. Кроме того, производители первоначально должны вложить деньги в разработку проекта орошения, после чего по проекту возможно кредитование для покупки всего набора техники для оросительной системы и выполнения работ по установке ОС.

Выводы

1. В советский период в Алтайском крае площадь орошаемых земель достигала 180 тыс. га, в рабочем состоянии находилось более 1000 насосных станций и 2000 дождевальных машин. В условиях постсоветских реформ в регионе произошло резкое сокращение финансирования, уменьшение площадей орошения до 105 тыс. га. Были прекращены работы по строительству новых мелиоративных систем, по реконструкции и ремонту существующих систем.

2. В условиях современной рыночной экономики в Алтайском крае за три года с 2019 по 2021 гг. произошло уменьшение площадей орошаемых земель с 69,8 до 5,8 тыс. га. При этом работающие системы орошения в потенциале могут предоставить большую площадь орошения, чем используется фактически потребителями. Алейская оросительная система участвует в федеральной программе реконструкции. После 1990 г. в крае не было построено ни одной новой федеральной системы орошения: все функционирующие системы были введены в эксплуатацию в советское время. Основу современного сельского хозяйства Алтайского края составляет богарное земледелие.

3. Доля площадей орошения в 2019 г. в общем объеме посевных площадей Алтайского края составила 1,4 %, а в 2021 г. эта доля уменьшилась в 10 раз – достигла 0,1 %. На конец поливного сезона 2021 г. в сравнении с 1991 г. (за 30 лет) сокращение площадей орошаемых земель в Алтайском крае составило 97 %. Годовой водозабор для целей орошения составляет 24,75 млн м³, и только 8 % от этого объема использовалось в 2021 г. производителями сельскохозяйственной продукции.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН и гранта РФФИ № 21-55-75002. Опубликовано при поддержке гранта РГО «Международная конференция «Трансграничные геоэкологические проблемы и вопросы природопользования в бассейне рек Внутренней Евразии в связи с изменением климата».

Список литературы

1. Ясинский В.А., Мироненков А.П., Сарсембеков Т.Т. Инвестиционные аспекты развития регионального водного сектора. Отраслевой обзор № 12. Алматы, 2011. 48 с.
2. List of countries by irrigated land area. [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_irrigated_land_area (дата обращения: 05.09.2022).
3. Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. N 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/400773886/> (дата обращения: 05.09.2022).
4. В США запустили новые системы орошения. 27.01.19 // ROSNG.RU. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosng.ru/post/v-ssha-zapustili-novye-sistemy-orosheniya> (дата обращения: 05.09.2022).
5. Технология, которая спасла мир от голода: капельное орошение // АГРОМАКС. [Электронный ресурс]. URL: <https://agro-max.ru/tehnologii/tehnologiya-kotoraya-spasla-mir-ot-goloda-kaapelnoe-oroshenie> (дата обращения: 05.09.2022).
6. Малиновский Б. В США становится популярным гибрид дождевальная машины и капельного орошения. 28.05.2017 // Пропозиция. Главный журнал по вопросам агробизнеса. [Электронный ресурс]. URL: <https://propozitsiya.com/ru/v-ssha-stanovitsya-populyarnym-gibrid-dozhdevalnoy-mashiny-i-kaapelnoy-orosheniya> (дата обращения: 05.09.2022).
7. Постановление Правительства РФ от 12 октября 2013 года N 922 «О федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» (с изменениями на 20 сентября 2017 года). [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/499051291> (дата обращения: 05.09.2022).
8. Каталог оросительной техники, оборудования и сопутствующей продукции / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Департамент мелиорации. 2020. [Электронный ресурс]. URL: <http://vniiraduga.ru/wp-content/uploads/2020/07/katalog-17.06.pdf>. (дата обращения: 05.09.2022).
9. Кошелева Е.Д., Кошелев К.Б. Компьютерное моделирование совместного движения грунтовых и поверхностных вод в зоне влияния Бурлинского магистрального канала: монография. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2010. 220 с.
10. История развития мелиорации на Алтае / Под ред. Р.П. Воробьевой. Барнаул: Аз Бука, 2003. 244 с.
11. Основные показатели социально-экономического развития Алтайского края. 1995-2004 г. / БИЦ Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю; отв. за выпуск И.В. Гурягиева. Барнаул: РОССТАТ, 2005. 261 с.
12. Кундиус В.В. Мелиорация земель в Алтайском крае – важная составляющая эффективности АПК // Мелиорация и водное хозяйство. 2005. № 6. С. 52-54.
13. Кундиус В.В. Повышение эффективности орошаемого земледелия Алтайского края: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. М., 2002. 165 с.

14. Алтайский край в цифрах. 2015-2019: крат. стат. сб. / Управление Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай. Барнаул, 2020. 194 с.

15. Краткая характеристика развития Алтайского края / Министерство экономического развития Алтайского края. [Электронный ресурс]. URL: <https://econom22.ru/economy/AltaiRegionCharacteristic/> (дата обращения: 04.07.2022).

16. Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения / Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга». [Электронный ресурс]. URL: <https://inform-raduga.ru/gts> (дата обращения: 04.07.2022).

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 07.09.2022

Принята к публикации 12.12.2022

PROBLEMS OF THE FUNCTIONING OF RECLAMATION SYSTEMS IN THE ALTAI TERRITORY

A. Zinoviev¹, E. Kosheleva^{1,2}, I. Rybkina¹

¹Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the RAS,
Russia, Barnaul

²Altai State Agricultural University, Russia, Barnaul
e-mail: jten@yandex.ru

The world trends in water use for irrigation purposes and the place of melioration in the agriculture of the Russian Federation are discussed. The development of land reclamation in the Altai Territory in the Soviet and post-Soviet periods is considered. The data on the use of the land reclamation fund and the state of the federal irrigation systems of the Altai Territory in the present time are given.

Key words: land reclamation, irrigation, irrigation system, global trends, Russian Federation, Altai Territory.

References

1. Yasinskii V.A., Mironenkov A.P., Sarsembekov T.T. Investitsionnye aspekty razvitiya regional'nogo vodnogo sektora. Otrasevoi obzor N 12. Almaty, 2011. 48 s.

2. List of countries by irrigated land area. [Elektronnyi resurs]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_irrigated_land_area (data obrashcheniya: 05.09.2022).

3. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14 maya 2021 g. N 731 "O Gosudarstvennoi programme effektivnogo vovlecheniya v oborot zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya i razvitiya meliorativnogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii" (s izmeneniyami i dopolneniyami). [Elektronnyi resurs]. URL: <https://base.garant.ru/400773886/> (data obrashcheniya: 05.09.2022).

4. V SShA zapustili novye sistemy orosheniya. 27.01.19. ROSNG.RU. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://rosng.ru/post/v-ssh-a-zapustili-novye-sistemy-orosheniya> (data obrashcheniya: 05.09.2022).

5. Tekhnologiya, kotoraya spasla mir ot goloda: kapel'noe oroshenie. AGROMAKS. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://agro-max.ru/tekhnologii/tekhnologiya-kotoraya-spasla-mir-ot-goloda-kapel'noe-oroshenie> (data obrashcheniya: 05.09.2022).

6. Malinovskii B. V SShA stanovitsya populyarnym gibriddozhdeval'noi mashiny i kapel'nogo orosheniya. 28.05.2017. Propozitsiya. Glavnyi zhurnal po voprosam agrobiznesa. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://propozitsiya.com/ru/v-ssha-stanovitsya-populyarnym-gibriddozhdeval'noi-mashiny-i-kapel'nogo-orosheniya> (data obrashcheniya: 05.09.2022).
7. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 12 oktyabrya 2013 goda N 922 "O federal'noi tselevoi programme "Razvitie melioratsii zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya Rossii na 2014-2020 gody" (s izmeneniyami na 20 sentyabrya 2017 goda). [Elektronnyi resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/499051291> (data obrashcheniya: 05.09.2022).
8. Katalog orositel'noi tekhniki, oborudovaniya i soputstvuyushchei produktsii. Ministerstvo sel'skogo khozyaistva Rossiiskoi Federatsii. Departament melioratsii. 2020. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://vniiraduga.ru/wp-content/uploads/2020/07/katalog-17.06.pdf>. (data obrashcheniya: 05.09.2022).
9. Kosheleva E.D., Koshelev K.B. Komp'yuternoe modelirovanie sovmestnogo dvizheniya gruntovykh i poverkhnostnykh vod v zone vliyaniya Burlinskogo magistral'nogo kanala: monografiya. Barnaul: Izd-vo AGAU, 2010. 220 s.
10. Istoriya razvitiya melioratsii na Altae. Pod red. R.P. Vorob'evoi. Barnaul: Az Buka, 2003. 244 s.
11. Osnovnye pokazateli sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Altaiskogo kraya. 1995-2004 g. BITs Territorial'nogo organa Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki po Altaiskomu kraju; otv. za vypusk I.V. Guryagiya. Barnaul: ROSSTAT, 2005. 261 s.
12. Kundius B.B. Melioratsiya zemel' v Altaiskom krae – vazhnaya sostavlyayushchaya effektivnosti APK. Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo. 2005. N 6. S. 52-54.
13. Kundius V.V. Povyshenie effektivnosti oroshaemogo zemledeliya Altaiskogo kraja: dis. ... kand. ekon. nauk: 08.00.05. M., 2002. 165 s.
14. Altaiskii kraj v tsifrakh. 2015-2019: krat. stat. sb. Upravlenie Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki po Altaiskomu kraju i Respublike Altai. Barnaul, 2020. 194 s.
15. Kratkaya kharakteristika razvitiya Altaiskogo kraja. Ministerstvo ekonomicheskogo razvitiya Altaiskogo kraja. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://econom22.ru/economy/AltaiRegionCharacteristic/> (data obrashcheniya: 04.07.2022).
16. Meliorativnye sistemy i gidrotekhnicheskie sooruzheniya. Informatsionnyi portal FGBNU VNII "Raduga". [Elektronnyi resurs]. URL: <https://inform-raduga.ru/gts> (data obrashcheniya: 04.07.2022).

Сведения об авторах:

Александр Тимофеевич Зиновьев

Д.т.н., заведующий лабораторией гидрологии и геоинформатики, главный научный сотрудник, Институт водных и экологических проблем СО РАН

ORCID: 0000-0003-4973-2803

Alexander Zinoviev

Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Hydrology and Geoinformatics, Chief Researcher, Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Евгения Дмитриевна Кошелева

К.с.-х.н., доцент кафедры математики, механики и инженерной графики, Алтайский государственный аграрный университет; старший научный сотрудник лаборатории гидрологии и геоинформатики, Институт водных и экологических проблем СО РАН

ORCID: 0000-0001-8813-0675

Evgeniia Kosheleva

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Mechanics and Engineering Graphics, Altai State Agricultural University; Senior Researcher of the

Laboratory of Hydrology and Geoinformatics, Institute for Water for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Ирина Дмитриевна Рыбкина

Д.г.н., заведующая лабораторией водных ресурсов и водопользования, ведущий научный сотрудник, Институт водных и экологических проблем СО РАН

ORCID: 0000-0002-0081-9652

Irina Rybkina

Doctor of Geographical Sciences, Head of the Laboratory of Water Resources Management, Leading Researcher, Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Зиновьев А.Т., Кошелева Е.Д., Рыбкина И.Д. Проблемы функционирования мелиоративных систем Алтайского края // Вопросы степеведения. 2022. № 4. С. 107-117. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-107-117

**ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ
В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ИСПЫТАНИИ**
**Ю.П. Прядун¹, Н.Н. Савков², П.М. Лопухов,¹ Н.В. Глаз¹,
Ю.А. Колобков², Ш.Ч. Усманов¹**

¹ФГБНУ «Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»,
Россия, Челябинск

²ООО «Силач», Россия, Троицк
e-mail: chniish2@mail.ru

Лабораторией селекции ячменя ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» в 2021 г. проведено экологическое испытание 50 сортов твердой яровой пшеницы отечественной и зарубежной селекции. Опыты проведены на базе опытного поля хозяйства ООО «Силач», расположенного в южной лесостепной почвенно-климатической зоне Челябинской области. Проведенные исследования позволили провести комплексную оценку основных хозяйственно ценных признаков различных сортов. В условиях засухи по паровому предшественнику их продуктивность колебалась от 0,5 до 1,89 т/га. Наиболее урожайными оказались сорта Ясенька (1,89 т/га), Ядрица (1,77 т/га), Безенчукская юбилейная (1,76 т/га). Самое тяжеловесное зерно получено у сортов Дюраголд (50,3г), Лариса янтарная (49,5 г), Безенчукская юбилейная (48,5 г), Марина (47,7 г) и Валентина (47,0 г). Высокие показатели натуры зерна отмечены у сортов: Безенчукский подарок (807 г/л), Омский корунд (805 г/л) и Памяти Исакова (803 г/л), АТП Прима (798 г/л), Безенчукская Нива (795 г/л), Марина (794 г/л) и Лавина (791 г/л). Представленные данные указывают на необходимость учета результатов экологического испытания при совершенствовании структуры сортовых посевов, которое в условиях хозяйства дает представление об объективных возможностях сорта, его потенциальной продуктивности и адаптивности к микроклимату и почвенным условиям территории.

Ключевые слова: засуха, урожайность, твердая пшеница, экологическое испытание, климат.

Введение

В Российской Федерации основными регионами, производящими твердую пшеницу, являются Оренбургская (265 тыс. га), Челябинская (160 тыс. га) и Саратовская (45 тыс. га) области. Челябинская область входит в число лидеров по производству макаронных изделий в России (22 % от общего объема). Основными перерабатывающими предприятиями являются ОАО «Макфа», «Союзпищепром», МКХП «Ситно», ПК «Увелка». Одним из крупных производителей зерна и семян твердой пшеницы в регионе является ООО «Силач» Троицкого муниципального района. Хозяйство специализируется на использовании интенсивных сортов и своевременном сортообновлении.

Наиболее распространенными сортами твердой пшеницы в Челябинской области являются Марина (476144 га), Безенчукская степная (41509 га) и Жемчужина Сибири (22130 га). Актуальность проведенного полевого эксперимента обусловлена отсутствием до недавнего времени в научно-исследовательских учреждениях Челябинской области собственной селекционной программы по твердой пшенице. Ситуация изменилась в 2022 г, когда решением Минсельхоза РФ в целях противодействия санкционному давлению Евросоюза ограничениями на поставки семян были отменены зональные ограничения на

использование сортов, внесенных в государственный реестр селекционных достижений и рекомендованных к использованию.

Испытание иннорайонных сортов позволяет получать новые результаты реакции сортов, которые невозможно получить в месте создания сорта. Сорт является наиболее действенным и менее затратным фактором при решении вопросов рентабельности и снижения себестоимости получаемой продукции. Учитывая большое разнообразие допущенных к использованию в производстве сортов, весьма важна оценка их адаптационной способности [1, 2]. Проведение экологических испытаний в условиях хозяйства дает представление о потенциальных возможностях сорта, позволяет выделить из большого количества сортов сорта с высокой потенциальной продуктивностью, адаптивностью к конкретным условиям [3].

Цель работы: провести экологическое испытание перспективных сортов твердой пшеницы в южной лесостепной зоне Челябинской области и на основании полученных данных рекомендовать ООО «Силач» наиболее ценные сорта для возделывания в условиях хозяйства.

Материалы и методы

В Челябинской области южный лесостепной агроландшафт характеризуется самым большим количеством тепла в регионе. Сумма температур за период вегетации более 10 °С составляет 2000-2200 °С. Сумма фотосинтетической активной солнечной радиации (ФАР) в районе г. Троицка составляет 1264 МДж/га. Сорта яровой пшеницы и ячменя селекции ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» в таких условиях при наличии влаги способны формировать урожай зерна на уровне 5,0-6,0 т/га.

В южной лесостепи по многолетним данным выпадает около 450 мм осадков за год. В период с 2016 по 2021 года за май – август на землепользовании ООО «Силач» выпадало от 45,5 до 171,4 мм осадков (табл. 1), вследствие чего средняя урожайность по годам изменялась от 0,99 до 3,01 т/га.

В последнее время многими исследователями отмечается изменение устоявшихся климатических норм [4-7]. Снижение количества осадков приводит к снижению урожая зерновых культур в хозяйстве ООО «Силач» (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Количество осадков, мм в период вегетации 2016-2020 гг. на участке землепользования ООО «Силач»*

Показатель	Годы наблюдений					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Май	36,4	45,5	33,5	9,0	33,0	15,0
Июнь	47,0	27,2	18,0	28,0	3,0	5,0
Июль	84,0	38,0	26,0	20,9	15,0	25,5
Август	4,0	15,0	48,0	39,0	38,5	0,0
Итого за 4 месяца:	171,4	125,7	125,5	96,9	89,5	45,5

*Примечание: *По данным наблюдений метеопоста хозяйства.*

Таблица 2 – Средняя урожайность зерновых культур (ц/га) в ООО «Силач»

Показатель	Годы наблюдений					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Урожайность, т/га	3,01	2,97	2,02	1,99	1,10	0,99

Учитывая высокую потребность сельскохозяйственных товаропроизводителей в семенах твердой пшеницы, семеноводческое хозяйство ООО «Силач» Троицкого муниципального района Челябинской области обратилось к ФГБНУ Челябинский НИИСХ с предложением о сборе коллекции и проведении экологического испытания сортов твердой

пшеницы для отбора наиболее перспективных и внедрения их в производство. Учитывая значимость твердой пшеницы для Челябинской области, институтом были запрошены сорта в семеноводческих и селекционных учреждениях, где проводится соответствующая работа.

Для целей экологического испытания из ООО «Карлберг» предоставлены сорта Одисseo, Дюранегро, Дюраголд; из ФГБНУ НЦ им. П.П. Лукьяненко – Ярина, Ядрица, Ясенка, Николаша; из ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока – Луч 25; из ФГБНУ Самарский ФФИЦ РАН – Валентина, Безенчукский подарок, Безенчукская юбилейная, Безенчукская золотистая, Безенчукская нива, Безенчукская 210, Безенчукская степная, Марина; из ФГБНУ Омский АНЦ – Омский коралл, Омский корунд, Омский изумруд, Омский лазурит, Жемчужина Сибири, Омский циркон, Омская бирюза; из ФГБНУ Федеральный Алтайский НЦ Агробиотехнологий – Оазис, Памяти Янченко, салют Алтая, Шукшинка, АТП Прима; из Карабалыкской СХОС – Алтын Орда, Памяти Исакова, Байсары, Костанайская 207, Алтын дала, Шарифа, Карабалыкская черноколосая, Карабалыкская 9; из РГП «НПЦЗХ им. А.И. Бараева» – Дамсинская янтарная, Дамсинская юбилейная, Корона, Лавина; из ФГБНУ Федеральный Ростовский АНЦ – Донская элегия; из ООО «Сорт, семена» г. Оренбург – Харьковская-46; из ООО «Агролига центр селекции растений» г. Москва – Рустикано, Никола; из Оренбургского НИИСХ – Кремень, Меляна, Целина, Сояна; из ФГБНУ Челябинский НИИСХ – Лариса янтарная. Таким образом в экологическом испытании находилось 50 сортов яровой твердой пшеницы.

Опыт заложен по методике Госкомиссии по сортоиспытанию и охране селекционных достижений. В качестве стандарта по культуре принят наиболее распространенный в посевах Челябинской области (47144 га) сорт Марина. Изучение проводилось по паровому предшественнику [8, 9, 10]. Опыт однофакторный, размещение вариантов систематическое. Площадь делянки 20 м², повторность трехкратная. Посев проведен малогабаритной селекционной сеялкой СКС-6-10, установленной на тракторном шасси Т-16. Норма высева семян яровой твердой пшеницы из расчета 4,5 млн всхожих зерен на 1 га. Весовая норма устанавливалась для каждого сорта в зависимости от крупности семян и их хозяйственной годности. Посев был произведен 18.05.2021.

В 2021 году запасы влаги в почве позволили получить дружные всходы. От посева до выхода в трубку зерновых культур практически не было осадков, что на фоне высоких температур угнетало растения. Осадки июля 25,5 мм (табл. 1) немного смягчили условия. Всего за вегетационный период выпало 45,5 мм осадков. Метеоусловия вегетационного периода 2021 года для сельскохозяйственных культур можно охарактеризовать как острозасушливые. В хозяйстве агрономической службой осуществляются наблюдения за осадками с помощью осадкомера Третьякова, так как данные метеостанции имеют большие отличия и не предоставляются для свободного пользования.

Учет урожая проведен прямым комбайнированием опытных делянок селекционным комбайном «Сампо-130» с 4 по 6 октября. Для биометрии перед обмолотом делянок отобрали растения с площадок в 0,125 м² в четырехкратном повторении. Отобранные сноповые образцы обмолочены с каждой площадки по отдельности на колосковой молотилке. Учет урожая проведен по всем делянкам и повторениям с последующим приведением к зачетному весу. Зерно по каждому сорту объединено для технологической оценки и передано для анализа в лабораторию оценки качества зерна ФГБНУ «Челябинский НИИСХ».

Результаты и обсуждение

В условиях сильнейшей засухи 2021 года продуктивность твердой пшеницы в разрезе сортов колебалась от 0,50 до 1,89 т/га (табл. 3). Наиболее продуктивными в условиях года были сорта: Ясенька (1,89 т/га), Ядрица (1,77 т/га), Безенчукская юбилейная (1,76 т/га). Обратили на себя внимание сорта Самарского ФИЦ, показавшие в условиях данного года высокую продуктивность.

Таблица 3 – Показатели урожайности яровой твердой пшеницы в ООО «Силач», 2021 г.

Название сорта	Урожай зерна, т/га	Стекловидность, %	Масса 1000 зерен, г	Нагура зерна, г/л	Содержание белка в зерне, %	Клейковина	
						содержание, %	группа ИДК
Ярина	1,49	66	40,0	783	15,6	36,6	91-II
Ясенька	1,89	60	40,8	775	17,7	35,6	101-II
Луч 25	1,62	59	45,9	785	15,9	32,3	92-II
Валентина	1,50	63	47,0	776	17,4	31,3	92-II
Ядрица	1,77	59	42,6	785	16,4	42,9	104-III
Николаша	1,32	62	35,7	787	16,0	32,6	96-II
Безенчукский подарок	1,36	65	44,3	807	16,2	24,3	70-I
Безенчукская юбилейная	1,76	67	48,5	781	16,7	28,3	98-II
Безенчукская золотистая	1,67	64	42,8	788	16,5	31,3	96-II
Безенчукская Нива	1,58	71	46,5	795	16,4	27,4	91-II
Безенчукская 210	1,63	70	40,9	793	15,9	26,3	95-II
Безенчукская степная	1,61	60	45,9	788	17,2	28,0	94-II
Марина (st)	1,52	62	47,7	794	16,0	31,5	95-II
Омский коралл	1,38	61	38,0	753	16,6	34,7	104-III
Омский корунд	1,16	63	40,6	805	17,4	35,0	103-III
Омский изумруд	1,65	68	37,9	778	17,4	27,6	104-III
Омский лазурит	1,50	69	37,4	797	16,5	28,3	108-III
Жемчужина Сибири	1,13	64	36,8	762	17,9	36,0	104-III
Омский циркон	1,06	56	45,6	774	20,0	44,3	109-III
Омская бирюза	0,88	55	40,0	779	18,8	37,7	104-III
Оазис	1,32	67	41,6	785	16,6	25,1	105-III
Памяти Янченко	1,05	56	41,4	787	18,6	29,6	95-II
Салют Алтая	0,71	58	40,8	775	20,8	42,3	101-II
Шукшинка	1,30	65	39,4	790	17,6	34,8	93-II
АТП Прима	1,36	71	37,6	798	16,2	26,2	89-II
Алтын Орда	0,88	61	38,3	782	19,8	39,7	99-II
Памяти Исакова	0,98	63	37,6	803	15,0	35,0	102-II
Байсары	0,90	60	37,0	782	17,6	36,6	93-II
Костанайская 207	0,97	58	37,2	797	18,0	35,0	102-II
Алтын Дала	0,77	55	41,4	771	17,9	32,0	103-III
Шарифа	0,82	57	40,5	788	17,6	33,6	101-II
Карабалыкская черноколосая	0,95	63	36,6	780	18,1	37,5	105-III
Карабалыкская 9	0,87	63	36,9	782	20,4	42,9	110-III
Дамсинская янтарная	0,73	61	38,9	760	21,4	43,0	99-II
Дамсинская юбилейная	0,87	60	37,2	780	19,5	36,4	85-II
Корона	0,94	65	38,0	787	19,7	39,3	93-II
Лавина	1,06	66	35,6	791	20,4	42,1	82-II
Донская элегия	1,18	60	45,4	784	18,1	34,6	101-II
Харьковская 46	0,78	58	42,8	785	18,6	37,5	105-III
Рустикано	0,78	57	42,6	771	17,9	35,2	92-II
Кремень	1,15	64	42,8	787	18,8	37,0	100-II
Меяна	0,91	64	41,1	783	18,8	36,7	106-III
Целина	1,01	54	40,0	772	18,9	39,0	96-II
Сояна	0,97	70	34,2	780	20,0	40,3	103-III
Лариса янтарная	1,00	64	49,5	781	19,2	37,4	102-II
Одисео	0,63	58	43,6	723	17,7	32,0	92-II
Дюранегро	0,48	56	50,3	753	21,1	43,4	93-II
Дюраголд	0,56	65	43,7	770	20,1	43,1	94-II
Камут	0,58	64	55,6	739	21,4	45,4	101-II
Никола	0,50	65	44,6	776	20,5	39,2	98-II
НСР ₀₅	0,39						

Самое тяжеловесное зерно получено у сортов Дюранегро, Лариса янтарная, Безенчукская юбилейная, Марина и Валентина. Высоконатурное зерно сформировали все сорта кроме Одисео (723 г/л). Самые высокие показатели отмечены у сортов твердой яровой пшеницы Безенчукский подарок, Омский корунд и Памяти Исакова, АТП Прима, Безенчукская Нива, Марина и Лавина.

По количеству и качеству клейковины 35 испытываемых в опыте сортов можно отнести к III классу (ГОСТ 9353-2016). Высокие показатели отмечены у сортов Лариса янтарная (содержание белка 19,2 %; содержание клейковины – 37,4%; группа ИДК-102-II), Лавина (содержание белка 20,40 %; содержание клейковины – 42,1%; группа ИДК-82-II), Дюранегро (содержание белка 21,07 %; содержание клейковины – 43,4 %; группа ИДК-93-II), Салют Алтая (содержание белка 20,75 %; содержание клейковины – 42,3 %; группа ИДК-101-II) и Дюраголд (содержание белка 20,11 %; содержание клейковины – 43,1 %; группа ИДК-94-II). В связи с поздней уборкой стекловидность выше 70 % сохранили только три сорта Безенчукская Нива 71 %, АТП Прима 71 % и Союна 70 %.

Можно сделать вывод, что получить твердую пшеницу хорошего качества по паровому предшественнику можно даже в условиях дефицита влаги и минимальных осадков на фоне высоких температур. Элементы структуры урожая (продуктивная кустистость, число зерен и масса зерна в колосе) зерновых культур формируются последовательно один за другим под влиянием экологических факторов. Биометрические показатели в условиях отчетного года в условиях засухи были невысокими (табл. 4). В частности, продуктивная кустистость у изучаемых сортов изменялась в пределах 1,02-1,54 продуктивных стеблей на растение.

Таблица 4 – Данные биометрического анализа яровой твердой пшеницы в ООО «Силач», 2021 г.

Сорт	Высота растений, см	Продуктивная кустистость, шт.	Анализ колоса				Масса зерна с растения, г
			Длина, см	Число колосков, шт.	Число зерен, шт.	Масса зерна с колоса, г	
1	2	3	4	5	6	7	8
Ярина	46,0	1,3	3,8	8,7	18,2	0,8	0,9
Ясенка	50,2	1,3	4,3	9,5	20,3	0,8	1,1
Луч 25	53,2	1,0	4,5	8,2	16,3	0,7	0,7
Валентина	57,8	1,2	5,0	9,4	18,0	0,8	0,9
Ядрица	44,7	1,3	3,7	7,9	14,2	0,5	0,7
Николаша	52,5	1,1	4,4	8,8	16,8	0,6	0,7
Безенчукский подарок	54,4	1,3	4,5	8,6	19,7	0,9	1,1
Безенчукская юбилейная	60,6	1,2	5,7	11,1	20,8	1,0	1,2
Безенчукская золотистая	59,7	1,4	5,3	10,1	23,8	0,9	1,4
Безенчукская Нива	60,9	1,1	5,4	10,4	20,3	0,9	1,0
Безенчукская 210	51,2	1,2	4,6	9,8	19,4	0,8	0,9
Безенчукская степная, (st)	54,9	1,2	4,7	10,1	20,2	0,9	1,1
Марина	48,7	1,3	4,7	8,8	16,4	0,7	0,8
Омский коралл	65,2	1,2	6,0	11,5	21,7	0,9	1,1
Омский корунд	62,0	1,2	5,2	9,0	18,9	0,7	0,9
Омский изумруд	64,8	1,5	5,5	10,2	21,6	0,8	1,2
Омский лазурит	70,2	1,3	5,6	10,3	22,4	0,9	1,2
Жемчужина Сибири	60,0	1,2	5,7	11,1	21,0	0,8	1,0
Омский циркон	55,6	1,0	4,8	9,6	13,6	0,6	0,6
Омская бирюза	49,2	1,1	5,1	10,2	12,8	0,5	0,5
Оазис	74,8	1,3	5,5	10,1	21,3	0,9	1,3
Памяти Янченко	56,0	1,2	3,8	6,4	13,2	0,5	0,6
Салют Алтая	51,1	1,2	4,8	8,5	8,6	0,4	0,5

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

1	2	3	4	5	6	7	8
Шукшинка	56,9	1,1	4,5	8,2	13,7	0,6	0,6
АТП Прима	59,2	1,5	5,1	10,0	21,4	0,9	1,3
Алтын Орда	56,9	1,4	4,0	8,0	10,1	0,4	0,6
Памяти Искакова	53,1	1,1	5,6	12,2	20,0	0,8	0,9
Байсары	60,7	1,2	4,6	9,0	14,6	0,6	0,7
Костанайская 207	56,9	1,0	4,4	8,9	14,8	0,6	0,6
Алтын Дала	51,4	1,1	4,1	7,8	8,4	0,4	0,5
Шарифа	51,4	1,1	3,9	7,7	11,9	0,5	0,6
Карабалыкская черноколосая	71,4	1,2	4,9	9,6	14,0	0,6	0,7
Карабалыкская 9	59,8	1,2	4,5	8,2	9,6	0,4	0,4
Дамсинская янтарная	48,7	1,3	2,7	5,0	7,6	0,3	0,4
Дамсинская юбилейная	46,8	1,2	4,8	9,4	11,1	0,4	0,5
Корона	54,2	1,2	4,0	8,0	14,4	0,6	0,7
Лавина	50,3	1,2	4,1	4,1	9,0	0,3	0,3
Донская элегия	47,8	1,1	4,6	7,6	11,0	0,5	0,5
Харьковская 46	50,3	1,2	4,7	8,6	12,4	0,5	0,7
Рустикано	34,0	1,0	4,2	8,0	8,6	0,4	0,4
Кремень	46,0	1,4	5,0	9,2	17,6	0,8	1,1
Меяна	45,2	1,1	4,8	9,4	20,2	0,8	0,9
Целина	49,1	1,2	5,0	9,0	16,1	0,7	0,9
Сояна	45,4	1,1	5,0	9,5	16,0	0,6	0,6
Лариса янтарная	52,3	1,5	5,9	11,4	16,4	0,9	1,3
Одисео	31,6	1,3	4,0	8,3	13,0	0,6	0,8
Дюранегро	34,4	1,2	3,7	6,2	3,8	0,2	0,2
Дюраголд	36,4	1,2	3,9	7,2	6,8	0,4	0,4
Камуг	42,6	1,1	4,3	6,8	6,4	0,4	0,4
Никола	39,2	1,1	3,8	7,0	4,8	0,2	0,2

Анализ структуры урожайности показывает, что наиболее продуктивные сорта выделены и по элементам продуктивности. Длина колоса у изучаемых сортов изменялась от 3,7 до 6,0 см. По комплексной оценке анализа колоса, а именно, длине, числу колосков и числу зерен в колосе, отличились следующие сорта: Безенчукская юбилейная (5,7 см, 11,1 шт., 20,8 шт.), Омский коралл (6,0 см, 11,5 шт., 21,7 шт.), соответственно. По массе зерна с колоса и с растения хорошо себя показали сорта яровой твердой пшеницы Оазис (0,9-1,3 г), АТП Прима (0,9-1,3 г), Безенчукская золотистая (0,9-1,4 г), Лариса янтарная (0,9-1,3 г), Безенчукская юбилейная (1,0-1,2 г) и Безенчукский подарок (0,9-1,1 г).

При оценке результатов экологического сортоиспытания по показателям продуктивности, структуры и качества урожая безусловно необходимо учитывать и такое явление, как эффект интродукции, дающий вспышку урожайности при пересеве семян в новых условиях, и специфические условия дефицита влаги, сложившиеся при проведении опыта в 2021 году. Считаю целесообразным продолжение испытаний и получение многолетнего статистического материала, позволяющего дать всестороннюю оценку изучаемой коллекции твердой пшеницы в условиях южной лесостепи Челябинской области.

Выводы

Проведенные исследования позволили провести комплексную оценку основных хозяйственно ценных признаков сортов твердой пшеницы. По результатам экологического испытания в условиях засухи 2021 г установлено:

- по паровому предшественнику продуктивность в разрезе сортов колебалась от 5,0 до 18,9 ц/га. Достоверно стандартный сорт Марина ни один из сортов не превысил. На уровне стандарта сформировали продуктивность сорта Яшенька (1,89 т/га), Ядрица (1,77 т/га), Безенчукская юбилейная (1,76 т/га), Безенчукская золотистая (1,67 т/га), Омский изумруд (1,65 т/га), Безенчукская 210 (1,63 т/га) и Луч (1,62 т/га).

- самое тяжеловесное зерно получено у сортов Дюраголд (50,3 г), Лариса янтарная (49,5 г), Безенчукская юбилейная (48,5 г), Марина (47,7 г) и Валентина (47,0 г).

- высокие показатели натуры зерна отмечены у сортов Безенчукский подарок (807 г/л), Омский корунд (805 г/л) и Памяти Искакова (803 г/л), АТП Прима (798 г/л), Безенчукская Нива (795 г/л), Марина (794 г/л) и Лавина (791 г/л).

Представленные данные указывают на необходимость учета результатов экологического испытания при совершенствовании структуры сортовых посевов, которое в условиях хозяйства дает представление об объективных возможностях сорта, его потенциальной продуктивности и адаптивности к микроклимату и почвенным условиям территории.

Список литературы

1. Рекомендации семинара по возделыванию зерновых и зернобобовых культур, посвященного 85-летию селекции яровой пшеницы и 45-летию селекции ярового ячменя в ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» / Под ред. А.В. Вражнова. Челябинск, 2022. 73 с.

2. Рекомендации по агротехнологиям возделывания сельскохозяйственных культур Челябинской области / Под ред. Ю.П. Прядун, А.А. Агеева. Челябинск, 2021. 54 с.

3. Иванов А.Л., Болотов А.Г., Десяткин Р.В., Духанин Ю.А., Жидкин А.П., Иванов Д.А., Кирюшин В.И., Козлов Д.Н., Кулик К.Н., Савин И.Ю., Столбовой В.С., Хитров Н.Б. Землепользование России в условиях изменения глобального климата и беспрецедентных социально-экономических вызовов: состояние почвенного (земельного) покрова, тенденции изменения, деградация, методология учета, прогнозы. Москва, 2022. 100 с.

4. Vasiliev A.A., Ufimtseva L.V., Glaz N.V., Nokhrin D.Y. Long-term tendencies in climate change of the Urals due to global warming // E3S Web of Conferences. Ser. “International Scientific and Practical Conference “Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad”, DAIC 2020” vol. 222. P. 5001. DOI: 10.1051/e3sconf/202022205001.

5. Панфилов А.Э., Овчинников П.Ю. Региональные изменения климата и технология выращивания кукурузы на зерно на Южном Урале // Земледелие. 2022. № 1. С. 30-34.

6. Васильев Д.Ю., Кучеров С.Е., Семенов В.А., Чибилев А.А. Оценка метеорологических факторов пожарной опасности на территории Южного Урала // География и природные ресурсы. 2022. Т. 43. № 2. С. 161-168.

7. Моисеенко Л.М., Клыков А.Г., Богдан П.М., Тимошинова О.В. Пути увеличения производства зерна пшеницы в условиях приморского края // Зерновое хозяйство России. 2014. № 3. С. 41-46.

8. Кобякова Т.И., Уфимцева Л.В. Оценка показателей плодородия почв сельскохозяйственных угодий Северной лесостепи Зауралья // Агробиохимический вестник. 2018. № 5. С. 2-5.

9. Юшкевич Л.В., Хамова О.Ф., Щитов А.Г., Тукмачева Е.В. Агрэкологические особенности возделывания яровой пшеницы по паровому предшественнику в лесостепи Западной Сибири // Плодородие. 2020. № 4(115). С. 63-68.

10. Юшкевич Л.В., Хамова О.Ф., Щитов А.Г., Шулико Н.Н., Тукмачева Е.В. Экологическое состояние агрофитоценоза при возделывании яровой пшеницы по пару в лесостепи Западной Сибири // Аграрная наука – сельскому хозяйству: Сборник материалов XVI Междунар. науч.-практ. конф. Кн. 1. Барнаул, 2021. С. 233-235.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 28.09.2022

Принята к публикации 12.12.2022

**AN ESTIMATION OF THE DURUM WHEAT COLLECTION
IN ECOLOGICAL TESTING**

Yu. Pryadun¹, N. Savkov², P. Lopukhov¹, N. Glaz¹, Yu. Kolobkov², Sh. Usmanov¹

¹State Scientific Institution “Chelyabinsk Scientific-Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences”, Russia, Chelyabinsk

²LLC “Silach”, Troitsk

e-mail: chniish2@mail.ru

In 2021, an ecological test of 50 varieties of hard spring wheat of domestic and foreign breeding was carried out on the experimental field of the LLC “Silach”, located in the southern forest-steppe soil-climatic zone of the Chelyabinsk region. The conducted studies allowed for a comprehensive assessment of important indicators of various varieties. Under drought conditions, their productivity on the fallow predecessor ranged from 0.5 to 1.89 t/ha. The most productive varieties were Yasenka (1.89 t/ha), Yadritsa (1.77 t/ha), Bezenchukskaya Yubileinaya (1.76 t/ha). The maximum grain weight was obtained for the varieties Dyuragold (50,3 g), Larisa Yantarnaya (49.5 g), Bezenchukskaya Yubileinaya (48.5 g), Marina (47,7 g) and Valentina (47.0 g). High indicators of the nature of grain were noted in the varieties Bezenchukskiy podarok (807 g/L), Omskiy korund (805 g/L) and Pamyati Iskakova (803 g/L), ATP Prima (798 g/L), Bezenchukskaya Niva (795 g/L), Marina (794 g/L) and Lavina (791 g/L). The data show the need to take into account the results of ecological testing when improving the structure of crops of varieties, which on the farm gives an idea of the objective capabilities of the variety, its potential productivity and adaptability to the microclimate and soil conditions of the territory.

Key words: drought, productivity, durum wheat, ecological variety study, climate.

References

1. Rekomendatsii seminaru po vozdeleyvaniyu zernovykh i zernobobovykh kul'tur, posvyashchennogo 85-letiyu selektsii yarovoi pshenitsy i 45-letiyu selektsii yarovogo yachmenya v FGBNU “Chelyabinskii NIISKh”. Pod red. A.V. Vrazhnova. Chelyabinsk, 2022. 73 s.
2. Rekomendatsii po agrotekhnologiyam vozdeleyvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur Chelyabinskoi oblasti. Pod red. Yu.P. Pryadun, A.A. Ageeva. Chelyabinsk, 2021. 54 s.
3. Ivanov A.L., Bolotov A.G., Desyatkin R.V., Dukhanin Yu.A., Zhidkin A.P., Ivanov D.A., Kiryushin V.I., Kozlov D.N., Kulik K.N., Savin I.Yu., Stolbovoi V.S., Khitrov N.B. Zemlepol'zovanie Rossii v usloviyakh izmeneniya global'nogo klimata i bespretsedentnykh sotsial'no-ekonomicheskikh vyzovov: sostoyanie pochvennogo (zemel'nogo) pokrova, tendentsii izmeneniya, degradatsiya, metodologiya ucheta, prognozy. Moskva, 2022. 100 s.
4. Vasiliev A.A., Ufimtseva L.V., Glaz N.V., Nokhrin D.Y. Long-term tendencies in climate change of the Urals due to global warming. E3S Web of Conferences. Ser. “International Scientific and Practical Conference “Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad”, DAIC 2020” vol. 222. P. 5001. DOI: 10.1051/e3sconf/202022205001.
5. Panfilov A.E., Ovchinnikov P.Yu. Regional'nye izmeneniya klimata i tekhnologiya vyrashchivaniya kukuruzy na zerno na Yuzhnom Urale. Zemledelie. 2022. N 1. S. 30-34.
6. Vasil'ev D.Yu., Kucherov S.E., Semenov V.A., Chibilev A.A. Otsenka meteorologicheskikh faktorov pozharnoi opasnosti na territorii Yuzhnogo Urala. Geografiya i prirodnye resursy. 2022. T. 43. N 2. S. 161-168.
7. Moiseenko L.M., Klykov A.G., Bogdan P.M., Timoshinova O.V. Puti uvelicheniya proizvodstva zerna pshenitsy v usloviyakh primorskogo kraya. Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2014. N 3. S. 41-46.
8. Kobyakova T.I., Ufimtseva L.V. Otsenka pokazatelei plodorodiya pochv sel'skokhozyaistvennykh ugodii Severnoi lesostepi Zaural'ya. Agrokhimicheskii vestnik. 2018. N 5. S. 2-5.

9. Yushkevich L.V., Khamova O.F., Shchitov A.G., Tukmacheva E.V. Agroekologicheskie osobennosti vozdelvaniya yarovoi pshenitsy po parovomu predshestvenniku v lesostepi Zapadnoi Sibiri. Plodorodie. 2020. N 4(115). S. 63-68.

10. Yushkevich L.V., Khamova O.F., Shchitov A.G., Shuliko N.N., Tukmacheva E.V. Ekologicheskoe sostoyanie agrofytosenoza pri vozdelvanii yarovoi pshenitsy po paru v lesostepi Zapadnoi Sibiri. Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu: Sbornik materialov XVI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kn. 1. Barnaul, 2021. S. 233-235.

Сведения об авторах:

Юрий Петрович Прядун

К.с.-х.н., старший научный сотрудник лаборатории селекции ячменя, ФГБНУ «Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

ORCID 0000-0003-3623-1110

Yury Pryadun

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Barley Breeding Laboratory, State Scientific Institution “Chelyabinsk Scientific-Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences”

Николай Николаевич Савков

Директор, ООО «Силач»

Nikolai Savkov

Director, LLC “Silach”

Павел Михайлович Лопухов

К.с.-х.н., старший научный сотрудник отдела семеноводства, ФГБНУ «Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

Pavel Lopukhov

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Seed Department, State Scientific Institution “Chelyabinsk Scientific-Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences”

Николай Владимирович Глаз

К.с.-х.н., старший научный сотрудник отдела семеноводства, ФГБНУ «Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

ORCID 0000-0001-6480-2828

Nikolai Glaz

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Seed Department, State Scientific Institution “Chelyabinsk Scientific-Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences”

Юрий Александрович Колобков

Главный агроном, ООО «Силач»

Yury Kolobkov

Chief Agronomist, LLC “Silach”

Шамиль Чигапович Усманов

Научный сотрудник отдела семеноводства, ФГБНУ «Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

Shamil Usmanov

Researcher of Seed Department, State Scientific Institution “Chelyabinsk Scientific-Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences”

Для цитирования: Прядун Ю.П., Савков Н.Н., Лопухов П.М., Глаз Н.В., Колобков Ю.А., Усманов Ш.Ч. Оценка коллекции твердой пшеницы в экологическом испытании // Вопросы степеведения. 2022. № 4. С. 118-126. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-118-126

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук ведет прием статей на бесплатной основе для их публикации в издании «**Вопросы степеведения**».

Публикация статей осуществляется по следующим научным специальностям:

1.6. Науки о Земле и окружающей среде:

- 1.6.12. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов;
- 1.6.13. Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география;
- 1.6.15. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель;
- 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия;
- 1.6.21. Геоэкология.

1.5. Биологические науки:

- 1.5.9. Ботаника;
- 1.5.12. Зоология;
- 1.5.14. Энтомология;
- 1.5.15. Экология;
- 1.5.19. Почвоведение;
- 1.5.20. Биологические ресурсы.

4.1. Агронимия, лесное и водное хозяйство:

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство;
- 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика.

Рукописи принимаются на русском и на английском языках.

Издание выходит 4 раза в год.

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Статьям присваивается цифровой идентификатор DOI.

Электронная версия номеров журнала размещается на сайте издания, в Научных электронных библиотеках eLIBRARY.RU и КиберЛенинка.

Подробнее об издании: <http://steppe-science.ru>

Адрес редакции издания:

460000, Россия, г. Оренбург, ул. Пионерская, дом 11, Институт степи УрО РАН

e-mail: steppescience@mail.ru

© Институт степи УрО РАН, 2022