

ISSN 2712-8628



ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ

STEPPE SCIENCE

2025

№ 1

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

1

2025

ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ. 2025. № 1

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

Тишков А.А., член-корр. РАН, д.г.н.
Васильев Д.Ю., 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.
Лисецкий Ф.Н., д.г.н.
Литовский В.В., д.г.н.
Мячина К.В., д.г.н.
Петрищев В.П., д.г.н.
Сивохиц Ж.Т., д.г.н.
Хорошев А.В., д.г.н.
Черных Д.В., д.г.н.
Ахмеденов К.М., к.г.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.
Рябинина Н.О., к.г.н.
Рябуха А.Г., к.г.н.
Святоха Н.Ю., к.г.н.
Филимонова И.Ю., к.г.н.
Чибилев А.А. (мл.), к.э.н.

Общая биология

Розенберг Г.С., член-корр. РАН, д.б.н.
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.
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.
Юферов 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. Грошева О.А.

+7 (3532) 77-44-32

E-mail: steppescience@mail.ru

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

© Институт степи УрО РАН, 2025

Подписано к изданию – 18.03.2025

Дата выхода номера – 25.03.2025

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Головин А.В., Орлова Е.С., Губарев М.С., Резников В.Ф., Рыбкина И.Д. ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ АЛТАЙСКОГО КРАЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	4
Решетняк О.С. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПРИГОДНОСТИ РЕЧНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ В БАССЕЙНЕ ТУЗЛОВА (РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	16
Исаев О.И. ПОВЫШЕНИЕ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	25

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Панкратова Л.А. ДИНАМИКА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЙ ЗАЦЕЛИНЕНИЯ ПОСТПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ (МУЗЕЙ-ЗАПОВЕДНИК ДИВНОГОРЬЕ, ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)	35
Попова Н.Н. РЕДКИЕ МОХООБРАЗНЫЕ ВОЛГО-КАРАМЫШСКОГО СТЕПНОГО ЛАНДШАФТНОГО РАЙОНА (САРАТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	48

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Каипов Я.З., Кираев Р.С., Султангазин З.Р. СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЬЯХ КАК АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ БИОЛОГИЗАЦИИ СЕВООБОРОТОВ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА	56
Барайщук Г.В., Бендова А.Ю., Дегтярев А.И. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ВЫРАЩИВАНИЕ ПЕРСИКА В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ	65

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ АЛТАЙСКОГО КРАЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

***А.В. Головин, Е.С. Орлова, М.С. Губарев, В.Ф. Резников, И.Д. Рыбкина**

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Россия, Барнаул

e-mail: *golovin.anton.vl@gmail.com

Проблемы использования малых водоемов в засушливых бессточных областях междуречий особенно актуальны в условиях климатических изменений. Для поддержания комфортной среды жизнедеятельности населения, а также для реализации программ устойчивого развития сельских территорий Алтайского края необходим комплекс мероприятий по реабилитации и сохранению водных объектов в населенных пунктах степной зоны. На примере оз. Кубы Родинского района Алтайского края проведены исследования влияния природных и антропогенных факторов на современное состояние водоема и предложены практические рекомендации по его реабилитации. Озеро Кубы многократно преобразовывалось, что повлекло ряд негативных последствий: обваловка берега уменьшила поверхностный сток в водоем, а сформированный в советское время суглинисто-глинистый горизонт в ложе озера препятствует грунтовому питанию и фильтрации вод. Климатические изменения вызвали усиление аридизации (увеличение температуры воздуха и испаряемости, снижение количества осадков и влагозапасов) на территории Родинского района, что также негативно влияет на поступление воды в оз. Кубы. В настоящее время озеро мелеет, развиваются процессы эвтрофикации, накапливаются донные илистые отложения, а акватория и побережье зарастают водной и околководной растительностью. Целью данной работы является изучение влияния природных и антропогенных факторов на современное состояние оз. Кубы и разработка предложений и мероприятий по реабилитации водного объекта для его дальнейшего использования в хозяйственных целях.

Ключевые слова: аридизация климата, динамика степных озер, экологическая реабилитация водных объектов.

Введение

Согласно данным МГЭИК [1], происходящие климатические изменения совместно с нерациональным антропогенным использованием природного потенциала наносят существенный ущерб наземным, пресноводным и прибрежным экосистемам: происходит ухудшение их структуры, функциональной и адаптационной способности.

На современном этапе Алтайским ЦГМС [2] на территории степной зоны Алтайского края отмечено повышение температуры приземного слоя воздуха на фоне незначительного увеличения или уменьшения количества осадков. Кроме того, изменились скорость ветра, испарение, испаряемость, частота возникновения опасных и неблагоприятных явлений и другие метеорологические параметры. Все это приводит к усилению аридизации климата и опустыниванию. Согласно моделям ожидаемого изменения климата, разработанным для территории Казахстана, прогнозируется сдвиг зон пустынь и полупустынь на север на 50-400 км, в зависимости от сценария потепления [3]. В свою очередь, аридизация и опустынивание влекут за собой детериорацию водных объектов и ландшафтов, используемых в сельском хозяйстве и рекреационных целях.

Для поддержания благоприятной среды жизнедеятельности населения, экологического благополучия территории, реализации программ устойчивого развития региона на территории населенных пунктов степной зоны необходимы мероприятия по реабилитации и сохранению водных объектов. Сотрудниками Института водных и экологических проблем СО РАН

проведены исследования по теме: «Оценка процессов деградации водного объекта – озеро Кубы, расположенного в муниципальном образовании Родинский сельсовет Родинского района Алтайского края, с целью определения целесообразности проведения экологических реабилитационных мероприятий на водоеме» (Рег. № 123082100007-2) [4]. Целью данной работы является изучение влияния природных и антропогенных факторов на современное состояние оз. Кубы и разработка предложений и мероприятий по реабилитации водного объекта для его дальнейшего использования в хозяйственных целях.

Материалы и методы

Изучение современных климатических изменений на территории Родинского района проводилось на основе данных Росгидромета [5] и архива погоды [6] по метеостанции Родино. С помощью трендов (по данным 1973-2022 гг.) определялась скорость изменения метеопараметров. Испаряемость рассчитана по формуле Н.Н. Иванова [7], фактическое значение испарения взято из литературных источников [8, 9]. Анализ ранее выполненных водоохраных мероприятий на озере Кубы проведен на основе литературных данных и архивных материалов села Родино. Сотрудниками ИВЭП СО РАН при поддержке администрации Родинского района были выполнены полевые работы: измерение глубины и толщи донных отложений оз. Малые Кубы по двум взаимно перпендикулярным профилям по методике [10], выполнение описаний растительного покрова, почвенных разрезов и определение глубин залегания грунтовых вод в котловине оз. Большие Кубы. На основе проведенных натурных исследований представлен анализ экологического состояния водоема и предложен комплекс реабилитационных мероприятий.

Степная зона занимает равнинную часть Алтайского края. В современном рельефе территория охватывает Кулундинскую аллювиальную равнину, Приобское плато, Обь-Чумышскую возвышенность и речные долины с комплексом террас. Наиболее уязвима к климатическим изменениям западная часть, которая относится к бессточной области Обь-Иртышского междуречья. Данная территория находится в зоне недостаточного увлажнения, не обеспечена поверхностными водотоками, подвержена ветровой эрозии и засоленности почвогрунтов [11]. Рельеф осложнен многочисленными бессточными впадинами, которые часто заняты солончаками и озерами.

В целом для второй половины голоцена А.В. Шнитниковым и Г.К. Тушинским была выявлена определенная цикличность увлажненности равнинной части Алтайского края, соответствующая климатическим ритмам [12]. Она заключается в том, что объемы водных масс озер испытывают ритмичную изменчивость в зависимости от увлажненности территории [13]. На фоне ритмичных колебаний режима увлажнения и уровня воды в озерах наблюдается тренд на сокращение площади зеркала водной поверхности и исчезновение некоторых озер Кулунды [14]. Так, например, в XVIII и XIX вв. Кулундинское озеро имело более значительные размеры и, вероятно, сливалось с оз. Малое Яровое и рядом мелких озер [15, 16].

Исчезновение озер остро испытали на себе жители Родинского района Алтайского края. По данным старожилов и архивным сведениям, в XIX в. около будущего села Родино располагалось несколько водоемов и заболоченных урочищ. Со временем они полностью исчезли, за исключением оз. Кубы (современное название), которое многократно подвергалось антропогенным изменениям, в результате чего приняло свой современный искусственный облик на месте усыхающего урочища Родино.

Озеро Кубы располагается в южной части с. Родино. Площадь водного объекта составляет 41,8 га. Согласно А.М. Малолетко, поверхность Кулундинской равнины подвергалась воздействию ветров вихревой структуры. Они выработали многочисленные замкнутые депрессии в рыхлых отложениях, в которых образовались бессточные озера, в том числе оз. Кубы [15, 16]. В настоящее время котловина антропогенно преобразована и разделена на две неравные части (Малые и Большие Кубы). Средняя глубина составляет 1,5 м. Водоем пресный, используется населением для рекреационных целей и пожаротушения (табл. 1, рис. 1).

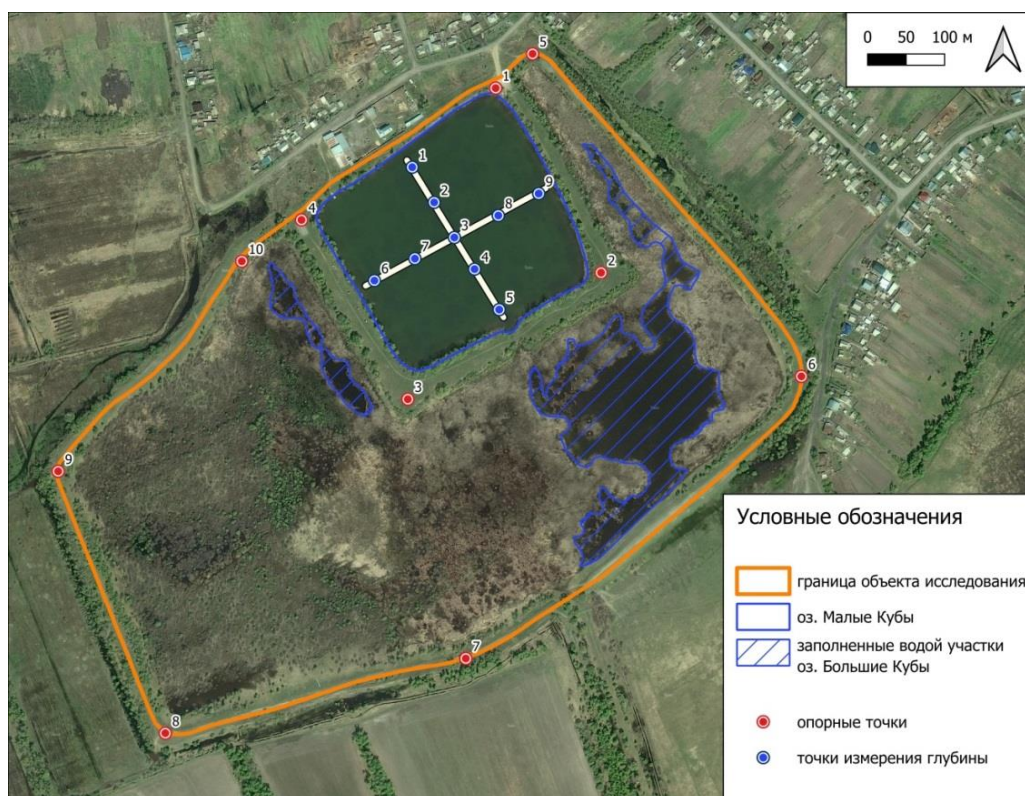


Рисунок 1 – Современное состояние озера Кубы и ключевые точки исследования (основа – Google maps)

Таблица 1 – Морфометрические характеристики озера Кубы

Показатель	Водный объект	
	Малые Кубы	Большие Кубы
Длина, м	298	880
Средняя ширина, м	265	520
Максимальная ширина, м	–	593
Длина периметра, м	1045	2661
Площадь объекта*, га	7,24	34,60
Средняя глубина, м	1,5	-
Максимальная глубина, м	1,7	-
Водосборная площадь**, га	7,46	37,88
Объем водной массы, м ³	99960	-

Примечание: * – рассчитана по контуру водного объекта в программе SAS.Планета; ** – водосборная площадь совпадает с площадью водного объекта из-за обваловки берегов; «-» – показатель не измерялся.

Результаты и обсуждение

Современные тенденции климатических изменений и их роль в трансформации водного баланса оз. Кубы. Анализ метеорологических данных позволил определить, что на территории с. Родино усиливаются процессы аридизации и опустынивания, в частности снижается гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК), что подтверждается исследованиями [17]. Наблюдается также рост средних месячных температур воздуха на 0,02-1,0°C/10 лет и уменьшение количества осадков на 0,1-3,4 мм/10 лет (кроме марта и июня). Снижается поступление талого стока в водные объекты за счет понижения влагозапасов на 2,3 мм / 10 лет в последнюю декаду марта. Кроме того, в большинстве месяцев отмечается увеличение испаряемости на 0,1-6,2 мм/10 лет (табл. 2, рис. 2).

Таблица 2 – Средние многолетние значения метеопараметров и их изменение

Характеристика		Месяц												Период		
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII	XI-III	IV-X
Температура воздуха, °С	ср.	-15,8	-14,8	-7,0	5,3	13,4	19,2	20,6	18,1	11,9	3,7	-5,9	-12,7	3,0	-11,2	13,2
	/ 10	-0,3	+0,5	+1,0	+0,7	+0,4	+0,02	-0,1	+0,2	+0,04	+0,4	+0,1	+0,2	+0,3	+0,3	+0,3
Количество осадков, мм	ср.	16	14	15	19	30	40	54	38	29	31	27	20	332	92	240
	/ 10	-1,9	-1,6	+0,8	-0,1	-1,0	+2,9	-3,0	-1,4	-0,8	-0,3	-0,1	-0,5	-5,0	-1,8	-3,4
Наибольший декадный влагозапас, мм	ср.	48	61	66	4	-	-	-	-	-	2	16	33	-	-	-
	/ 10	-1,9	-1,9	-2,3	-0,5	-	-	-	-	-	+0,2	-1,4	-2,3	-	-	-
ГТК	ср.	-	-	-	0,6	0,5	0,7	0,8	0,7	0,6	0,9	-	-	-	-	-
	/ 10	-	-	-	-	-0,04	+0,05	-0,04	-0,04	-0,07	-	-	-	-	-	-
Испаряемость, мм	ср.	3	4	12	60	130	154	138	123	92	42	13	6	776	24	739
	/ 10	0,0	+0,6	+1,9	+6,2	+6,1	-1,3	-3,6	+0,2	-0,7	+1,7	+0,1	0,0	+11,4	+2,9	+4,3
Скорость ветра, м/с	ср.	4,1	4,0	4,0	4,3	4,2	3,5	3,0	3,0	3,4	4,0	4,5	4,4	3,9	4,2	3,6
	/ 10	-0,4	-0,3	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2

Примечание: «-» – расчеты не производятся.

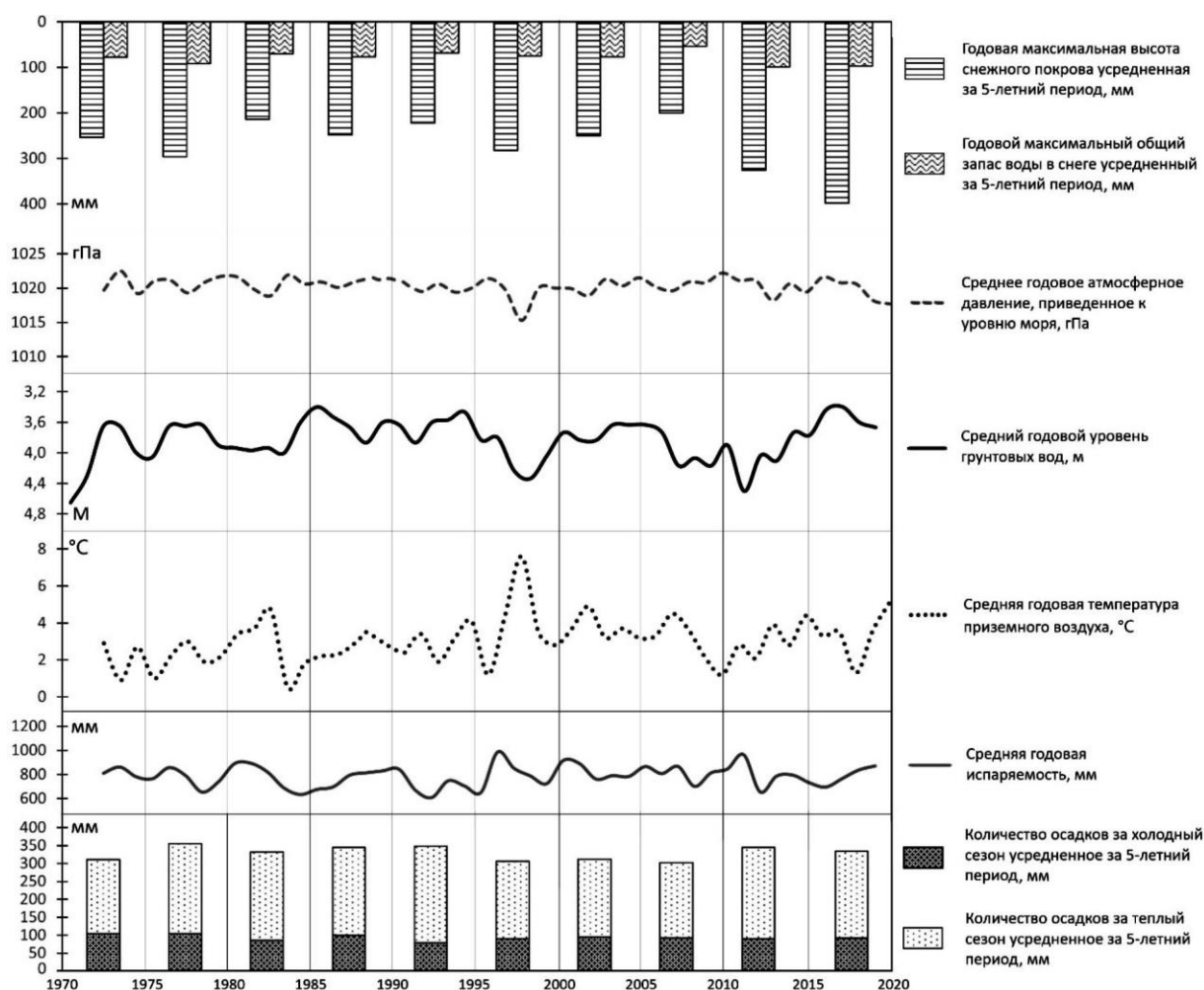


Рисунок 2 – Многолетняя изменчивость метеорологических параметров (метеостанция Родино) и уровня грунтовых вод

В результате усиления процессов опустынивания на территории Родинского района меняется водный баланс озер. Приходная часть водного баланса оз. Кубы формируется преимущественно за счет атмосферных осадков, расходная часть – за счет испарения. Для Кулундинской равнины на испарение приходится 85-98 % годовой суммы осадков или 300 мм [8, 9].

Анализ основных элементов водного баланса показал, что средний многолетний объем воды, поступающий за счет атмосферных осадков, превышает среднее многолетнее испарение (табл. 3).

Таблица 3 – Элементы водного баланса водосбора озера Кубы, тыс. м³ (год)

Показатель	Теплый период (IV-X)			Холодный период (XI-III)			Год (I-XII)		
	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.
оз. Мал. Кубы									
Приход от атмосферных осадков	18,2	9,6 (2010)	29,4 (2000)	6,0	3,5 (2010)	13,9 (2017)	24,2	13,1 (2010)	27 (2000)
Расход от испарения	-	-	-	-	-	-	21-24	-	-
оз. Бол. Кубы									
Приход от атмосферных осадков	111,9	58,9 (2010)	181,1 (2010)	36,9	15,6 (2010)	85,6 (2017)	148,7	80,5 (2010)	230,2 (2000)
Расход от испарения	-	-	-	-	-	-	130-149	-	-

Примечание: «-» – данные отсутствуют.

Однако на территории Родинского района возможно возникновение продолжительных бездождевых периодов (ежесуточно, в течение не менее 10 дней, выпадает менее 1 мм) и периодов с отсутствием эффективных осадков (менее 5 мм за сутки), что может привести к отрицательному водному балансу. Бездождевые периоды повторяются 4-7 раз за теплую часть года, средняя многолетняя продолжительность которых составляет 14 дней. Максимальная продолжительность в отдельные годы может достигать более 30 дней. Эффективные осадки выпадают еще реже. Периоды без эффективных осадков повторяются 3-5 раз за теплую часть года, средняя многолетняя продолжительность составляет 27 дней. Наибольшая продолжительность достигает 120 дней (в 2001 году 5 мм осадков не выпадало с середины июня до конца октября).

Негативные последствия предыдущих реабилитационных мероприятий. До 1900-х годов озеро располагалось в естественном понижении рельефа, в котором происходило временное скопление талых и атмосферных вод. Во время катастрофической засухи 1900-1901 гг. озеро практически пересохло. В 1901 году был составлен проект о сооружении на месте усыхающего озера своеобразного «водохранилища (резервуара)» объемом в 6900 куб. сажень (~ 67020 м³). Проектом предусматривалась выемка грунта, обвалование «резервуара» насыпкой, выравнивание и задерновывание валов, огораживание и озеленение «водохранилища». В 1903 г. сооружение «водохранилища» было завершено. Береговая линия водоема фактически приобрела геометрическую форму, и появилось название «Кубы».

В советское время была продолжена реализация водоохранных мероприятий на водоеме (углубление, обустройство береговой зоны и другие работы). Несмотря на принимаемые меры, водоем продолжал мелеть, поэтому было принято решение о разделении водоема на две неравные части. Котловина оз. Мал. Кубы была углублена, а поднятый на поверхность донный грунт складировался в центральной части оз. Бол. Кубы, в результате чего сформировался возвышенный участок. Для сохранения водной массы и поддержания положительного водного баланса была пробурена артезианская скважина, которая эпизодически подпитывала озеро [18].

Водоохранные мероприятия не оказали долговременного эффекта по сохранению водного объекта, который продолжает терять объем водной массы, зарастать водной, околководной и кустарниковой растительностью, а также заиливаться.

Согласно гидрогеологической схеме [19], на изучаемой территории первый от поверхности водоносный горизонт представлен озерно-аллювиальными и аллювиальными отложениями кочковской свиты средне-верхнеплиоценового возраста. Литологический состав горизонта представлен песками полимиктовыми, разномерными (от мелко- до крупномерными) с гравием, суглинками и песчаными глинами. Обследование в полевых условиях показало, что отложения верхнего слоя котловины водоема отличаются от окружающей территории вследствие проводимых ранее водоохраных мероприятий. На протяжении функционирования водного объекта в ложе накапливались озерные отложения, а в процессе антропогенной деятельности донные осадки извлекались и перемешивались. Кроме того, в ходе проведения реабилитационных мероприятий в советское время была выложена суглинисто-глинистая подушка, которая сегодня подстилает дно озера. Так, например, в центральной части оз. Бол. Кубы мощность суглинисто-глинистых отложений составляет 130 см, ниже залегает слой мелкозернистого водонасыщенного песка. Полевые обследования позволили установить, что в ложе оз. Бол. Кубы грунтовые воды вскрываются на глубине от 0,7 до 1,6 м.

Перекрытие ложа оз. Кубы суглинисто-глинистыми отложениями способствовало минимизации грунтового питания и фильтрации воды, а обваловка берега – уменьшению поверхностного стока в озеро. Таким образом, оз. Кубы имеет замедленный водообмен и наполняется за счет атмосферных осадков, выпадающих непосредственно на водосбор, а также путем периодической подкачки воды из скважины насосом.

Актуальные варианты проведения гидротехнических работ. Аридизация климата и опустынивание вносят свои коррективы в гидрологический режим водных объектов степной зоны. Так, за счет отсутствия проточности оз. Кубы и развития дефляционных процессов на прилегающих территориях увеличивается потенциал накопления аллохтонных веществ. Формированию автохтонного органического вещества в теплое время года способствуют высокое поступление солнечной радиации, благоприятные инсоляционный и температурный режимы. На процессы накопления донных осадков в оз. Кубы дополнительно повлияло освоение целинных земель, что привело к усилению процессов дефляции и увеличению повторяемости песчаных бурь, которые внесли значительный вклад в процессы заиления водоемов. В результате взаимодействия этих факторов происходит увеличение содержания питательных веществ и, как следствие, усиление процессов эвтрофирования озера.

Поскольку предполагается, что негативные процессы продолжатся, поэтому целесообразно проведение комплекса реабилитационных мероприятий на озере с целью сохранения исторически сложившегося ландшафта и поддержания благоприятной среды жизнедеятельности населения. Основными мероприятиями на первом этапе являются работы по расчистке и дноуглублению оз. Мал. Кубы.

При обосновании расчистки озера важным является вопрос о мощности илистых отложений, рекомендуемых для изъятия. Результаты замеров, проведенных в начале третьей декады августа 2023 года, показали, что мощность отложений колеблется от 0,34 м в западном (точка № 6) до 0,55 м в северном (точка № 1) секторе оз. Малые Кубы (рис. 3), общий объем отложений составляет около 31868 м³. По всей вероятности, наличие преобладающего южного и юго-западного ветра способствует сносу илистых отложений и приходящих извне органических веществ в северную и северо-восточную часть водоема.

На основании анализа природных условий и натурного обследования водного объекта предложены два варианта проведения гидротехнических работ на оз. Мал. Кубы:

1-й вариант характеризуется проведением дноуглубительных работ до отметки 153,0 м Балтийской системы высот (БС). При этом средняя глубина расчистки составит 0,6 м, а общий объем вынимаемого грунта – 45 тыс. м³ (рис. 4а, б).

2-й вариант предполагает проведение дноуглубительных работ с небольшим углублением до отметки 152,3 м БС. При этом средняя глубина расчистки составит 1,3 м, а общий объем вынимаемого грунта – 95 тыс. м³ (рис. 4в, г).

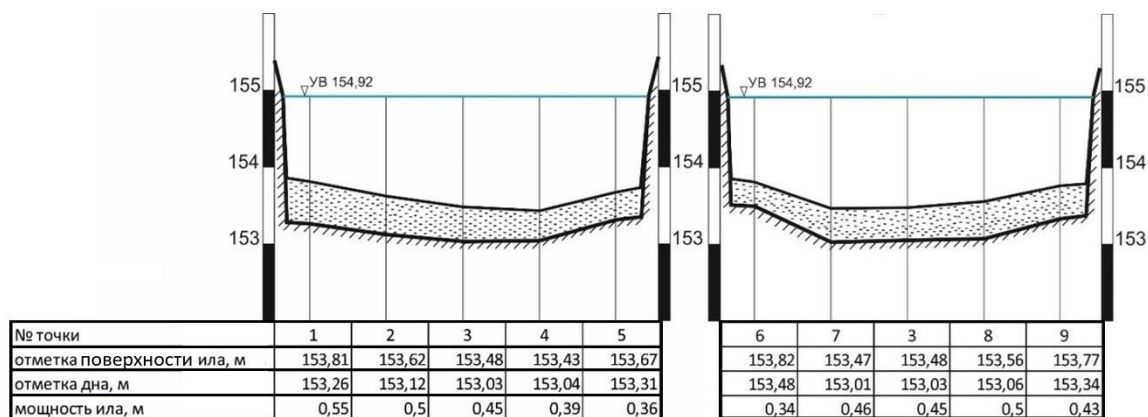


Рисунок 3 – Профиль донных отложений на озере Малые Кубы (номера точек профиля представлены на рис. 2)

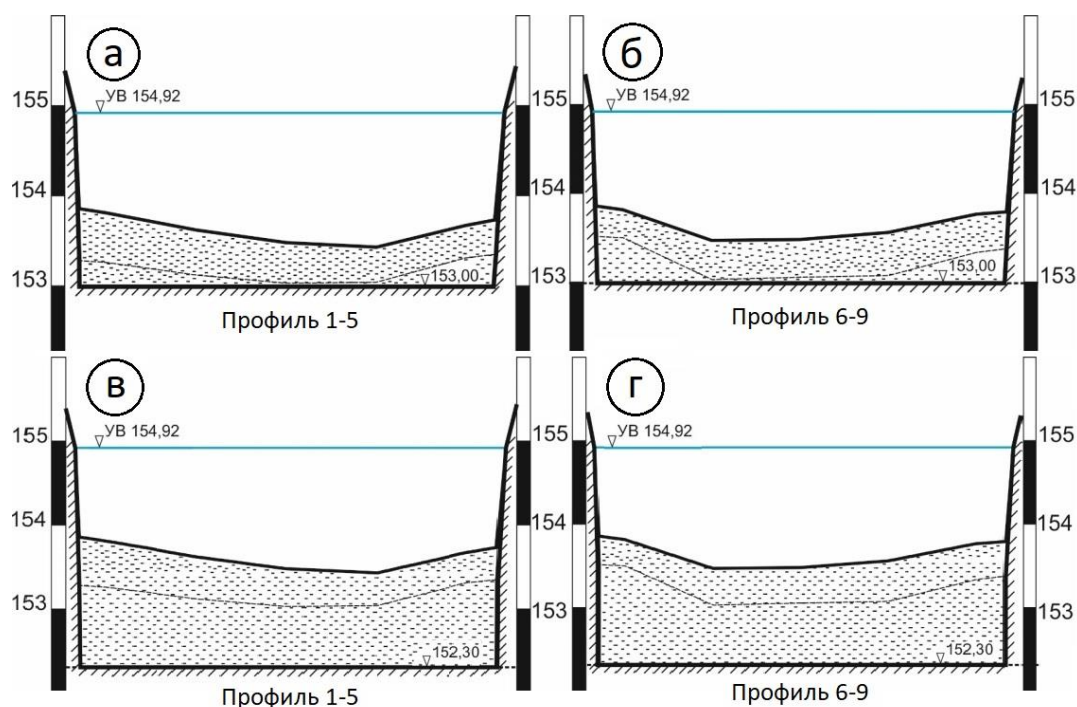


Рисунок 4 – Схема профилей при проведении дноуглубительных работ по 1-му варианту (а, б) и по 2-му варианту (в, г)

В ходе проведения дноуглубительных работ для вынимаемого грунта следует определиться с местом его складирования. Основной полигон для изымаемых илистых озерных отложений и донного грунта рекомендуется организовать в северной части оз. Бол. Кубы. При заполнении основного места складирования оставшийся вынимаемый грунт предлагается разместить в северо-западной части оз. Бол. Кубы. Предварительно участки складирования необходимо расчистить от растительности с удалением растительно-корневого покрова и провести обваловку периметра карт складирования. Акваторию также требуется очистить от зарослей водной растительности и освободить котловину оз. Мал. Кубы от водных масс. Их перемещение планируется осуществить в южную часть оз. Бол. Кубы за счет организации прорыва существующей дамбы обвалования и откачки оставшейся воды из наиболее глубоких частей озера с помощью насоса.

После проведения расчистки и дноуглубления необходимо также провести работы по устройству гидроизоляции нового ложа и склонов оз. Мал. Кубы. Заполнение котловины водой возможно осуществить за счет артезианской скважины. Затем, после основных работ,

предлагается проведение ландшафтного обустройства береговой зоны водоема, а также мест складирования поднятого на поверхность донного грунта.

В результате влияния природных и антропогенных факторов на оз. Кубы возник ряд негативных последствий. Решение этих проблем возможно с помощью предложенных экологических реабилитационных мероприятий, включающих гидротехнические работы.

Выводы

Наблюдаемые климатические изменения способствовали уменьшению водной массы оз. Кубы. За 50 лет произошло сокращение количества осадков в теплый и холодный периоды на фоне повышения температуры приземного воздуха. Аридизация климата в районе исследования является одной из причин увеличения расходной части водного баланса озера за счет роста испаряемости. Усиление эвтрофикации произошло вследствие, во-первых, развития дефляционных процессов на прилегающих территориях, во-вторых, благоприятных радиационного и температурного режимов.

Озеро Кубы за период хозяйственного использования неоднократно подвергалось антропогенному изменению. В результате преобразований был нарушен естественный режим питания водоема. За счет обваловки уменьшился поверхностный сток с водосборного бассейна озера, а суглинисто-глинистые отложения в ложе озера препятствуют грунтовому питанию и фильтрации воды.

Для дальнейшего хозяйственного использования озера необходимыми условиями являются работы по расчистке и дноуглублению, включающие удаление илистых озерных отложений и благоустройство рекреационной зоны. Предложенные мероприятия по изменению и обустройству водоема – наиболее технологически оптимальные и экономически целесообразные, способствуют реабилитации водного объекта и улучшению его экологического состояния и направлены на создание общественного пространства, обеспечивающего использование рекреационного потенциала озера.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Института водных и экологических проблем СО РАН (№ 0306-2021-0002).

Список литературы

1. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2022. 3056 p. DOI: 10.1017/9781009325844.
2. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научное издание «Технологии», 2022. 124 с.
3. Малахов Д.В., Витковская И.С., Батырбаева М.Ж. Методические подходы к изучению опустыненной степи Казахстана: перспективы использования некоммерческих данных ДЗЗ // Вопросы степеведения. 2021. № 2. С. 19-33. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-2-19-33.
4. Отчет НИР по теме «Оценка процессов деградации водного объекта – озеро «Кубы», расположенного в МО «Родинский сельсовет» Родинского района Алтайского края, и определение целесообразности проведения экологических реабилитационных мероприятий на водоеме» / науч. рук. д.г.н. И.Д. Рыбкина, отв. исп. В.Ф. Резников. Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2023. 54 с.
5. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 05.06.2023).
6. Многолетний архив погоды с. Родино. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/summary/36020.htm> (дата обращения: 01.08.2023).

7. Иванов Н.Н. Об определении величин испаряемости // Известия Всесоюзного географического общества. 1954. Т. 86. Вып. 2. С. 189-196.
8. Раковская Э.М., Давыдова М.И. Физическая география России. Ч. 2. Азиатская часть, Кавказ и Урал. М.: ГИЦ «Владос», 2001. 304 с.
9. Атлас теплового баланса Земного шара / Под ред. проф. М.И. Будыко; Международный Геофизический комитет при Президенте Академии наук СССР, Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова. М., 1963. 69 л.
10. Городничев Р.М., Пестрякова Л.А., Ядрихинский И.В., Ушницкая Л.А., Фролова Л.А. Методы экологических исследований. Озерные экосистемы: учебно-методическое пособие. Якутск: Издательский дом СВФУ, 2017. 68 с.
11. Акуленко Ю.Н. Основы мелиоративной гидрогеологии степного Алтая // Природные особенности мелиорации в степном Алтае. Красноярск, 1979. С. 3-101.
12. Винокуров Ю.И., Цимбалей Ю.М., Булатов В.И., Пудовкина Т.А., Ревякин В.С., Чураков Д.С., Кошелев В.И., Моргунов В.В., Агафонова Н.И., Резников В.Ф., Рыбакова С.Т., Пурдик Л.Н. Кулундинский канал. Ландшафтно-индикационная оценка природных условий в зоне влияния и прогноз их изменений. Иркутск, 1985. 198 с.
13. Давыдова М.И. Физическая география СССР. М.: Просвещение, 1966. 847 с.
14. Рыбкина И.Д., Курепина Н.Ю., Плуталова Т.Г. Перспективы водопользования на территории бессточной области Обь-Иртышского бассейна Алтайского края // Дegradация земель и опустынивание: проблемы устойчивого природопользования и адаптации: материалы междунар. науч.-практ. конф. М.: ООО «МАКС Пресс», 2020. С. 127-131. DOI: 10.29003/m1692.978-5-317-06490-7/127-131.
15. Малолетко А.М. Феномен Кулундинской равнины // География и природопользование Сибири. 2016. № 21. С. 115-125.
16. Малолетко А.М. Происхождение Кулундинской равнины // XXXVI пленум Геоморфологической комиссии Российской академии наук. Геоморфология – наука XXI века: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Барнаул, 2018. С. 255-259.
17. Харламова Н.Ф., Фрюауф М. Глава 3. Изменчивость климата Кулундинской степи // Кулунда: сельское хозяйство и низкоэмиссионные технологии устойчивого землепользования: коллективная монография. Барнаул: Алтайский государственный университет, 2021. С. 27-41.
18. Отчет по теме: «Определение статуса водного объекта, расположенного в с. Родино Родинского района Алтайского края» / отв. исп. В.Ф. Резников. Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2022. 24 с.
19. Гидрогеологическая карта. Государственная геологическая карта. М 1 : 200 000. Первое поколение, лист N-44-XXXIII. ВСЕГЕИ. 1978. URL: https://rasterdb.vsegei.ru/raster_info.php?id=9468 (дата обращения: 02.08.2023).

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

Поступила в редакцию 03.10.2024
Принята к публикации 04.03.2025

PROBLEMS OF USING SMALL WATER BODIES IN THE STEPPE ZONE OF THE ALTAI TERRITORY UNDER CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

***A. Golovin, E. Orlova, M. Gubarev, V. Reznikov, I. Rybkina**

Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Russia, Barnaul
e-mail: *golovin.anton.vl@gmail.com

The problems of using small water bodies in arid drainless areas of interfluves are particularly relevant in the context of climate change. To maintain a comfortable living environment for the population, as well as to implement sustainable development programs in rural territories of the Altai Territory, it is necessary to take measures to rehabilitate and preserve water bodies in settlements of the steppe zone. An example of Lake Kubi in the Rodinsky district of the Altai Territory was used to research the influence of natural and anthropogenic factors on the current state of the water body and to propose practical recommendations for its rehabilitation. Lake Kubi has been artificially transformed many times, what has led to a number of negative consequences: embankment has reduced surface runoff into the water body, at the same time the loamy-clay horizon formed in the Soviet times in the lakebed prevents groundwater feeding and water filtration. Climate change has caused intensification of aridization (increased air temperature and evaporation, reduced precipitation and moisture reserves) in the Rodinsky district, which also affects water inflow to Lake Kubi. Currently, the Lake is becoming shallower, eutrophic processes are developing, silty bottom sediments are accumulating, and the water area and cost are overgrown with aquatic and near-water vegetation. The purpose of this work is to study the influence of natural and anthropogenic factors on the current state of Lake Kubi and to develop proposals and measures for the rehabilitation of the water body for its further use for economic purposes.

Key words: climate aridization, dynamics of steppe lakes, ecological rehabilitation of water bodies.

References

1. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2022. 3056 p. DOI: 10.1017/9781009325844.
2. Tretii otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Obshchee rezyume. SPb.: Naukoemkie tekhnologii, 2022. 124 s.
3. Malakhov D.V., Vitkovskaya I.S., Batyrbaeva M.Zh. Metodicheskie podkhody k izucheniyu opustynennoi stepi Kazakhstana: perspektivy ispol'zovaniya nekommercheskikh dannykh DZZ. Voprosy stepovedeniya. 2021. N 2. S. 19-33. DOI: 10.24412/2712-8628- 2021-2-19-33.
4. Otchet NIR po teme "Otsenka protsessov degradatsii vodnogo ob"ekta – ozero "Kuby", raspolozhennogo v MO "Rodinskii sel'sovet" Rodinskogo raiona Altaiskogo kraya, i opredelenie tselesoobraznosti provedeniya ekologicheskikh reabilitatsionnykh meropriyatii na vodoeme". Nauch. ruk. d.g.n. I.D. Rybkina, otv. isp. V.F. Reznikov. Barnaul: IVEP SO RAN, 2023. 54 s.
5. Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut gidrometeorologicheskoi informatsii – Mirovoi tsentr dannykh. URL: <http://meteo.ru/> (data obrashcheniya: 05.06.2023).
6. Mnogoletnii arkhiv pogody s. Rodino. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/summary/36020.htm> (data obrashcheniya: 01.08.2023).
7. Ivanov N.N. Ob opredelenii velichin ispanyaemosti. Izvestiya Vsesoyuznogo geograficheskogo obshchestva. 1954. T. 86. Vyp. 2. S. 189-196.
8. Rakovskaya E.M., Davydova M.I. Fizicheskaya geografiya Rossii. Ch. 2. Aziatskaya chast', Kavkaz i Ural. M.: GITs "Vladost", 2001. 304 s.
9. Atlas teplovogo balansa Zemnogo shara. Pod red. prof. M.I. Budyko; Mezhdunarodnyi Geofizicheskii komitet pri Prezidente Akademii nauk SSSR, Glavnaya geofizicheskaya observatoriya im. A.I. Voeikova. M., 1963. 69 l.
10. Gorodnichev R.M., Pestryakova L.A., Yadrinhinskii I.V., Ushnitskaya L.A., Frolova L.A. Metody ekologicheskikh issledovaniy. Ozernye ekosistemy: uchebno-metodicheskoe posobie. Yakutsk: Izdatel'skii dom SVFU, 2017. 68 s.
11. Akulenko Yu.N. Osnovy meliorativnoi gidrogeologii stepnogo Altaya. Prirodnye osobennosti melioratsii v stepnom Altae. Krasnoyarsk, 1979. S. 3-101.
12. Vinokurov Yu.I., Tsimbalei Yu.M., Bulatov V.I., Pudovkina T.A., Revyakin V.S., Churakov D.S., Koshelev V.I., Morgunov V.V., Agafonova N.I., Reznikov V.F., Rybakova S.T.,

- Purdik L.N. Kulundinskii kanal. Landshaftno-indikatsionnaya otsenka prirodnykh uslovii v zone vliyaniya i prognoz ikh izmenenii. Irkutsk, 1985. 198 s.
13. Davydova M.I. Fizicheskaya geografiya SSSR. M.: Prosveshchenie, 1966. 847 s.
14. Rybkina I.D., Kurepina N.Yu., Plutalova T.G. Perspektivy vodopol'zovaniya na territorii besstochnoi oblasti Ob'-Irtyskogo basseina Altaiskogo kraya. Degradatsiya zemel' i opustynivanie: problemy ustoichivogo prirodopol'zovaniya i adaptatsii: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: OOO "MAKS Press", 2020. S. 127-131. DOI: 10.29003/m1692.978-5-317-06490-7/127-131.
15. Maloletko A.M. Fenomen Kulundinskoi ravniny. Geografiya i prirodopol'zovanie Sibiri. 2016. N 21. S. 115-125.
16. Maloletko A.M. Proiskhozhdenie Kulundinskoi ravniny. XXXVI plenum Geomorfologicheskoi komissii Rossiiskoi akademii nauk. Geomorfologiya – nauka XXI veka: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Barnaul, 2018. S. 255-259.
17. Kharlamova N.F., Fryuau M. Glava 3. Izmenchivost' klimata Kulundinskoi stepi. Kulunda: sel'skoe khozyaistvo i nizkoemissionnye tekhnologii ustoichivogo zemlepol'zovaniya: kollektivnaya monografiya. Barnaul: Altaiskii gosudarstvennyi universitet, 2021. S. 27-41.
18. Otchet po teme: "Opredelenie statusa vodnogo ob"ekta, raspolozhennogo v s. Rodino Rodinskogo raiona Altaiskogo kraya". Otv. isp. V.F. Reznikov. Barnaul: IVEP SO RAN, 2022. 24 s.
19. Gidrogeologicheskaya karta. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta. M 1 : 200 000. Pervoe pokolenie, list N-44-XXXIII. VSEGEI. 1978. URL: https://rasterdb.vsegei.ru/raster_info.php?id=9468 (data obrashcheniya: 02.08.2023).

Сведения об авторах:

Головин Антон Владимирович

Младший научный сотрудник лаборатории водных ресурсов и водопользования,
Институт водных и экологических проблем СО РАН

ORCID 0000-0003-0946-9393

Golovin Anton

Junior Researcher of the Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and
Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Орлова Елена Сергеевна

Младший научный сотрудник лаборатории водных ресурсов и водопользования,
Институт водных и экологических проблем СО РАН

ORCID 0009-0004-0650-4055

Orlova Elena

Junior Researcher of the Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and
Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Губарев Михаил Сергеевич

Ведущий инженер лаборатории водных ресурсов и водопользования, Институт водных
и экологических проблем СО РАН

ORCID 0000-0003-0693-6371

Gubarev Mikhail

Leading engineer of the Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and
Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Резников Виктор Фёдорович

Ведущий инженер лаборатории водных ресурсов и водопользования, Институт водных
и экологических проблем СО РАН

ORCID 0009-0003-3681-6802

Reznikov Victor

Leading engineer of the Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Рыбкина Ирина Дмитриевна

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

ORCID 0000-0002-0081-9652

Rybkina Irina

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

Для цитирования: Головин А.В., Орлова Е.С., Губарев М.С., Резников В.Ф., Рыбкина И.Д. Проблемы использования малых водоемов степной зоны Алтайского края в условиях изменения климата // Вопросы степеведения. 2025. № 1. С. 4-15. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-1-4-15

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПРИГОДНОСТИ РЕЧНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ В БАССЕЙНЕ ТУЗЛОВА (РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

О.С. Решетняк

Южный федеральный университет, Россия, Ростов-на-Дону
e-mail: olgare1@mail.ru

В статье представлены результаты оценки степени пригодности речных вод бассейна Тузлова (в пределах Ростовской области) для ирригационных целей. Выполнена сравнительная оценка пригодности воды для орошения по разным показателям и параметрам: минерализации воды, соотношению концентраций солевых компонентов в воде и ирригационному коэффициенту Стеблера. Показано, что, несмотря на то, что по минерализации речные воды бассейна относятся к категории «плохое качество» по пригодности для орошения, по остальным параметрам в 70 % случаев они могут быть использованы в ирригационных целях при проведении на орошаемом массиве мелиоративных мероприятий.

Ключевые слова: речные воды, бассейн Тузлова, Ростовская область, пригодность воды для орошения, минерализация воды, солевой состав, ирригационный коэффициент.

Введение

Река Тузлов является типичной равнинной рекой, бассейн которой практически полностью (92,7 %) расположен в Ростовской области [1]. Длина реки составляет 182 км, площадь водосбора – 4680 км². Река Тузлов и ее притоки расположены в степной зоне и входят в водосборный бассейн реки Дон.

Бассейн Тузлова является одним из самых экономически освоенных речных водосборов на территории Ростовской области. Здесь развиты промышленность (в том числе угледобыча), транспорт и сельское хозяйство. Промышленные предприятия размещены в основном в городах Новошахтинск, Шахты и Новочеркасск. В бассейне относительно хорошо развиты сеть автомобильных дорог и железнодорожный транспорт. Сельскохозяйственным производством охвачена большая часть бассейна. Степень распашки территории достигает 68,2 %, естественные кормовые угодья занимают 14,3 %, многолетние плодовые насаждения – 1,2 % [1].

Непосредственно в реку Тузлов и ее приток, реку Грушевка, происходит выпуск сточных вод очистных сооружений канализации (ОСК) городов Новочеркасск и Шахты соответственно. Применяемые схемы очистки сточных вод не всегда обеспечивают «требуемый уровень экологической безопасности отводимых сточных вод, вследствие чего так называемые «очищенные» сточные воды становятся фактором негативного воздействия на природные водные экосистемы» [2]. Оценка химического состава сточных вод с ОСК показала нарушение нормативов по биогенным веществам и показателю ХПК. Решение этой проблемы авторы статьи [2] видят в переходе всех ОСК на нормирование по комплексным экологическим разрешениям и в использовании наилучших доступных технологий.

Система ОСК г. Новочеркаска имеет две линии очистки: биологическую и механическую. Выпуск очищенных сточных вод ОСК происходит в устье реки Тузлов (4 км выше устья). «Несмотря на все проводимые мероприятия по очистке сточных вод, концентрация фосфора в реке ниже сброса превышает нормативную более чем в 7 раз» [3]. Данное обстоятельство способствует высокому риску усиления процесса эвтрофирования. А в условиях снижения водности рек дополнительное поступление загрязненных вод в нижнее течение реки Дон может негативно сказаться на качестве воды. К тому же «даже наиболее

совершенная биологическая очистка не устраняет всех загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах. К тому же большинство применяемых методов очистки еще менее эффективны, и даже нередки случаи, когда очистные сооружения сами служат источником загрязнения водных объектов из-за устаревшего оборудования» [4].

Орошение сельхозугодий является основным средством интенсификации земледелия, особенно в степных зонах России, подверженных постоянным засухам. Ростовская область входит в число регионов с рискованным земледелием в связи с засушливым климатом и низкой водообеспеченностью территории водными ресурсами.

Реки бассейна Тузлова, как и многие другие реки Ростовской области, интенсивно используются для нужд промышленности, транспорта и сельского хозяйства. При этом многие из них, особенно малые и средние реки, находятся в экологически неблагоприятном состоянии и постепенно утрачивают свои естественные функции [5].

В бассейне Тузлова отмечается снижение содержания в речной воде соединений фосфора, меди и цинка (по причине низкого содержания данных элементов в компонентах ландшафтов), а в районе г. Новочеркаска, напротив, отмечается увеличение концентрации данных компонентов в речном стоке за счет поступления в речную сеть со сточными водами [6].

Использование ресурсов поверхностных и подземных вод для орошения обуславливает необходимость оценки степени их пригодности для ирригационных целей и разработку профилактических природоохранных мероприятий, обеспечивающих благоприятный эколого-мелиоративный режим земель.

В связи с этим, актуальной является цель данного исследования – оценка степени пригодности речных вод для орошения в бассейне Тузлова (Ростовская область) с учетом разных показателей.

Материалы и методы

Материалами для исследования послужили данные об ионном составе воды рек бассейна Тузлова, полученные в период 2014-2015 гг. в рамках выполнения гранта РФФИ № 14-17-00376 «Интегральная оценка и прогноз состояния водных ресурсов и их качества в пределах техногенно нарушенных геосистем углепромышленных территорий на основе комплексных геохимических, геофизических и экотоксикологических исследований».

Объекты исследования. В качестве объектов исследования выбраны малые реки Ростовской области, представляющие бассейн Тузлова (реки Аюта, Атюхта, Большой и Малый Несветай, Грушевка, Кадамовка, Тузлов) и испытывающие разный уровень антропогенной нагрузки со стороны объектов угледобывающей промышленности и сельскохозяйственной деятельности. При этом особое внимание уделялось малым и средним рекам региона, так как именно они составляют верхние звенья речной сети, имеют низкую самоочищающую способность (ввиду низкой водности и высокой меандрированности русел) и являются чувствительным индикатором экологического состояния водосборной территории [5].

Отбор проб воды проводили в теплые периоды года (2014-2015 гг.) в верховьях рек или на их участках вне зоны влияния крупных источников загрязнения для оценки условно фоновых характеристик поверхностных вод; в низовьях рек для оценки суммарного влияния различных источников загрязнения на водосборах («устьевой створ»); выше («верхний створ») и ниже («нижний створ») влияния объектов угледобывающей промышленности (шахты, места сброса шахтных вод, выходов техногенных шахтных вод и т.п.) [5].

Методические подходы. При оценке пригодности воды для орошения (оросительной воды) нельзя установить единые и жесткие стандарты, поскольку в каждом конкретном случае, помимо химического состава и качества используемой речной воды, необходимо учитывать особенности почв на водосборе и гидрогеологические условия орошаемой территории.

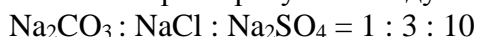
Так, например, благоприятный естественный дренаж, создающий отток вод с орошаемого массива, или глубокое залегание грунтовых вод исключает значительное накопление солей в почвенном покрове. При неглубоком залегании грунтовых вод, плохо

фильтрующих грунтах и отсутствии дренажа засоление будет протекать весьма интенсивно. В этом случае поливные воды еще больше повысят уровень грунтовых вод, усилят испаряемость и, следовательно, увеличат их минерализацию и засоление почв [7].

Поэтому в настоящее время не выработано единых утвержденных требований и критериев к оценке пригодности воды для орошения. Но чаще всего, чтобы дать оценку пригодности воды для орошения, используют такие параметры, как температура, минерализация, солевой состав воды и ирригационный коэффициент.

На первом этапе можно провести оценку качества воды для ирригационных целей по показателю минерализации оросительных вод согласно методике А.Н. Костякова [8] (табл. 1). С точки зрения минерализации безвредной считается вода, содержащая не более 1,0-1,5 г/дм³ растворенных солей, а при содержании солей от 1,5 до 3,0 г/дм³ – необходимо проведение на орошаемом массиве мелиоративных мероприятий.

Далее необходимо учитывать солевой состав оросительной воды. Среди солей, растворенных в поливной воде, наиболее вредными считаются соли натрия. Степень вредности этих солей приблизительно характеризуется следующим соотношением масс:



Для хорошо водопроницаемых почв принимаются следующие предельные нормы содержания перечисленных солей (в г/дм³): Na₂CO₃ – 1,0, NaCl – 2,0; Na₂SO₄ – 5,0. При совместном присутствии этих солей в поливной воде нормы снижаются [7].

Таблица 1 – Оценка качества воды для орошения по общей минерализации [8]

Класс воды	Минерализация, г/дм ³	Оценка качества для орошения
I	менее 0,4	Хорошее качество
II	0,4-1,0 (пресная)	Ограниченное применение с учетом местных природных и ирригационных условий
III	1,0-3,0 (слабоминерализованная)	Повышенная опасность для растений
IV	более 3,0	Плохое качество (вторичное засоление)

Учет солевого состава воды отражен в подходе, представленном в работе [9], в которой авторы выявили закономерность между поглощением почвой ионов натрия и содержанием соды в воде. Авторы предложили для ирригационной оценки пригодности воды в отношении ее способности к осолонцеванию почв следующую зависимость:

$$K = ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]) / ([\text{Na}^+] \times 0,23C),$$

где K – коэффициент ионного обмена между водой и почвой; [Ca²⁺], [Mg²⁺], [Na⁺] – концентрации катионов, ммоль/дм³; C – минерализация воды, г/дм³.

Если K ≥ 1, то вода считается пригодной для орошения, если K < 1 – вода не пригодна для орошения.

Одним из параметров оценки пригодности воды для орошения является ирригационный коэффициент, который отражает соотношение концентраций макрокомпонентов (главных ионов) в воде и может быть рассчитан разными способами. Наиболее широко известный и чаще всего используемый – это ирригационный коэффициент Стеблера. По содержанию в воде хлоридов и сульфатов натрия Стеблер [10] предложил рассчитывать щелочную характеристику, выраженную в виде ирригационных коэффициентов.

Для расчета используется формула K_{ирр} = 288/5Cl⁻, если концентрация ионов Na⁺ меньше, чем ионов Cl⁻, или формула K_{ирр} = 288/(Na⁺ + 4Cl⁻), если концентрация ионов Na⁺ больше, чем ионов Cl⁻ (в ммоль-экв/дм³). По значениям данных коэффициентов определяется

качество воды для ирригационных целей как хорошее ($K_{ирр} > 18$), удовлетворительное ($K_{ирр}$ от 18 до 6), неудовлетворительное ($K_{ирр}$ от 5,9 до 1,2) или плохое, т.е. вода является непригодной для орошения ($K_{ирр} < 1,2$).

Существует подход к оценке степени пригодности речных вод, используемых для орошения, по содержанию в воде соединений тяжелых металлов. В исследовании [11] показано, что содержание соединений кадмия в воде в количестве, превышающем норматив в несколько раз, будет снижать качество воды по причине транслокационного признака вредности ионов кадмия и их способности накапливаться в генеративных органах растений.

В виду важности оценки качества воды для орошения в засушливых регионах, многие исследователи предлагают комплексный подход к оценке пригодности водных ресурсов для орошения и получению актуальной информации о современном экологическом состоянии водных объектов [11].

Результаты и обсуждение

Воды реки Тузлов и основных ее притоков расположены в южной части Донского бассейна, где вся толща почво-грунтов засоленна хлоридами или сульфатами, и русловые воды в течение всего года имеют хлоридный или сульфатный класс и отличаются повышенной минерализацией. Бассейн реки Тузлов относится к категории водосборов сульфатного засоления, и речные воды имеют сульфатно-натриевый или сульфатно-кальциевый состав [12].

Исходя из макрокомпонентного состава речных вод Тузлова и основных его притоков, выполнены расчеты показателей их пригодности для орошения. Результаты оценки пригодности вод для орошения приведены в таблице 2. Как показали проведенные исследования, речные воды в бассейне Тузлова обладают в основном удовлетворительными ирригационными качествами хотя бы по одному показателю, за исключением рек Атюхта и Малый Несветай.

Минерализация речных вод находится в пределах от 1,48 (р. Большой Несветай) до 6,80 г/дм³ (р. Атюхта) и, согласно классификации (табл. 1), воды относятся к категории III класса с повышенной опасностью для растений (то есть характеризуются плохими ирригационными свойствами) и IV класса, что не позволяет их использовать для орошения из-за опасности вторичного засоления. Плохое качество вод для орошения характерно для 65,8 % речных участков.

Таблица 2 – Оценка качества воды по степени пригодности речных вод бассейна Тузлова для орошения (составлено автором)

Река – тип участка*	Год**	По Костякову		По Стеблеру		По Антипову-Каратаеву	
		минерализация, г/дм ³	качество воды	$K_{ирр}$	качество воды	К	качество воды
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Атюхта – устьевой	2014	6,80	класс IV	2,5	неудовл.	0,4	не пригодна
	2015	6,38-6,77	класс IV	2,5-2,7	неудовл.	0,4	не пригодна
Аюта – верхний	2014	2,66	класс III	10,2	удовл.	2,8	пригодна
	2015	2,28-6,09	класс III-класс IV	3,3-10,7	удовл. / неудовл.	0,4	не пригодна
Аюта – нижний	2014	4,56	класс IV	6,55	удовл.	1,4	пригодна
	2015	4,99-5,08	класс IV	5,1-5,9	неудовл.	1,4	пригодна
Аюта – устьевой	2014	4,79	класс IV	4,8	неудовл.	1,0	пригодна
	2015	4,76-5,43	класс IV	5,4-4,8	неудовл.	1,1	пригодна
Большой Несветай – верхний	2014	1,48	класс III	26,7	хорошее	4,9	пригодна
	2015	1,73-1,83	класс III	19,1-21,7	хорошее	3,0	пригодна

1	2	3	4	5	6	7	8
Большой Несветай – нижний	2014	3,33	класс IV	7,4	удовл.	1,7	пригодна
	2015	3,47-5,71	класс IV	3,4-6,9	удовл. / неудовл.	1,4	пригодна
Большой Несветай – устьевой	2014	4,42	класс IV	3,9	неудовл.	0,9	не пригодна
	2015	3,44-4,34	класс IV	3,9-5,3	неудовл.	1,0	пригодна
Грушевка – верховье реки	2014	3,99	класс IV	7,2	удовл.	1,3	пригодна
	2015	3,36-3,68	класс IV	7,3-10,2	удовл.	1,6	пригодна
Грушевка – верхний	2014	2,54	класс III	6,3	удовл.	1,8	пригодна
	2015	1,46-2,42	класс III	6,6-9,5	удовл.	5,1	пригодна
Грушевка – нижний	2014	3,14	класс IV	5,6	неудовл.	1,3	пригодна
	2015	2,14-2,93	класс III	6,0-7,8	удовл.	3,2	пригодна
Грушевка – устьевой	2014	2,88	класс III	6,6	удовл.	1,7	пригодна
	2015	2,15-3,00	класс III	5,3-7,8	удовл. / неудовл.	3,0	пригодна
Кадамовка – верховье реки	2014	3,99	класс IV	4,81	неудовл.	1,1	пригодна
	2015	2,17-4,68	класс III - класс IV	3,9-9,0	удовл. / неудовл.	0,8	не пригодна
Кадамовка – нижний	2014	4,29	класс IV	5,0	неудовл.	1,4	пригодна
	2015	1,91-3,15	класс III	7,3-9,6	удовл.	5,6	пригодна
Кадамовка – устьевой	2014	3,71	класс IV	6,4	удовл.	2,7	пригодна
	2015	5,00	класс IV	3,18	неудовл.	–	–
Малый Несветай – верховье реки	2014	3,22	класс IV	9,2	удовл.	1,7	пригодна
	2015	3,94-5,00	класс IV	7,4-8,6	удовл.	1,3	пригодна
Малый Несветай – нижний	2014	4,33	класс IV	5,0	неудовл.	0,7	не пригодна
	2015	3,49-4,53	класс IV	4,7-7,1	удовл. / неудовл.	0,7	не пригодна
Малый Несветай – устьевой	2014	4,60	класс IV	4,2	неудовл.	0,6	не пригодна
	2015	3,82-4,69	класс IV	4,3-5,0	неудовл.	0,6	не пригодна
Тузлов – верхний	2014	5,10	класс IV	3,3	неудовл.	0,6	не пригодна
	2015	3,04-4,16	класс IV	3,6-6,2	неудовл.	0,8	не пригодна
Тузлов – устьевой	2014	2,86	класс III	5,9	неудовл.	1,4	пригодна
	2015	2,11-2,75	класс III	5,9-7,3	удовл. / неудовл.	2,3	пригодна

Примечание: *тип участка реки: «верхний», «нижний» – створ на участке реки выше или ниже сброса шахтных вод или другого источника загрязнения; «устьевой» – створ на устьевом участке реки или самый нижний створ наблюдений на водотоке (в соответствии с [5]); **пробы воды отбирались в весенне-летний период (май-июнь) и осенний (сентябрь-октябрь).

Результаты оценки качества воды рек по ирригационному показателю (по Стеблеру) показали, что значительная часть речных участков характеризуется неудовлетворительным (III класс, 44,7 %) и удовлетворительным (II класс, 34,2 %) качеством воды для орошения.

По ирригационному критерию, учитывающему солевой состав воды и закономерность между поглощением почвой ионов натрия и содержанием соды в воде [9], исследуемые речные воды в 70,3 % случаев можно считать пригодными для орошения с точки зрения способности к осолонцеванию почв.

Осолонцевание обусловлено в основном поступлением в почву натрия в обмен на ионы кальция и магния, которые вымываются из коллоидной фазы почвы в почвенный раствор [9]. Согласно оценке по возможному развитию осолонцевания, расчетные значения коэффициента больше единицы, следовательно, развитие этих процессов в почвах маловероятно, и вода всех

исследуемых притоков, кроме рек Атюхта, Малый Несветай и верхнего течения реки Тузлов, пригодна для орошения. Однако следует отметить, что механизмы взаимодействия между речной водой, почвенным раствором и твердой частью почвы весьма сложны и многообразны и в значительной степени зависят от природно-климатических условий.

На основе анализа результатов оценки степени пригодности речных вод в бассейне Тузлова установлено, что речные воды притоков Атюхта и Малый Несветай не пригодны для орошения по трем рассмотренным показателям. Остальные участки рек исследуемого бассейна характеризуются «удовлетворительным» качеством воды с точки зрения пригодности для орошения и могут быть использованы в ирригационных целях при проведении на орошаемом массиве мелиоративных мероприятий.

Одним из способов улучшения качества речных вод в бассейне Тузлова с точки зрения использования их в орошении может быть опреснение минерализованной воды. Однако данный метод получения качественной воды для орошения является дорогостоящим. Так, по подсчетам автора статьи [13], на опреснение минерализованной воды может быть затрачено от 750 до 1250 долларов США для получения 1000 м³ воды, в то время как на внедрение водосберегающих технологий затрачивается гораздо меньше средств – около 1-5 долларов.

Таким образом, для более рационального использования воды в бассейнах рек Атюхта и Малый Несветай целесообразно внедрение водосберегающих технологий, особенно тех, которые требуют меньших затрат: соблюдение оптимальных режимов орошения и способов полива (в том числе использование техники бороздкового полива, полива по ступенчато-повышаемому коэффициенту фильтрации, полива с переменными струями и др.), применение подземного орошения (субиригации), использование засухоустойчивых сортов сельскохозяйственных культур, глубокое рыхление почвы с оборотом пласта, применение люцерновых севооборотов, создание искусственных противофильтрационных экранов, применение гидрогелей и полимеров [13].

Помимо этого, необходимо проводить стандартные комплексные мероприятия (водохозяйственные, агротехнические и агрохимические), направленные на предупреждение засоления почв при орошении соленоватыми водами.

В теплый период года, когда водоемы и водотоки Ростовской области подвержены процессу антропогенного эвтрофирования и, особенно, в периоды массового развития сине-зеленых водорослей (так называемого «цветения» воды), возможно применение технологий биомелиорации воды для орошения. Использование планктонного штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 предотвращает массовое развитие сине-зеленых водорослей и тем самым снижает вероятность ухудшения качества речных вод [14].

Существуют способы подготовки воды для капельного орошения и улучшения ее качества физическими способами. Например, для очистки поливной воды в ФГБНУ ВНИИОЗ разработан гидроциклон (патент № 2411719), использование которого улучшает качество воды для орошения. После прохождения данной установки в воде снижается содержание взвешенных веществ в 3 раза, мутность – в 2,5 раза, концентрация соединений железа не превышает ПДК, а цветность воды уменьшается более чем на 28 % [14].

В целом, для бассейна Тузлова можно рекомендовать такие пути оптимизации использования речных вод для орошения, как совершенствование оросительных систем и их адаптация к структуре землепользования, разработка и внедрение новых технических и инженерных систем (наилучших доступных технологий, водосберегающих технологий), оптимизация системы поливов и подготовки воды для орошения и др. [15].

Выводы

При оценке качества речной воды, используемой для орошения, различными авторами предлагаются разные критерии и показатели, учитывающие минерализацию воды и соотношение главных ионов. Существует проблема разработки единой классификации природных вод по степени их пригодности для орошения. Критерии оценки во многом обусловлены природно-климатическими условиями орошаемой территории, особенно

степенью аридности климата. В южных районах приемлемой для орошения считается природная вода с минерализацией до 3,0 г/дм³.

Расчеты и результаты сравнительной оценки степени пригодности воды для орошения по показателям, предложенным разными авторами, не всегда дают однозначные результаты, так как все зависит от конкретной почвы, ее гранулометрического и химического состава, минерализации и химического состава вод и солеустойчивости сельскохозяйственных культур.

В бассейне Тузлова выявлено ограничение для притоков Атюхта и Малый Несветай в использовании речных вод для орошения, а остальные воды могут условно считаться пригодными. Для рационального использования воды в бассейнах рек Атюхта и Малый Несветай рекомендовано внедрение водосберегающих технологий, а также использование комплекса мероприятий по снижению засоления почв и очистке поливной воды.

В условиях засушливого климата степной зоны России особенно остро стоит вопрос корректной оценки пригодности природных вод для ирригационных целей и правильной организации орошения сельскохозяйственных земель. Это позволит повысить экологическую устойчивость почв, сохранить качество поверхностных и подземных вод, а также разработать экологически обоснованные агротехнические мероприятия и проводить регулярные наблюдения в рамках государственного мониторинга с интегрированной оценкой агроэкологического состояния орошаемых массивов.

Благодарности

Исследование частично выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 14-17-00376 (в части данных об ионном составе речных вод в бассейне Тузлова).

Список литературы

1. Река Тузлов. План управления бассейном / А.Е. Косолапов, Н.Т. Дандара, В.Н. Шкура [и др.]; Сев.-Кав. филиал ФГУП «Российский НИИ комплексного использования и охраны водных ресурсов». Новочеркасск: Изд-во ЮРГТУ (НПИ), 2007. 165 с.
2. Дрововозова Т.И., Паненко Н.Н. Экологическое состояние малых рек Ростовской области // Экология и водное хозяйство. 2019. № 1 (01). С. 1-17.
3. Стрельцова Н.Б., Шептиев С.А. Особенности эвтрофирования малых рек Ростовской области // Экология и водное хозяйство. 2020. № 4 (07). С. 12-21. DOI: 10.31774/2658-7890-2020-4-12-21.
4. Лукьянова К.В., Коронкевич Н.И. Особенности распределения сточных и возвратных вод на территории европейской части России // Известия РАН. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 5. С. 763-778.
5. Закруткин В.Е., Скляренко Г.Ю., Бакаева Е.Н., Решетняк О.С., Гибков Е.В., Фоменко Н.Е. Поверхностные и подземные воды в пределах техногенно нарушенных геосистем Восточного Донбасса: формирование химического состава и оценка качества: монография. Ростов н/Д: Изд-во Южного федерального университета, 2016. 172 с.
6. Сазонов А.Д., Закруткин В.Е. Гидрохимические особенности реки Тузлов как индикатор последствий хозяйственной деятельности в Восточном Донбассе (Ростовская область) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2024. № 1. С. 73-82.
7. Никаноров А.М. Гидрохимия: учебник. Ростов н/Д: «НОК», 2008. 461 с.
8. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: Сельхозиздат, 1960. 150 с.
9. Антипов-Каратаев М.Н., Кадер Г.М. К методике мелиоративной оценки оросительной воды // Почвоведение. 1959. № 2. С. 96-101.
10. Безднина С.Я. Качество воды для орошения: принципы и методы оценки / Под ред. Б.Б. Шумакова. М.: РОМА, 1997. 185 с.

11. Иванютин Н.М. Комплексная оценка пригодности вод реки Альма для целей ирригации // Экология и строительство. 2019. № 4. С. 22-32. DOI: 10.35688/2413-8452-2019-04-003.

12. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 7. Донской район / Под ред. М.С. Протасьева. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 459 с.

13. Пулатов Я.Э. Водосберегающие технологии орошения и эффективного использования воды в сельском хозяйстве // Экология и строительство. 2017. № 4. С. 21-26.

14. Отчет о НИР «Разработать ресурсосберегающие почвозащитные технологии орошения, биологизированные способы мелиорации поливной воды и информационные системы управления водным режимом почвы» (промежуточный отчет за 2014 г.). Волгоград, 2014. 33 с.

15. Рзаев М.А. Проблемы охраны вод от негативного воздействия орошаемого земледелия и пути их решения в аридных зонах // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. № 1. С. 103-112.

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

Поступила в редакцию 07.11.2024

Принята к публикации 04.03.2025

ASSESSMENT OF THE SUITABILITY DEGREE OF RIVER WATER FOR IRRIGATION IN THE TUZLOV BASIN (ROSTOV REGION)

O. Reshetnyak

Southern Federal University, Russia, Rostov-on-Don

e-mail: olgare1@mail.ru

The article presents the results of assessing of suitability of river waters in the Tuzlov basin within the Rostov region for irrigation purposes. A comparative assessment of the water suitability for irrigation was carried out using various indicators and parameters, including water mineralization, salt component concentration in water, and the Staebler irrigation coefficient. It is shown that, despite the fact that the mineralization of the river waters in the basin is classified as "poor quality" in terms of suitability for irrigation, in other parameters, in 70 % of cases it can still be used for irrigation purposes when land reclamation measures are carried out in the irrigated area.

Key words: river waters, Tuzlov basin, Rostov region, suitability of water for irrigation, water mineralization, salt composition, irrigation coefficient.

References

1. Reka Tuzlov. Plan upravleniya basseinom. A.E. Kosolapov, N.T. Dandara, V.N. Shkura [i dr.]; Sev.-Kav. filial FGUP "Rossiiskii NII kompleksnogo ispol'zovaniya i okhrany vodnykh resursov". Novocherkassk: Izd-vo YuRGTU (NPI), 2007. 165 s.

2. Drovovozova T.I., Panenko N.N. Ekologicheskoe sostoyanie malykh rek Rostovskoi oblasti. Ekologiya i vodnoe khozyaistvo. 2019. N 1 (01). S. 1-17.

3. Strel'tsova N.B., Sheptiev S.A. Osobennosti evtrofirovaniya malykh rek Rostovskoi oblasti. Ekologiya i vodnoe khozyaistvo. 2020. N 4(07). S. 12-21. DOI: 10.31774/2658-7890-2020-4-12-21.

4. Luk'yanova K.V., Koronkevich N.I. Osobennosti raspredeleniya stochnykh i vozvratnykh vod na territorii evropeiskoi chasti Rossii. Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2022. T. 86. N 5. S. 763-778.

5. Zakrutkin V.E., Sklyarenko G.Yu., Bakaeva E.N., Reshetnyak O.S., Gibkov E.V., Fomenko N.E. Poverkhnostnye i podzemnye vody v predelakh tekhnogenno narushennykh geosistem Vostochnogo Donbassa: formirovanie khimicheskogo sostava i otsenka kachestva: monografiya. Rostov n/D: Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2016. 172 s.
6. Sazonov A.D., Zakrutkin V.E. Hidrokhimicheskie osobennosti reki Tuzlov kak indikator posledstviy khozyaistvennoi deyatel'nosti v Vostochnom Donbasse (Rostovskaya oblast'). Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Hidrogeologiya. Geokriologiya. 2024. N 1. S. 73-82.
7. Nikanorov A.M. Hidrokhimiya: uchebnik. Rostov n/D: "NOK", 2008. 461 s.
8. Kostyakov A.N. Osnovy melioratsii. M.: Sel'khozizdat, 1960. 150 s.
9. Antipov-Karataev M.N., Kader G.M. K metodike meliorativnoi otsenki orositel'noi vody. Pochvovedenie. 1959. N 2. S. 96-101.
10. Bezdina S.Ya. Kachestvo vody dlya orosheniya: printsipy i metody otsenki. Pod red. B.B. Shumakova. M.: ROMA, 1997. 185 s.
11. Ivanyutin N.M. Kompleksnaya otsenka prigodnosti vod reki Al'ma dlya tselei irrigatsii. Ekologiya i stroitel'stvo. 2019. N 4. С. 22-32. DOI: 10.35688/2413-8452-2019-04-003.
12. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 7. Donskoi raion. Pod red. M.S. Protas'eva. L.: Gidrometeoizdat, 1973. 459 s.
13. Pulatov Ya.E. Vodosberegayushchie tekhnologii orosheniya i effektivnogo ispol'zovaniya vody v sel'skom khozyaistve. Ekologiya i stroitel'stvo. 2017. N 4. S. 21-26.
14. Otchet o NIR "Razrabotat' resursosberegayushchie pochvozashchitnye tekhnologii orosheniya, biologizirovannye sposoby melioratsii polivnoi vody i informatsionnye sistemy upravleniya vodnym rezhimom pochvy" (promezhutochnyi otchet za 2014 g.). Volgograd, 2014. 33 s.
15. Rzaev M.A. Problemy okhrany vod ot negativnogo vozdeistviya oroshaemogo zemledeliya i puti ikh resheniya v aridnykh zonakh. Vodnye resursy. 2017. T. 44. N 1. S. 103-112.

Сведения об авторе:

Решетняк Ольга Сергеевна
 Д.г.н., доцент, доцент кафедры геоэкологии и прикладной геохимии, Институт наук о Земле Южного федерального университета
 ORCID 0000-0001-7160-2461
 Reshetnyak Olga
 Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University

Для цитирования: Решетняк О.С. Оценка степени пригодности речных вод для орошения в бассейне Тузлова (Ростовская область) // Вопросы степеведения. 2025. № 1. С. 16-24. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-1-16-24

ПОВЫШЕНИЕ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

О.И. Исаев

ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Россия, Москва

e-mail: issaevoleg@mail.ru

В качестве индикатора экологического риска, связанного с усилением засушливости климата, предложен показатель удельной водообеспеченности поверхностными водными ресурсами территорий субъектов РФ. Критический уровень наличия доступных водных ресурсов фиксируется в Республиках Калмыкия и Крым, Курганской, Оренбургской и Челябинской областях. Преодоление водodefицита и развитие орошаемого земледелия предполагает совершенствование обоснования допустимых объемов изъятия речных и подземных вод. В этом случае возможно их комплексное использование, рациональное перераспределение речного стока. Для эффективного водопользования при орошении необходима модернизация мелиоративных систем, нормирование режимов орошения и другие мероприятия.

Ключевые слова: водные ресурсы, аридизация климата, опустынивание, деградация земель, комплексные мелиорации, удельная водоемкость.

Введение

Неравномерное развитие мировой экономики, экстенсивный рост промышленности и, особенно, сельского хозяйства наряду с увеличением населения земного шара обуславливают повышенный спрос на водные ресурсы. Вода – стратегический ресурс развития как отдельных регионов, так и государств в целом.

В России наличие и эффективное использование водных ресурсов также является важным фактором успешного социально-экономического развития территорий. Хозяйственно-питьевое водоснабжение, промышленность и сельское хозяйство, сохранение экологической значимости водных объектов требуют обеспечения водными ресурсами в определенных объемах и нормативного качества. В целом по стране показатель водообеспеченности населения составляет 6 м³/сутки на человека [1]. Но, учитывая неравномерность распределения ресурса, данный показатель является малоинформативным. Для определения мер по обеспечению потребностей регионов в воде необходимы дифференцированные показатели. Это особенно важно для территорий, расположенных в степных регионах, для обеспечения доступа населения и экономических агентов к водным ресурсам надлежащего качества. Некоторые субъекты РФ испытывают серьезный дефицит воды, который отчасти выступает лимитирующим фактором их развития. Ситуация значительно обостряется в условиях климатических изменений.

Цель работы – проведение анализа водообеспеченности поверхностным стоком регионов РФ, в том числе на основе предложенного удельного показателя, для оценки способов ее повышения при развитии хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения в условиях климатических изменений.

В задачи исследований входил анализ распределения объема поверхностных водных ресурсов (речного стока) по территории страны в современных условиях; наличия запасов и ресурсов подземных вод; ранжирование территории РФ, населения и экономики по обеспеченности речным стоком и отражение в предложенном количественном показателе удельной водообеспеченности регионов; определение мер, требуемых для увеличения

объемов водных ресурсов, необходимых для развития сельского хозяйства, питьевого водоснабжения, сохранения экологического состояния водных объектов.

Материалы и методы

Исследования проведены на основе анализа опубликованных аналитических материалов Росводресурсов России, Минсельхоза России, литературных источников, выполненных расчетов обеспеченности поверхностным стоком, построена картосхема водообеспеченности субъектов РФ с применением ГИС-технологий.

Результаты и обсуждение

Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. относит изменение климата и его последствия к основным современным вызовам экологической безопасности наряду с опустыниванием, засухой, деградацией земель и почв, а также водных объектов и др. Как показывает мониторинг ранее выполненных прогнозов климатических изменений в XXI веке и анализ текущей динамики показателей метеоусловий на юге европейской части России [2], в последние годы наблюдается устойчивый рост среднегодовых температур воздуха [3]. В результате учащаются засухи, а их продолжительность растет, также фиксируется внутригодовое перераспределение осадков, неблагоприятно сказывающееся на урожайности традиционных сельскохозяйственных культур: основная часть осадков выпадает в зимний период, идет на пополнение грунтовых вод за счет частых оттепелей, не обеспечивая достаточную зарядку влагой почвенного слоя. Во многих регионах, значительная площадь территории которых приходится на степную зону, в том числе в Калмыкии, в Ростовской и Саратовской областях, в Ставропольском крае, наблюдается дефицит водных ресурсов, осложняющий развитие орошения и питьевого водоснабжение.

Ресурсы поверхностных вод характеризуются высокой пространственно-временной изменчивостью и подвержены загрязнению, поступающему со сбросными коммунальными, промышленными, сельскохозяйственными стоками, а также за счет диффузного загрязнения из различных источников.

Надо отметить, что речной сток характеризуется значительной динамикой показателей во времени. В годы низкой водообеспеченности объемы речных водных ресурсов в регионах могут снижаться до 20 % от значения их средней многолетней величины, в том числе из-за интенсивной антропогенной нагрузки в бассейне реки. Динамика стока определяет распределение объемов водных ресурсов, доступных для использования, в многолетнем и годовом разрезе. Эта величина критична особенно в регионах, подверженных засухам. С другой стороны, при исходно разных объемах среднегодового речного стока на фоне аномальных погодных условий возможно развитие катастрофических событий, таких как, например, половодья 2024 г. в Оренбурге и Орске, в 2023 г. – в Краснодарском и Приморском краях, на Сахалине, в Брянской области. Как недостаток, так и избыток водных ресурсов можно в значительной степени нивелировать за счет заблаговременного проведения комплекса необходимых мероприятий, направленных на управление и регулирование водных ресурсов.

Основным источником многоцелевого водоснабжения РФ являются поверхностные воды. В 2022 г. из водных объектов, по данным Росводресурсов, было изъято 61,7 км³ пресных вод; морских – 3,3 км³, а сброшено загрязненных вод 11,3 км³, что неблагоприятно влияет на состояние водных объектов. Из изъятого объема большая часть, а именно 23,4 км³, относится к бассейну Каспийского моря, а в его пределах приходится на р. Волгу с притоками. Изъятый из реки объем водных ресурсов составляет 67,7 % от суммарной величины водопотребления в каспийском бассейне. Значительны объемы изъятия и в бассейне Азовского моря, где основным водоисточником является р. Дон. Следует отметить, что при весомых для речного

стока объемах водозабора характерны высокие непроизводительные потери воды при последующей транспортировке.

В структуре многоцелевого использования водных ресурсов в 2022 г. на питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение было выделено 73,6 км³ или немногим более 15 % от общей величины вовлеченных в хозяйственный оборот в РФ водных ресурсов; для орошения использовано 6,2 км³ из 17,9 км³, изъятых в целом по направлению «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» [1].

На основе данных о средних многолетних значениях поверхностных водных ресурсов (без учёта подземных вод и перераспределения стока) можно ранжировать территорию РФ по естественной водообеспеченности речным стоком (км³/год речного стока на 1 км² территории региона) [4]. Чем ниже удельная водообеспеченность региона, которая определяет возможность подачи водных ресурсов потребителям, тем номинально выше их стоимость. Экспертная оценка [5] позволила, в зависимости от предложенного показателя, выделить градации удельной водообеспеченности субъектов РФ: критическая – менее 0,05 км³/год на 1 тыс. км²; низкая – 0,06-0,1; недостаточная – 0,11-0,25; удовлетворительная – 0,26-0,50; достаточная – 0,51-0,99; высокая – 0,1-1,99 и очень высокая – более 2 км³/год на 1 тыс. км².

На карте (рис. 1) цветом показана удельная обеспеченность поверхностными водными ресурсами регионов нашей страны.

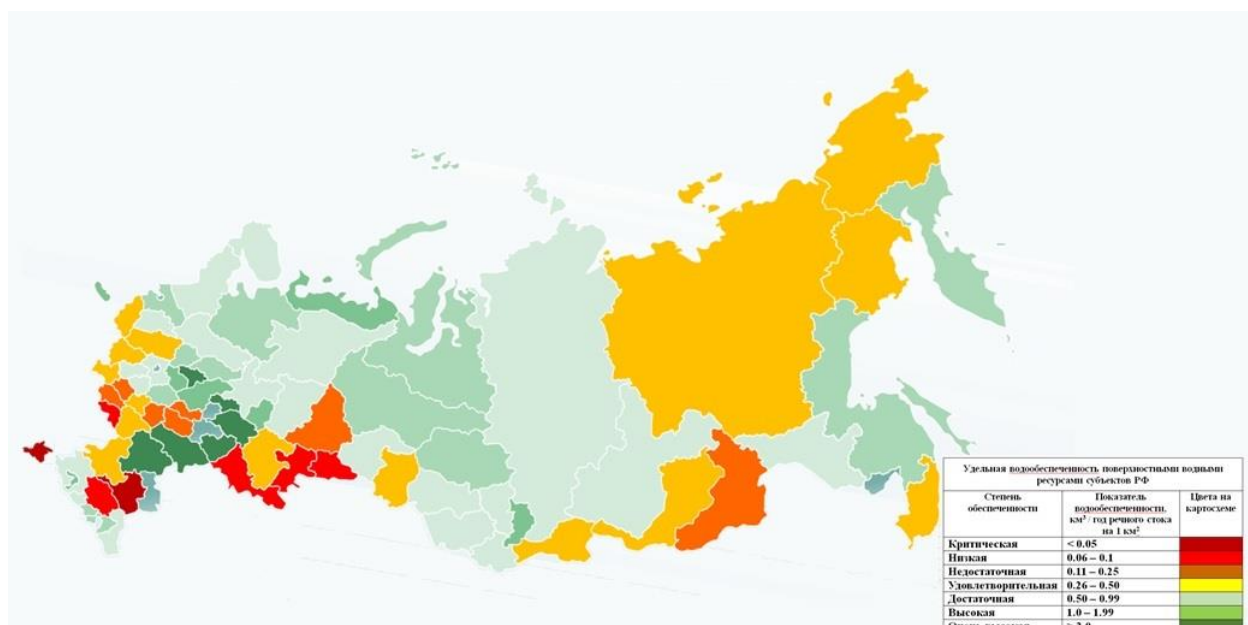


Рисунок 1 – Удельная обеспеченность поверхностными водными ресурсами субъектов РФ (составлено автором по данным: [1, 2])

Расчет удельной водообеспеченности за счет поверхностных водных ресурсов показывает, что параметр меняется в диапазоне от 0,01 до 6,5 км³/год с 1 км², в степных регионах – от 0,01 до 4,18 км³/год с 1 км² (таблица 1 составлена для регионов, обширные территории которых занимает степная зона). Минимальная водообеспеченность характерна для юга европейской части России – для Республики Калмыкия, где преобладают природные условия степной, полупустынной и пустынной зон (0,005 км³/год на 1 тыс. км²), Крыма (0,038), для Курганской (0,06) и Челябинской (0,084) областей. При этом необходимо учитывать, что фактическая величина экологически допустимого безвозвратного изъятия речного стока, обеспечивающая устойчивое функционирование водной и околородной экосистем, составляет порядка 10-20 % от приведенных значений [6].

Климатические зоны (I, II, III, IV), к которым отнесены регионы РФ в таблице 1, определены в соответствии со строительными нормами и правилами в зависимости от средней температуры воздуха и других факторов. Согласно [7], минимальное потребление воды в

более жарких III и IV зонах (нормы водообеспечения взрослого населения) должно превышать показатель для более северного климатического пояса в 2 раза, а минимально необходимый объём ресурсов для удовлетворения санитарно-гигиенических потребностей человека и обеспечения санитарно-гигиенического состояния помещений – на 80 %. Красным и желтым цветом в таблице выделены критический и низкий уровни удельной водообеспеченности.

Таблица 1 – Водообеспеченность поверхностным стоком субъектов РФ на 2022 год (рассчитана по данным: [1, 2])

Субъект РФ, климатическая зона [6]	Площадь, тыс. км ²	Численность населения субъекта РФ, тыс. чел.	Средняя многолетняя величина речного стока, км ³ /год	Водообеспеченность территории речным стоком (км ³ в год на тыс. км ²)	Водообеспеченность населения речным стоком (тыс. м ³ в год на 1 чел.)
Центральный федеральный округ					
Белгородская область, III	27,1	1536,1	2,7	0,100	1,76
Воронежская область, III	52,5	2331,5	13,7	0,261	5,88
Южный федеральный округ					
Республика Крым, III	26,1	1965,2	1,0	0,038	0,51
Республика Адыгея, III	7,8	442,4	14,1	1,808	31,87
Республика Калмыкия, III	74,7	286,7	0,4	0,005	1,40
Краснодарский край, IV	75,5	5284,5	23,0	0,305	4,35
Волгоградская область, III	112,9	2594,8	258,6	2,291	99,66
Ростовская область, III	101	4260,6	26,9	0,266	6,31
Северо-Кавказский федеральный округ					
Ставропольский край, IV	66,2	2787,0	6,0	0,091	2,15
Кабардино-Балкарская Республика, IV	12,5	859,0	7,5	0,600	8,73
Респ. Сев. Осетия - Алания, IV	8	709,0	8,0	1,000	11,28
Республика Ингушетия, IV	3,6	430,5	1,7	0,472	3,95
Чеченская Республика, IV	15,6	1302,2	11,6	0,744	8,91
Приволжский федеральный округ					
Саратовская область, III	101,2	2508,8	241,5	2,386	96,26
Оренбургская область, II	123,7	2023,7	12,7	0,103	6,28
Республика Башкортостан, II	149,2	4064,3	34,2	0,229	8,41
Уральский федеральный округ					
Курганская область, II	71,5	896,3	4,3	0,060	4,80
Челябинская область, II	88,5	3480,1	7,4	0,084	2,13
Сибирский федеральный округ					
Алтайский край, II	168	2407,2	55,1	0,328	22,89
Новосибирская область, II	177,8	2686,9	64,3	0,362	23,93
Омская область, II	141,1	1974,8	41,3	0,293	20,91

Показатель удельной водообеспеченности поверхностными водными ресурсами в зоне недостаточного увлажнения можно рассматривать как индикатор риска развития негативных экологических процессов, связанных с усилением засушливости климата. В Республике

Калмыкия, например, на фоне критического уровня водообеспеченности поверхностным стоком, интенсивно развивается опустынивание земель. Существуют высокие риски развития негативных процессов, связанных с засухами, в зоне недостаточной обеспеченности речным стоком как на юге европейской части территории страны, так и в Западной Сибири. Это подтверждается засухой 2010 г., определившей значительные потери урожая в этих регионах.

Обеспеченность подземными водами в федеральных округах, в случае, когда значительная часть территории относится к засушливой зоне, как правило, также невысока. По данным Госдоклада о состоянии и охране окружающей среды в 2022 г., прогнозные ресурсы подземных вод в России (питьевых и технических) достигали 872,7 млн м³/сут. При этом, например, на долю Южного федерального округа приходится лишь 2 % от общего объема подземных вод (18,3 млн м³/сут). К слабо обеспеченным пресными подземными водами территориям, расположенным в степной зоне, относятся значительные территории Крыма, большая часть Ростовской области, западная и центральная части Ставропольского края, Калмыкия, Астраханская, Волгоградская (Заволжье и южная часть), Курганская области, Адыгея и другие территории.

В этих регионах необходимы планирование и реализация мероприятий по обеспечению водой нормативного качества и в требуемых объемах населения и экономики. Для Калмыкии очевидным вариантом повышения водообеспеченности, прежде всего питьевого и сельскохозяйственного водоснабжения, является подача волжской воды. Республика имеет выход к Волге на участке протяженностью порядка 13 км. В Ставропольском крае для повышения водообеспеченности на протяжении многих лет используют воды рр. Кубань, Терек, Кума за счет частичного перераспределения стока. Однако необходимость увеличения объемов водных ресурсов даже для питьевого водоснабжения и развития орошаемого земледелия существует. В настоящее время в экономике края используется порядка 302 тыс. м³/сут подземных вод, что составляет только 22 % от возможного объема водозабора [1].

Формирование подземных вод тесно связано с геологическими, гидрогеологическими и климатическими условиями территории. При этом ресурсы подземных вод, т.е. объем воды, который поступает в водоносный горизонт за счет различных источников питания, отличаются от запасов – объема, который находится в водоносном бассейне и может быть извлечен при осушении безнапорных или напорных водоносных горизонтов. Запасы и ресурсы подземных вод также распространены неравномерно по территории страны. По данным [1], по состоянию на начало 2023 г. разведано 21102 месторождения питьевых и технических подземных вод, в пределах которых оцененные балансовые запасы составляют 76,6 млн м³/сут. Наибольшее количество запасов оценено по ЦФО (22,7 млн м³/сут), а в ЮФО – 8,41 млн м³/сут или 9,1 % от общего объема запасов (табл. 2).

Объемы изъятия подземных вод во многих регионах, как видно из таблицы 2, составляют незначительную часть от их запасов. Поэтому возможно увеличение водообеспеченности регионов там, где позволяют гидрогеологические условия территории, за счет использования поверхностных вод в комплексе с подземными, прежде всего для нормализации питьевого водоснабжения, а также для развития орошаемого земледелия.

Таким образом, несмотря на недостаточную обеспеченность степной зоны поверхностными, а в ряде регионов и подземными водными ресурсами, особенно с учетом климатического роста температур и др., необходимо создание компенсирующих социально-экономических условий для развития регионов РФ и улучшения экологической ситуации.

Для повышения водообеспеченности требуется поиск дополнительных источников водных ресурсов. Выход может быть найден, в том числе, за счет совместного использования поверхностных и подземных вод для хозяйственно-бытового, городского и сельскохозяйственного водоснабжения. Использование подземных вод, как более защищенных от загрязнений, требует для орошения специального обоснования, в отличие от их использования в хозяйственно-питьевых целях. Работы по оценке возможности использования грунтовых вод для полива сельскохозяйственных культур были начаты во ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова для центральных регионов России в 1980-е гг., но не доведены

до конца в силу изменения экономической ситуации в стране. Усиление засушливости климата на европейской части РФ, включая нечерноземную зону, требует применения оросительных мелиораций. В связи с этим вопрос использования подземных вод для орошения вновь приобретает актуальность и в этих регионах.

Таблица 2 – Распределение прогнозных ресурсов и запасов питьевых и технических подземных вод в разрезе федеральных округов (по данным: [1])

Федеральный округ	Прогнозные ресурсы, млн м ³ /сут	Запасы подземных вод, млн м ³ /сут					загрязнено участков, %	Водоотбор питьевых и технических подземных вод, млн м ³ /сут
		Всего	в т.ч. по категориям					
			A	B	C1	C2		
Центральный	76,3	22,74	4,39	11,46	4,38	2,51	3,9	5,49
Поволжский	84,7	15,53	1,89	4,89	5,5	3,25	14,56	3,56
Северо-Западный	117,8	3,97	0,58	1,19	0,98	1,22	7,43	1,65
Северо-Кавказский	22,9	4,78	0,91	1,3	1,12	1,45	16,4	0,97
Южный	18,3	8,41	1,58	3,37	1,98	1,48	41	2,28
Уральский	142,6	5,13	0,96	2,53	1,09	0,55	7,28	1,91
Сибирский	223,6	8,51	1,46	3,43	1,83	1,78	50,43	3,22
Дальневосточный	186,5	7,54	1,35	2,8	1,81	1,57	10,16	1,59

Несомненна необходимость научного обоснования допустимых объемов изъятия в этих целях как поверхностного [8], так и подземного стока [6, 9-10] для предотвращения истощения водных ресурсов, сохранения водных и наземных экосистем. Важное значение имеет изучение водного баланса территорий, а также условий формирования водных ресурсов при изменении климатических характеристик, анализ возможностей преодоления неблагоприятных последствий развивающихся в регионах тенденций повышения температурного режима, учащения засух, а также развития опустынивания. Важное значение при этом имеет проведение комплексных мелиораций, водохозяйственных мероприятий, восстановление нормативного состояния гидротехнических сооружений, основная часть которых построена в середине прошлого века, характеризуется физическим износом, достигающим 80 и более процентов, и высокими непроизводительными потерями воды. В результате действия климатических и антропогенных факторов регионы степной и полупустынной зоны страны испытывают дефицит водных ресурсов для орошения и даже, в пределах ряда территорий, для питьевого водоснабжения. Модернизация гидромелиоративных систем, нормирование режимов орошения в условиях дефицита водных ресурсов имеют важное ресурсосберегающее значение для повышения водообеспеченности регионов, расположенных в зоне засушливого климата.

Необходимо отметить, что при использовании водных ресурсов для хозяйственно-бытового и питьевого водоснабжения серьезной проблемой остаётся их качество. Главные причины – использование устаревших технологий и сброс недостаточно очищенных стоков в водные объекты. Значительно загрязнены большинство поверхностных и, как показано в приведенной выше таблице 2, часть подземных водных объектов, особенно в районах размещения крупных промышленных и сельскохозяйственных комплексов в европейской части России. При эффективном водохозяйственном управлении очистка водных источников финансируется как за счет государственных, так и за счет внебюджетных источников.

Выводы

Один из основоположников мелиорации А.Н. Костяков писал, что к мелиорации всегда обращаются в периоды засух, но ее проведение направлено на предупреждение природных кризисов и стабилизацию ведения сельского хозяйства. Роль комплексных мелиораций земель в повышении устойчивости агроэкосистем к неблагоприятным климатическим изменениям в степной зоне огромна. Система комплексных мелиораций также помогает частично компенсировать недостаток водных ресурсов за счет проведения агромелиоративных приемов, внесения удобрений и повторного использования дренажных вод для орошения при определенной водоподготовке.

В качестве индикатора риска развития негативных экологических процессов, связанных с усилением засушливости климата, можно рассматривать удельную водообеспеченность регионов РФ. Критическая и низкая водообеспеченность регионов, соответствующие градациям предложенного показателя, указывают на необходимость кардинальных мер по улучшению ситуации с подачей и распределением водных ресурсов. Недостаточная водообеспеченность – на проведение мер, прежде всего снижающих ущерб от неблагоприятных климатических изменений. Зачастую густонаселенные регионы нашей страны характеризуются именно этими величинами показателя удельной водообеспеченности. Улучшение социально-экологической ситуации в этих условиях во многом зависит от возможности повышения водообеспеченности территорий, а в сельском хозяйстве в частности – от научно обоснованного проведения комплексных мелиораций.

Как показало исследование, критический уровень водообеспеченности за счет поверхностного стока рек фиксируется в республиках Калмыкия и Крым, Курганской, Оренбургской и Челябинской областях. В этих регионах проведение мер по повышению водообеспеченности должно быть осуществлено в кратчайшие сроки. В Калмыкии первоочередными мероприятиями может стать возобновление подачи воды из реки Волга. В Крыму, в период до нормализации подачи воды по Северо-Крымскому каналу, большое значение имеет многоцелевое использование подземных вод и строительство дополнительных водохранилищ. Для Курганской, Оренбургской и Челябинской областей перспективным представляется частичное перераспределение речного стока.

В целом, потенциальными источниками питьевого и сельскохозяйственного водоснабжения, включая орошение, необходимо рассматривать комплексное использование водных ресурсов территории с учётом возможности привлечения подземных вод, а также частичного перераспределения речного стока. Для предотвращения неблагоприятных экологических последствий, в том числе нарушения водного баланса речных бассейнов, загрязнения и истощения водных ресурсов, необходимо научное обоснование допустимых объемов изъятия речного стока и подземных вод.

В ряде степных и полупустынных регионов – Республике Калмыкия, Оренбургской области – дефицит водных ресурсов уже приводит к развитию процессов опустынивания. Для сдерживания негативных процессов деградации почв и для восстановления территорий основными направлениями комплексных мелиораций выступают гидромелиорация и агролесомелиорация. Оптимизация использования водных ресурсов должна строиться на оценке эффективности их использования в орошаемом земледелии, восстановлении мелиоративных систем, нормировании водопользования, применении современной техники и технологий орошения, планировании межхозяйственного водораспределения и внутриводоразделного водопользования.

Список литературы

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году. Государственный доклад. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2022_/?ysclid=m7ogshnwcb397050697/ (дата обращения: 01.12.2024).

2. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: общее резюме / Е.М. Акентьева, О.А. Анисимов, М.Ю. Бардин [и др.]; под ред. В.М. Катцова; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Москва: Росгидромет, 2022. 122 с.

3. Шевченко В.А., Дедова Э.Б., Исаева С.Д. Комплексные мелиорации в борьбе с опустыниванием и деградацией земель // Научно-агрономический журнал. 2023. № 4(123). С. 22-29.

4. Исаев О.И. Повышение эффективности управления водным хозяйством на основе совершенствования экономической оценки водных ресурсов // Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства: Сб. тезисов докл. VII Всерос. науч.-практ. семинара, Москва, 22 мая 2024 г. Москва: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2024. С. 110-111.

5. Исаев О.И. Экономическая оценка водных ресурсов как инструмент управления водным хозяйством // Сельский механизатор. 2024. № 7. С. 43-45.

6. Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Никитина О.И., Чебанов М.С. Актуализация методических указаний по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока для сохранения водных экосистем // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022. № 2. С. 16-26.

7. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 (ред. от 28.11.2023) «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_150474/d88d71dcaa01c349b320f1adbc6474505ed495d5/ (дата обращения: 10.11.2024).

8. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (последняя редакция). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823 (дата обращения: 05.10.2024).

9. Дубинина В.Г. Методические основы экологического нормирования безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока (попуска). М.: Экономика и информатика, 2001. 118 с.

10. Водный кодекс РФ (официальный текст в последней редакции): постатейный комментарий д.э.н., проф. кафедры экологии и управления природопользованием Рос. академии гос. службы при Президенте РФ, акад. Академии водохозяйственных наук РФ А.В. Шевчука, гос. советника РФ 3 кл. В.В. Петрунина, гос. советника РФ 1 кл. М.В. Селиверстовой. Изд. 2-е, доп. и уточн. Москва, 2007. 288 с.

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

Поступила в редакцию 25.10.2024
Принята к публикации 04.03.2025

INCREASING WATER AVAILABILITY IN ARID REGIONS UNDER CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

O. Isaev

Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after
A.N. Kostyakov, Russia, Moscow
e-mail: issaevoleg@mail.ru

The parameter of the specific water availability of surface water resources in the territories of the Russian Federation is proposed as an indicator of the environmental risk associated with the increased aridity of the climate. The critical level of water availability is recorded in the Republics of Kalmykia and Crimea, Kurgan, Orenburg and Chelyabinsk regions. Overcoming water deficiency and developing irrigated agriculture involve improving the justification for the permissible amounts of river and groundwater extraction. In this case, integrated use and rational distribution of river flow are possible. Modernization of land reclamation systems, rationing of irrigation regimes and other measures are necessary for effective water use in irrigation.

Key words: water resources, climate aridization, desertification, land degradation, integrated land reclamation, specific water capacity.

References

1. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2022 godu. Gosudarstvennyi doklad. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2022_/?ysclid=m7ogshnwcb397050697/ (data obrashcheniya: 01.12.2024).
2. Otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii: Tretii otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii: obshchee rezyume. E.M. Akent'eva, O.A. Anisimov, M.Yu. Bardin [i dr.]; pod red. V.M. Kattsova; Federal'naya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy (Rosgidromet). Moskva: Rosgidromet, 2022. 122 s.
3. Shevchenko V.A., Dedova E.B., Isaeva S.D. Kompleksnye melioratsii v bor'be s opustynivaniem i degradatsiei zemel'. Nauchno-agronomicheskii zhurnal. 2023. N 4(123). S. 22-29.
4. Isaev O.I. Povyshenie effektivnosti upravleniya vodnym khozyaistvom na osnove sovershenstvovaniya ekonomicheskoi otsenki vodnykh resursov. Sovremennye problemy gidravliki i gidrotekhnicheskogo stroitel'stva: Sb. tezisov dokl. VII Vseros. nauch.-prakt. seminaru, Moskva, 22 maya 2024 g. Moskva: Izd-vo MISI-MGSU, 2024. S. 110-111.
5. Isaev O.I. Ekonomicheskaya otsenka vodnykh resursov kak instrument upravleniya vodnym khozyaistvom. Sel'skii mekhanizator. 2024. N 7. S. 43-45.
6. Dubinina V.G., Kosolapov A.E., Koronkevich N.I., Nikitina O.I., Chebanov M.S. Aktualizatsiya metodicheskikh ukazanii po normirovaniyu dopustimogo bezvozvratnogo iz'yatiya rechnogo stoka i ustanovleniyu ekologicheskogo stoka dlya sokhraneniya vodnykh ekosistem. Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie. 2022. N 2. S. 16-26.
7. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 29.07.2013 N 644 (red. ot 28.11.2023) "Ob utverzhdenii Pravil kholodnogo vodosnabzheniya i vodootvedeniya i o vnesenii izmenenii v nekotorye akty Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii". URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_150474/d88d71dcaa01c349b320f1adbc6474505ed495d5/ (data obrashcheniya: 10.11.2024).
8. Federal'nyi zakon "Ob okhrane okruzhayushchei sredy" ot 10.01.2002 N 7-FZ (poslednyaya redaktsiya). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823 (data obrashcheniya: 05.10.2024).
9. Dubinina V.G. Metodicheskie osnovy ekologicheskogo normirovaniya bezvozvratnogo iz'yatiya rechnogo stoka i ustanovleniya ekologicheskogo stoka (popuska). M.: Ekonomika i informatika, 2001. 118 s.
10. Vodnyi kodeks RF (ofitsial'nyi tekst v poslednei redaktsii): postateinyi kommentarii d.e.n., prof. kafedry ekologii i upravleniya prirodopol'zovaniem Ros. akademii gos. sluzhby pri Prezidente RF, akad. Akademii vodokhozyaistvennykh nauk RF A.V. Shevchuka, gos. sovetnika RF 3 kl. V.V. Petrunina, gos. sovetnika RF 1 kl. M.V. Seliverstovoi. Izd. 2-e, dop. i utochn. Moskva, 2007. 288 s.

Сведения об авторе:

Исаев Олег Игоревич

К.э.н., старший научный сотрудник, отдел экосистемного водопользования и предотвращения опустынивания земель, ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»

ORCID 0009-0004-3796-1822

Isaev Oleg

Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher, Department of Ecosystem Water Management and Prevention of Land Desertification, Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov

Для цитирования: Исаев О.И. Повышение водообеспеченности засушливых регионов в условиях изменения климата // Вопросы степеведения. 2025. № 1. С. 25-34.
DOI: 10.24412/2712-8628-2025-1-25-34

ДИНАМИКА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЙ ЗАЦЕЛИНЕНИЯ ПОСТПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ (МУЗЕЙ-ЗАПОВЕДНИК ДИВНОГОРЬЕ, ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Л.А. Панкратова

Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, Санкт-Петербург

e-mail: l.pankratova@spbu.ru

Актуальность изучения динамики формирования растительного покрова на месте бывших пашен на территории музея-заповедника «Дивногорье» связана с необходимостью понимания механизмов и времени, необходимого для смены растительных сообществ. Цель исследования – проследить изменение качественных характеристик растительности маловозрастных залежей в условиях заповедного режима и выяснить сроки прохождения разных стадий восстановительных сукцессий. Изучение динамики растительности маловозрастных залежей проводилось в период с 2000 по 2024 гг. Геоботанические описания площадей проводились традиционным способом. Всего было сделано 21 геоботаническое описание, по которым был проведен флористический анализ растительности исследуемого участка. Результаты исследований представлены в виде таблиц и рисунков изменений основных показателей растительных сообществ за 23 года. Сделан вывод, что с момента полного вывода земель из сельскохозяйственного клина в 2000 г. участок маловозрастной залежи успел за 23 года пройти первые 2 стадии восстановительных сукцессий. Качественно изменилась горизонтальная структура сообществ, удалось проследить момент перехода между первыми двумя стадиями восстановления. В последние 7 лет (2017-2024 гг.) было отмечено резкое увеличение поросли древесных пород на маловозрастной залежи.

Ключевые слова: музей-заповедник «Дивногорье», залежная растительность, динамика растительного покрова, восстановительные сукцессии, геоботанические исследования.

Введение

В связи с интенсивным антропогенным влиянием растительность лесостепной зоны Воронежской области находится в критическом состоянии, а сохранившиеся незначительные участки зональной растительности необходимо сохранять и изучать, особенно это касается луговых степей [1] и кальцефитных вариантов степей [2].

В Воронежской области сохранилось крайне мало участков степной растительности. Эти участки представляют огромную ценность как источники инспермации. Территория музея-заповедника «Дивногорье» представляет собой сочетание неудобий с сохранившимися в них участками степной растительности, склонов с выходами пещерного мела и кальцефитной растительностью, водораздельных территорий с участками разновозрастных залежей. В 1991 г. данный уникальный ботанический объект получил статус охраняемого. Цель данного исследования – проследить динамику растительного покрова маловозрастных залежей в условиях заповедного режима за два десятилетия.

Материалы и методы

Музей-заповедник «Дивногорье», основанный в 1991 г., находится на юге Среднерусской возвышенности у слияния Тихой Сосны с Доном. В физико-географическом отношении территория музея-заповедника неоднородна, входит в состав Придонского мелового физико-географического района типичной лесостепи. Заповедник расположен в 10 км западнее города Лиски. В соответствии с административным делением территория музея-заповедника включает часть земель Лискинского и Острогожского районов. Общая площадь его заповедного ядра – 1400 га.

В соответствии с геологическим районированием территории Воронежской антеклизы участок, занимаемый музеем-заповедником «Дивногорье», входит в состав калитвинско-богучарского геоморфологического района, характерной особенностью которого является широкое распространение сильно расчлененных, относительно пониженных пологоволнистых эрозионно-денудационных равнин. В целом для рельефа района, в том числе изучаемого участка, свойственна унаследованность его от структурно-тектонических элементов всех периодов, особенно тесная зависимость развития рельефа от структурно-тектонических факторов неоген-четвертичного времени [3].

Территория музея-заповедника неоднородна и состоит из двух основных элементов рельефа: речной долины и междуречного плато. Каждому из этих элементов рельефа присущи особенности происхождения, морфологии и направленности развития. Строго говоря, название «Дивногорье» не отвечает научной географической терминологии. Как известно, под «горой» геоморфологи подразумевают обособленные поднятия относительной высоты около 150-200 м и выше. Здесь же превышение бровки склона – не более 60-70 м над прилегающей поймой и урезом воды в р. Дон.

Центральная часть плато имеет абсолютную высоту до 185 м над уровнем моря. Осевая часть его имеет выпуклую форму и осложнена системой невысоких (до 5 м) останцовых поднятий.

Территория музея-заповедника находится в пределах умеренного климатического пояса. По данным многолетних метеорологических наблюдений (1991-2020 гг.) на метеостанции в г. Лиски, самый холодный месяц – январь со средней температурой воздуха – 6,2°C, а самый теплый – июль со средней температурой воздуха +19,7°C. Наибольшая месячная сумма осадков в районе г. Лиски приходится на июль (84 мм), а наибольшее число дней с осадками – на январь (13).

Из литературы известно, что сукцессионный ряд смен растительных сообществ степной зоны состоит из 5 основных стадий [4, 5]:

1. Стадия или фаза полевых сорняков;
2. Стадия корневищных растений, преимущественно мятлика;
3. Стадия типчаковая или дерновинных степных злаков;
4. Стадия ковыльно-типчаково-разнотравная или вторичная целина;
5. Стадия степных кустарников, эфемеров, эфемероидов, степных мхов.

В данной работе мы будем рассматривать только первые две стадии восстановления: стадию полевых сорняков и стадию корневищных растений.

Изучение растительности музея-заповедника «Дивногорье» нами было начато в 2000 г. С целью изучения растительного покрова на территории было заложено 2 геоботанических профиля, пересекающих большинство участков разновозрастных залежей (рис. 1). Результаты этих исследований были опубликованы ранее [3]. Геоботанические профили были заложены по принципу пересечения максимального количества залежей разного возраста, имели ширину 50 м и протяженность профиля «ДД» (указано полевое название) 600 м, профиля «ЛЭП» (указано полевое название) – 800 м.

В соответствии с нормативно-правовыми документами по созданию музея-заповедника, в период с 1991 по 2001 гг. часть территории продолжала распахиваться или использовалась под прогон скота к месту выпаса. В данной статье объектом исследования стал плакорный участок, расположенный в центральной части музея-заповедника, который был полностью выведен из сельскохозяйственного клина весной 2000 г. Этот участок стал продолжением ранее заложенного геоботанического профиля «ЛЭП», обозначен на рисунке 1 красным прямоугольником.

Геоботаническое описание пробных площадей размером 100 м² (10 x 10 м) проводилось традиционным способом [6]. Всего за 2002-2024 гг. было сделано 21 геоботаническое описание. Латинские названия видов приводятся по С.К. Черепанову [7], экологические группы видов приводятся по Л.Г. Раменскому [8] и др. [9, 10]. Ряд видов был принят нами в широком объеме (*s.l.*), *Achillea millefolium s.l.*; *Galium verum s.l.*; *Medicago*

falcata s.l. и др., так как встречающиеся на залежах музея-заповедника расы и разновидности не всегда надежно отличаются внешне, особенно в вегетативном состоянии.

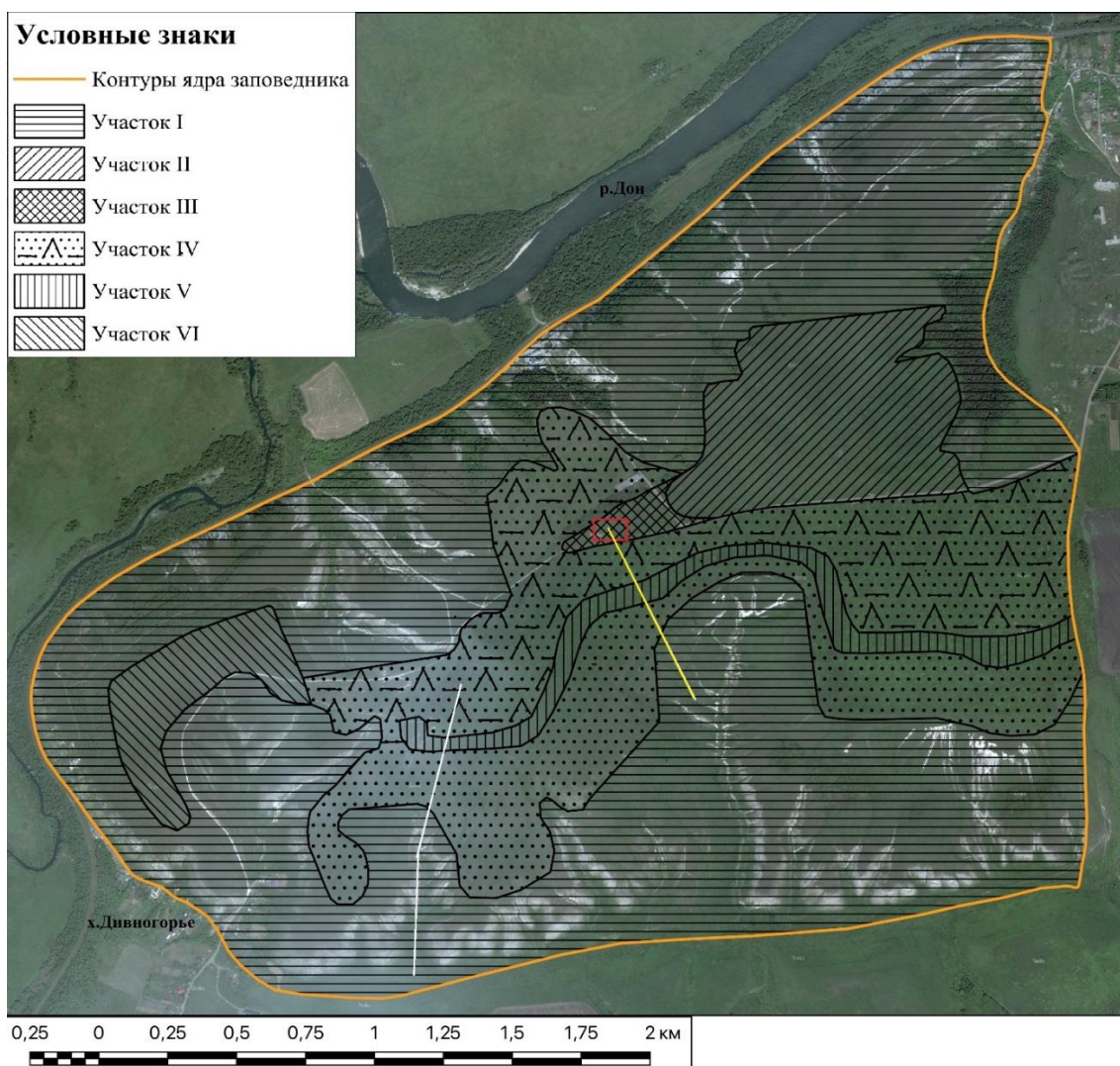


Рисунок 1 – Участки разновозрастных залежей на территории музея-заповедника «Дивногорье»

Условные обозначения: линиями указаны геоботанические профили – белой (профиль «ДД») и желтой (профиль «ЛЭП»), Участок I – «условно» ненарушенные растительные сообщества (незатронутые хозяйственной деятельностью, не подвергавшиеся распахке), участок II – залежь 2005 года, участок III – залежь 2000 года (красным прямоугольником выделена территория, о которой идет речь в данной статье), участок IV – залежь 1980-х годов, участок V – залежь 1970-80-х гг. с доминированием *Salvia sp.*, участок VI – залежь 1960-70-х годов.

В результате работ было прослежено изменение проективного покрытия для первых двух стадий восстановления растительного покрова. Выявлены особенности формирования растительных группировок первой стадии восстановления степной растительности, установлен момент смены доминантной группы видов и перехода на вторую стадию восстановления. Проанализированы экологические и хозяйственно-биологические группы видов. Это позволяет судить о трансформации растительного покрова изученного участка за последние 20 лет.

Результаты и обсуждение

Всего за период изучения растительности в сообществах, описанных на двух мониторинговых площадях в музее-заповеднике «Дивногорье», было встречено 200 видов растений из 37 семейств (табл. 1).

Таблица 1 – Спектр семейств растений, встречающихся в описанных сообществах музея-заповедника «Дивногорье»

№	Семейство	Число видов	
1	<i>Asteraceae</i> Bercht. & J.Presl	сложноцветные	42
2	<i>Fabaceae</i> Lindl.	бобовые	22
3	<i>Poaceae</i> Barnhart	злаковые	21
4	<i>Lamiaceae</i> Martinov	губоцветные	15
5	<i>Apiaceae</i> Lindl.	зонтичные	11
6	<i>Scrophulariaceae</i> Juss.	норичниковые	7
7	<i>Boraginaceae</i> Juss.	бурачниковые	6
8	<i>Brassicaceae</i> Burnett	крестоцветные	6
9	<i>Rosaceae</i> Juss.	розоцветные	6
10	<i>Caryophyllaceae</i> Juss.	гвоздичные	5
11	<i>Rubiaceae</i> Juss.	мареновые	5
12	<i>Liliaceae</i> Juss.	лилейные	4
13	<i>Ranunculaceae</i> Juss.	лютиковые	4
14	<i>Campanulaceae</i> Juss.	колокольчиковые	3
15	<i>Euphorbiaceae</i> Juss.	молочайные	3
16	<i>Plantaginaceae</i> Juss.	подорожниковые	3
17	<i>Dipsacaceae</i> Eaton	ворсянковые	2
18	<i>Polygonaceae</i> Juss.	гречишные	2
19	<i>Hypericaceae</i> Juss.	зверобойные	2
20	<i>Cyperaceae</i> Juss.	осоковые	2
21	<i>Crassulaceae</i> J.St.-Hil.	толстянковые	2
22	<i>Convolvulaceae</i> Juss.	вьюнковые	1
23	<i>Gentianaceae</i> Juss.	горечавковые	1
24	<i>Orobanchaceae</i> Vent.	заразиховые	1
25	<i>Iridaceae</i> Juss.	касатиковые	1
26	<i>Urticaceae</i> Juss.	крапивные	1
27	<i>Asclepiadaceae</i> Borkh.	ластовневые	1
28	<i>Linaceae</i> DC. ex Perleb	льновые	1
29	<i>Papaveraceae</i> Juss.	маковые	1
30	<i>Malvaceae</i> Juss.	мальвовые	1
31	<i>Chenopodiaceae</i> Burnett	маревые	1
32	<i>Primulaceae</i> Batsch ex Borkh.	первоцветные	1
33	<i>Resedaceae</i> Martinov	резедовые	1
34	<i>Santalaceae</i> R.Br.	санталовые	1
35	<i>Plumbaginaceae</i> Juss.	свинчатковые	1
36	<i>Cucurbitaceae</i> Juss.	тыквенные	1
37	<i>Violaceae</i> Batsch	фиалковые	1

В первый год, после весенней распашки, исследуемый участок представлял собой распаханное поле с редкими группировками сорных видов, таких как *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Convolvulus arvensis* L., *Seseli libanotis* (L.) W.D.J. Koch, *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. и др.

Травяные группировки парового поля обладали бедным видовым составом – 8-12 видов на 100 м², проективное покрытие не превышало 30 %, а в отдельных случаях растения покрывали менее 10 % поверхности почвы (табл. 2).

Таблица 2 – Сводная таблица описаний бурьянистой стадии (приведен список видов, имеющих проективное покрытие более 5 %)

№	Кол-во видов в описании	8	12	9
	Общ. п\п площадки 10 x 10 м	>10 %	25 %	50 %
	Год исследования	2000	2001	2002
1	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	7	2	2
2	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	6	6	2
3	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	6	4	3
4	<i>Stachys annua</i> (L.) L.	4	2	
5	<i>Setaria glauca</i> auct.	2	7	2
6	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	2	1	
7	<i>Cyclachaena xanthiifolia</i> (Nutt.) Fresen	2		
8	<i>Seseli libanotis</i> (L.) W.D.J. Koch	2		
9	<i>Artemisia absinthium</i> L.		2	
10	<i>Cichorium intybus</i> L.		2	
11	<i>Sonchus arvensis</i> L.		2	
12	<i>Artemisia vulgaris</i> L.		2	2
13	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.		1	
14	<i>Agrimonia eupatoria</i> L.			4
15	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski		1	3
16	<i>Euphorbia stepposa</i> Zoz ex Prokh.			2
17	<i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib.			2

На описанных площадях в первые 3 года господствовали культурные и сорные растения (57 %), на втором месте – луговые (18 %) и лишь на третьем – степные виды (17 %), незначительную роль играли растения меловых и песчаных местообитаний (рис. 2).

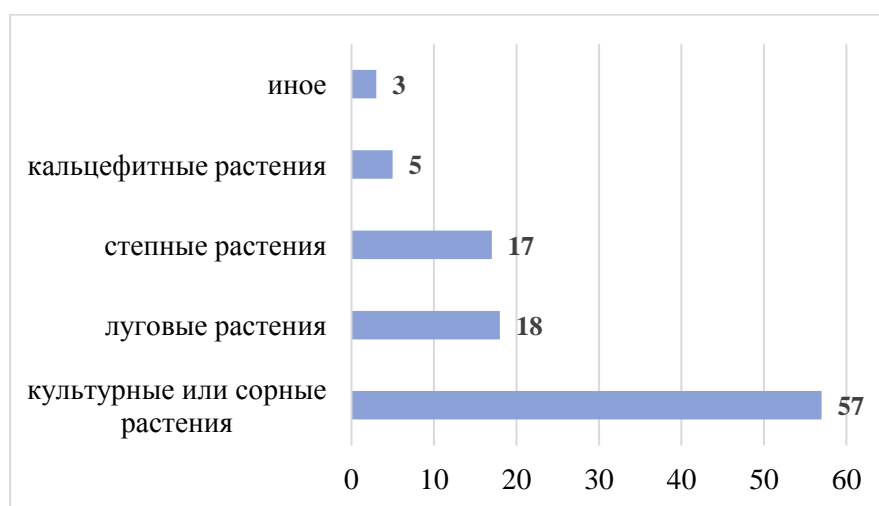


Рисунок 2 – Эколого-фитоценотические группы видов первой стадии восстановления 2000-2002 гг. (в %)

В описанных сообществах преобладали многолетние растения (53 % от всех встреченных видов на данной территории), 28 % составляли однолетние растения и 19 % – двулетние виды (рис. 3).

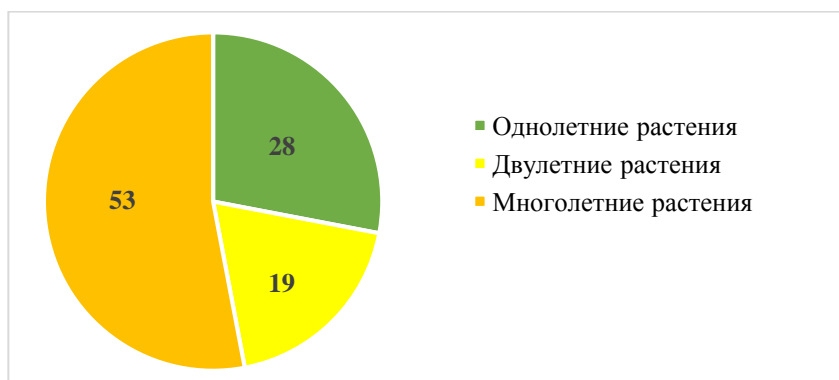


Рисунок 3 – Спектр жизненных форм сообществ первой стадии зарастания пашни (в %)

В период 2004-2005 гг. растительные группировки постепенно преобразовались в разнотравно-мятликово-пырейные, а затем в 2010 году – в разнотравно-пырейно-мятликовые сообщества.

В 2004 году произошли изменения во флористическом составе залежи: резко возросло общее проективное покрытие, увеличилось количество видов и их обилие, появились четкие доминанты. Проанализировав состав и количественные характеристики сообществ 4-10 годов существования залежи, растительные сообщества были отнесены нами уже не к стадии полевых сорняков, а ко второй стадии – стадии длиннокорневищных злаков, в нашем случае пырея и мятлика.

Видовой состав сообществ насчитывал от 21 до 29 видов на 100 м² описываемой площади (табл. 3). Основными доминирующими видами, кроме пырея *Elytrigia repens*, были: *Poa angustifolia* L., *Taraxacum officinale*, *Artemisia austriaca* Jacq., *Convolvulus arvensis*, *Achillea millefolium* L.

Таблица 3 – Сводная таблица описаний стадии длиннокорневищных злаков в период с 2004 по 2010 гг. (приведен список видов, имеющих проективное покрытие более 5 %)

№№	Кол-во видов в описании	22	21	21	25	26	
		Общ. п\п площадки 10 x 10 м	71 %	82 %	73 %	75 %	80 %
		Год исследования	2004	2005	2006	2009	2010
1	2	3	4	5	6	7	
1	<i>Cichorium intybus</i> L.	6	2	3	3	2	
2	<i>Trifolium pratense</i> L.	6	2	3	2	2	
3	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam.	6	2	2	4	4	
4	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	4	5	4	3	4	
5	<i>Poa angustifolia</i> L.	4	4	4	4	6	
6	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	4	3	3	2	2	
7	<i>Melampyrum argyrocomum</i> (Fisch. ex Ledeb.) Koso-Pol.	4			2	2	
8	<i>Bromopsis riparia</i> (Rehmann) Holub	4					
9	<i>Medicago lupulina</i> L.	4					
10	<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.	2	2	2	2	2	
11	<i>Campanula sibirica</i> L.	2	2	2	2	2	
12	<i>Achillea millefolium</i> L.	2	2	3	2	2	
13	<i>Agrimonia eupatoria</i> L.	2	2	2	2	2	
14	<i>Trifolium repens</i> L.	2	2				
15	<i>Plantago urvillei</i> Opiz	2		2	2	2	

1	2	3	4	5	6	7
16	<i>Erysimum canescens</i> Roth	2			2	2
17	<i>Vicia sepium</i> (L.) Moench	2				
18	<i>Vicia cracca</i> L.	2				
19	<i>Acinos arvensis</i> (Lam.) Dandy	2				
20	<i>Sedum acre</i> L.	2				
21	<i>Sinapis arvensis</i> L.	2				
22	<i>Rubus caesius</i> L.	1				
23	<i>Medicago falcata</i> L.		6	1	6	4
24	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.		3	4	3	2
25	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.		3	2	2	2
26	<i>Verbascum lychnitis</i> L.		2	2	2	2
27	<i>Artemisia absinthium</i> L.		2	2	2	2
28	<i>Daucus carota</i> L.		2	2	2	2
29	<i>Bupleurum falcatum</i> L.		2		2	2
30	<i>Tragopogon podolicus</i> (DC.) S.A. Nikitin		2		2	2
31	<i>Stachys annua</i> (L.) L.		2		2	2
32	<i>Poa pratensis</i> L.		2			
33	<i>Astragalus onobrychis</i> L.			2	2	2
34	<i>Scabiosa ochroleuca</i> L.			2	2	2
35	<i>Artemisia vulgaris</i> L.			2	2	2
36	<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.			2		2
37	<i>Trifolium montanum</i> L.			2		
38	<i>Pastinaca sativa</i> L.			2		
39	<i>Thalictrum minus</i> L.			2		
40	<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.				3	2
41	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub				2	2
42	<i>Oxytropis pilosa</i> (L.) DC.				2	
43	<i>Stachys recta</i> L.				2	
44	<i>Galium verum</i> L.				2	
45	<i>Hieracium pilosella</i> L.				2	
46	<i>Plantago major</i> L.				2	
47	<i>Lathyrus pratensis</i> L.					2
48	<i>Senecio jacobaea</i> L.					2

Анализ эколого-фитоценологических групп видов в пырейных сообществах показал, что преобладают степные растения (42 % от общего числа видов), велика роль луговых видов (27 %), культурных и сорных видов – 21 %, встречаются виды, приуроченные к меловым местообитаниям (10 %) (рис. 4).

Большинство видов, отмеченных в описаниях пырейной стадии восстановления в период с 2004 по 2010 гг., – это многолетники (67 % от всех видов данной стадии), значительную роль играют двулетние растения (21 %), незначительное количество однолетних видов свидетельствует о постепенном восстановлении степных сообществ и вытеснении сорных видов луговыми и степными растениями (рис. 5).

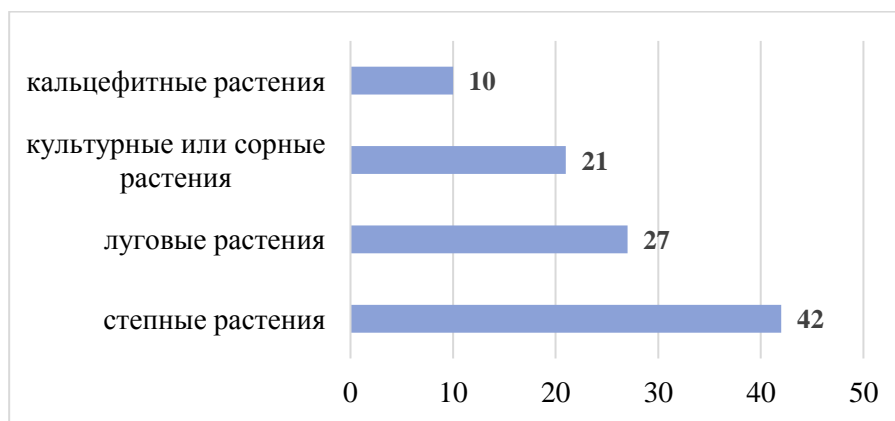


Рисунок 4 – Эколого-фитоценоотические группы видов пырейной стадии восстановления 2004-2010 гг. (в %)

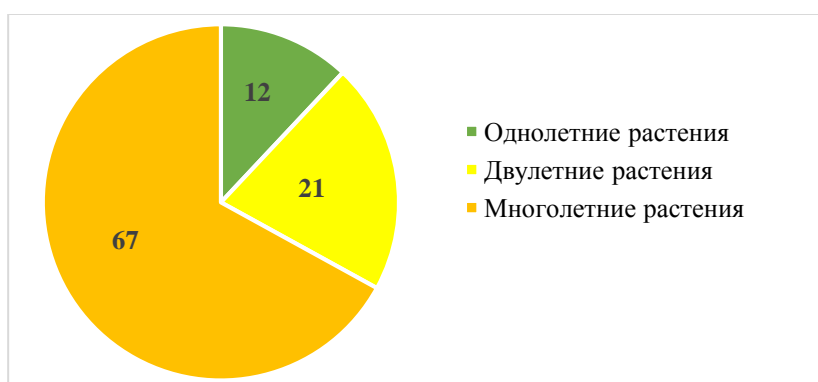


Рисунок 5 – Спектр жизненных форм растений пырейной стадии восстановления 2004-2010 гг. (в %)

Последующие годы разнотравно-пырейно-мятликовые сообщества залежи продолжали свое развитие. На поверхности почвы, в отсутствие выпаса, сенокосения и пожаров, активно формировалась подстилка, мощность которой постепенно увеличивалась с 1 см в 2005 г. до 3-4 см в 2011 г. и 6-8 см в 2024 г. Накопление подстилки привело к снижению общего проективного покрытия и к внедрению в состав сообществ новых видов, которые ранее не отмечались, но активно произрастали на близлежащих к исследуемому участку территориях (табл. 4). К таким видам можно отнести: *Stipa pennata* L., *Euphorbia seguieriana* Neck., *Onobrychis arenaria*, *Lathyrus pratensis*, *Euphorbia virgata*, *Nonea pulla* DC., *Potentilla heptaphylla* L., *Stipa capillata* L. Однако следует отметить, что не все отмеченные виды растений смогли закрепиться на территории и впоследствии выпали из состава сообществ (табл. 5). На одной из учетных площадей в 2012 г. впервые был отмечен первый экземпляр подроста ясеня обыкновенного *Fraxinus excelsior* L.

Таблица 4 – Изменение параметров общего проективного покрытия травянистой растительности на залежи в период с 2004 по 2024 гг.

Год описания	2004	2005	2006	2009	2010	2011	2012	2017	2022	2023	2024
Общ. п\п площадки 10 x 10 м (%)	71	82	73	75	80	80	50	45	50	45	60

Таблица 5 – Сводная таблица описаний стадии длиннокорневищных злаков в период с 2011 по 2024 гг. (приведен список видов, имеющих проективное покрытие более 5 %)

№	Количество видов	31	27	31	27	24	26
	Общ. п\п площадки 10 x 10 м	80 %	50 %	45 %	50 %	45 %	60 %
	Год исследования	2011	2012	2017	2022	2023	2024
1	<i>Medicago falcata</i> L.	6	4	2	2	4	6
2	<i>Poa angustifolia</i> L.	5	5	4	4	5	6
3	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	4	3	4	4	4	5
4	<i>Agrimonia eupatoria</i> L.	4	3	3	3	2	2
5	<i>Bupleurum falcatum</i> L.	2	4	2	2	2	2
6	<i>Achillea millefolium</i> L.	2	3	2	2	2	2
7	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	2	2	3	2	2	2
8	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam.	2	2	2	2	2	2
9	<i>Cichorium intybus</i> L.	2	2	2	2	2	2
10	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	2	2	2	2	2	2
11	<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.	2	2	2	2	2	2
12	<i>Plantago urvillei</i> Opiz	2	2	2	2	2	2
13	<i>Scabiosa ochroleuca</i> L.	2	2	2	2	2	2
14	<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.	2	2	2	2	2	2
15	<i>Artemisia absinthium</i> L.	2	2	2	2	2	2
16	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	2	2	2			
17	<i>Trifolium pratense</i> L.	2	2	2			
18	<i>Senecio jacobaea</i> L.	2	2	2			
19	<i>Melampyrum argyrocomum</i> (Fisch. ex Ledeb.) Koso-Pol.	2	2		2	2	2
20	<i>Verbascum lychnitis</i> L.	2	2		2	2	
21	<i>Campanula sibirica</i> L.	2	2			2	2
22	<i>Daucus carota</i> L.	2	2			2	2
23	<i>Picris hieracioides</i> L.	2	2				
24	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	2		2	2	2	2
25	<i>Tragopogon podolicus</i> (DC.) S.A. Nikitin	2		2	2		
26	<i>Stachys recta</i> L.	2		2	2		
27	<i>Vicia sepium</i> (L.) Moench	2				2	2
28	<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	2				2	2
29	<i>Bromopsis riparia</i> (Rehmann) Holub	2					
30	<i>Phleum phleoides</i> (L.) H. Karst.	2					
31	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	2					
32	<i>Carduus acanthoides</i> L.		2	2	2		
33	<i>Artemisia vulgaris</i> L.		2	2			
34	<i>Stipa pennata</i> L.			2	2	2	2
35	<i>Euphorbia seguieriana</i> Neck.			2	2	2	2
36	<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.			2	2		
37	<i>Lathyrus pratensis</i> L.			2			
38	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.			2			
39	<i>Stipa capillata</i> L.						2
40	<i>Galium verum</i> L.						2

Анализ эколого-фитоценологических групп видов показал, что в сообществах продолжают преобладать степные растения – 46 % от общего числа видов, велика роль луговых видов (30 %), значительно сократилась доля культурных и сорных видов (до 10 %), стабильно встречаются виды, приуроченные к меловым местообитаниям (14 %) (рис. 6).

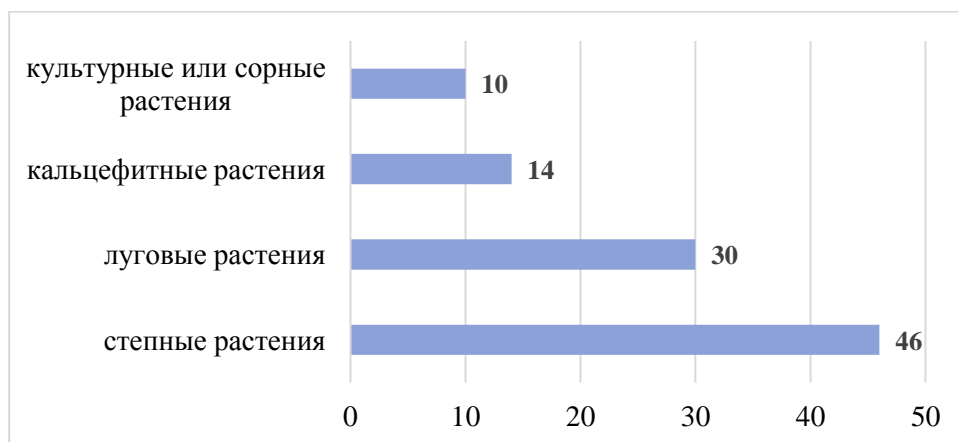


Рисунок 6 – Эколого-фитоценологические группы видов пырейной стадии восстановления 2011-2024 гг. (в %)

Большинство видов, отмеченных в описаниях пырейной стадии восстановления в период с 2011 по 2024 гг., – это многолетники (69 % от всех видов данной стадии), значительную роль играют двулетние растения (24 %), незначительное количество однолетних видов свидетельствует о восстановлении степных сообществ и вытеснении сорных однолетних видов степными многолетними растениями (рис. 7).



Рисунок 7 – Спектр жизненных форм растений пырейной стадии восстановления 2011-2024 гг. (в %)

В период с 2017 г. на исследуемом участке резко возросло количество подроста ясеня обыкновенного *Fraxinus excelsior*, и если в 2012 г. был отмечен только 1 экземпляр, то в 2017 г. на участке насчитывалось 3-4 на 100 м², а в 2024 – уже до 14 экземпляров на 100 м². Следует так же отметить, что высота подроста не превышает 120 см, и экземпляры, отмеченные в 2012 и 2017 гг., к 2024 г. погибли.

Выводы

В условиях заповедного режима, при полном отсутствии рекультивационных мероприятий или иной деятельности человека и копытных животных, наблюдаются следующие трансформации растительного покрова на участке бывших пахотных угодий.

С 2000 по 2002 гг. на описанных площадях господствовали культурные и сорные растения (57 %), на втором месте – луговые (18 %) и лишь на третьем – степные виды (17 %), среди которых треть составляли однолетние виды.

В 2004 году произошли изменения во флористическом составе залежи, резко возросло общее проективное покрытие, увеличилось количество видов и их обилие, появились четкие доминанты. Проанализировав состав и количественные характеристики сообществ 4-10 годов существования залежи, растительные сообщества были отнесены нами уже не к стадии полевых сорняков, а ко второй стадии – стадии длиннокорневищных злаков, в нашем случае пырея.

В период с 2004 по 2010 гг. на описанных площадях в пырейных сообществах преобладают степные растения – 42 % от общего числа видов, луговых видов 27 % и культурных и сорных видов – 21 %, встречаются виды, приуроченные к меловым местообитаниям (10 %). Доля однолетних видов сокращается до 12 % от общего числа видов.

В 2011-2024 гг. активно формировалась подстилка, мощность которой постепенно увеличивалась с 1 см в 2005 г. до 3-4 см в 2011 г. и до 6-8 см в 2024 г. Накопление подстилки привело к снижению общего проективного покрытия растительности с 80 % в 2011 г. до 45 % в 2023 г.

В настоящее время участок с залежной растительностью имеет возраст 24 года, представлен разнотравно-пырейно-мятликовым сообществом и продолжает находиться на стадии корневищных растений. Однако в составе сообщества стабильно произрастают растения следующей стадии восстановления (стадия типчаковая, или дерновинных степных злаков) – *Stipa pennata*, *Stipa capillata* (имеют устойчивое участие в составе сообщества), *Festuca valesiaca* Gaudin (отмечался однократно и единично).

Благодарности

Исследование в 2024 г. осуществлено при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество», грант «Моделирование трансформации ландшафтов Донского Дивногорья в условиях динамики регионального климата и тенденций его дальнейших изменений», договор 02/2024-Р.

Список литературы

1. Михно В.Б., Горбунов А.С. Физико-географическое районирование: учебник. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2022. 382 с.
2. Агафонов В.А., Ганнибал Б.К., Казьмина Е.С., Чернобылова М.В., Чернышова Т.Н., Шитова И.Н., Муковнина А.М. Флора Дивногорья. Воронеж: Строки, 2023. 172 с.
3. Панкратова Л.А. Восстановительные сукцессии степной растительности агроландшафтов Воронежской области (музей-заповедник «Дивногорье»): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 2009. 16 с.
4. Аврорин Н.А. Растительность разновозрастных залежей Каменной степи // Труды Бот. ин-та АН СССР. Сер. 3, Геоботаника. Ленинград, 1934. Вып. 1. С. 187-194.
5. Камышев Н.С. Закономерности развития залежной растительности Каменной степи // Бот. журн. 1956. Т. 41. № 1. С. 43-63.
6. Ипатов В.С., Мирин Д.М. Описание фитоценоза: метод. рекомендации / Под ред. В.С. Ипатова. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2000. 55 с.
7. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
8. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М., 1956. 472 с.
9. Горышина Т.К. Экология растений. М., 1979. 368 с.
10. Киселев В.Н. Основы экологии: учеб. пособие для вузов. Минск, 2000. 383 с.

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

Поступила в редакцию 23.12.2024
Принята к публикации 04.03.2025

DYNAMICS OF THE INITIAL STAGES OF HEALING OF POST-AGRICULTURAL LAND (DIVNOGOR'YE MUSEUM-RESERVE, VORONEZH REGION)

L. Pankratova

Saint Petersburg University, Russia, Saint Petersburg
e-mail: l.pankratova@spbu.ru

The relevance of studying the dynamics of vegetation cover formation on the site of former arable land on the Divnogorye Museum-Reserve is related with the need to understand the mechanisms and time required for the change of plant communities. The purpose of the study is to trace the changes in the qualitative characteristics of the young fallow's vegetation under the protected regime, and to determine the timing of various stages of succession restoration. The study of the young-age vegetation dynamics was carried out over the period from 2000 to 2024. Geobotanical description of the areas was conducted by the traditional way. A total of 21 geobotanical descriptions were made, and the floral and coenotic analysis was carried out on the basis on the results. The research results are presented in the form of tables and figures showing changes in the main indicators of plant communities over 23 years. It has been concluded that since the complete withdrawal of lands from the agricultural use in 2000, the site of the young-aged fallow has managed to go through the first 2 stages of restoration succession for 23 year. The horizontal structure of communities has changed qualitatively; it was possible to trace the moment of transition between the first two stages of restoration. In the last 7 years (2017-2024), a sharp increase in tree species growth has been recorded on young-aged fallow land.

Key words: Divnogorye Museum-Reserve, fallow vegetation, dynamics of vegetation cover, succession, geobotanical research.

References

1. Mikhno V.B., Gorbunov A.S. Fiziko-geograficheskoe raionirovanie: uchebnik. Voronezh: Izdatel'skii dom VGU, 2022. 382 s.
2. Agafonov V.A., Gannibal B.K., Kaz'mina E.S., Chernobylova M.V., Chernyshova T.N., Shitova I.N., Mukovnina A.M. Flora Divnogor'ya. Voronezh: Stroki, 2023. 172 s.
3. Pankratova L.A. Vosstanovitel'nye suksessii stepnoi rastitel'nosti agrolandshaftov Voronezhskoi oblasti (muzei-zapovednik «Divnogor'e»): avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. SPb., 2009. 16 s.
4. Avrorin N.A. Rastitel'nost' raznovozrastnykh zalezhei Kamennoi stepi. Trudy Bot. in-ta AN SSSR. Ser. 3, Geobotanika. Leningrad, 1934. Vyp. 1. S. 187-194.
5. Kamyshov N.S. Zakonomernosti razvitiya zalezhnoi rastitel'nosti Kamennoi stepi. Bot. zhurn. 1956. T. 41. N 1. S. 43-63.
6. Ipatov V.S., Mirin D.M. Opisanie fitotsenoza: metod. Rekomendatsii. Pod red. V.S. Ipatova. SPb.: Izd-vo SPbGU, 2000. 55 s.
7. Cherepanov S.K. Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv. SPb.: Mir i sem'ya, 1995. 992 s.
8. Ramenskii L.G., Tsatsenkin I.A., Chizhikov O.N., Antipin N.A. Ekologicheskaya otsenka kormovykh ugodii po rastitel'nomu pokrovu. M., 1956. 472 s.
9. Goryshina T.K. Ekologiya rastenii. M., 1979. 368 s.
10. Kiselev V.N. Osnovy ekologii: ucheb. posobie dlya vuzov. Minsk, 2000. 383 s.

Сведения об авторе:

Панкратова Любовь Александровна

К.г.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный университет

ORCID 0000-0001-9297-4475

Pankratova Lyubov

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Saint-Petersburg University

Для цитирования: Панкратова Л.А. Динамика начальных стадий зацеplинения
постпахотных земель (музей-заповедник Дивногорье, Воронежская область) // Вопросы
степеведения. 2025. № 1. С. 35-47. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-1-35-47

РЕДКИЕ МОХООБРАЗНЫЕ ВОЛГО-КАРАМЫШСКОГО СТЕПНОГО ЛАНДШАФТНОГО РАЙОНА (САРАТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Н.Н. Попова

Воронежская государственная академия спорта, Россия, Воронеж

e-mail: leskea@vmail.ru

Приведены сведения о редких мохообразных Волго-Карамышского степного ландшафтного района Саратовской области. Бриофлора изученной территории характеризуется высоким видовым разнообразием (около 100 видов) и содержит в своем составе ряд редких и интересных видов (около 40 %) из числа неморальных эпифитов, бореальных лесных и ручьевых видов, а также степных кальцефитов. Проведение мониторинговых исследований позволит скорректировать список охраняемых видов Саратовской области и обосновать их природоохранный статус.

Ключевые слова: бриофлора, Волго-Карамышский степной ландшафтный район, мохообразные, Красная книга, редкие виды, Саратовская область.

Введение

Традиционные региональные флористические исследования обогащаются в настоящий момент такими важными задачами, как изучение биоразнообразия естественных природных выделов (например, ландшафтных или флористических районов), характерных ландшафтов и экосистем, охраняемых территорий; а также выявление редких и индикаторных видов, определение динамики их популяций и оценка территориальной охраны. Продолжает оставаться актуальной и ревизия имеющихся региональных флористических списков с учетом новых данных по таксономии, географии и экологии ряда видов. В полной мере указанные научные направления относятся и к моховому компоненту флоры. С момента бриологических исследований, осуществленных на территории Саратовской области Л.А. Черепановой, прошло более 50 лет [1], поэтому необходимость работ такого характера очевидна, особенно с учетом весьма некорректных данных по распространению, встречаемости и слабой проработанности природоохранного аспекта.

Наиболее оптимальным методическим приемом для оценки репрезентативности сети региональных ООПТ нам представляется ландшафтно-экологический подход. Первым этапом должно быть полное выявление бриофлоры типичных ландшафтов физико-географического района; далее, на основе встречаемости и состояния популяций, необходимо составление списков видов, нуждающихся в охране. Следующим этапом является инвентаризация бриофлоры действующих региональных ООПТ для определения степени территориальной охраны как отдельных редких видов, так и бриокомплексов, характерных для того или иного ландшафтного района. Завершающим звеном должны быть корректировки списков охраняемых видов в региональных Красных книгах и рекомендации по организации новых ООПТ. В подобном аспекте автором статьи проводятся исследования на территории средней полосы России, а с 2019 года – и в Саратовской области [2]. Данная статья посвящена редким видам Волго-Карамышского ландшафтного района подзоны типичной степи [3].

Материалы и методы

Сборы автора статьи по изучаемой территории хранятся в гербарии заповедника «Галичья гора» (VU), учтены все литературные данные, ссылки на которые приведены при упоминании конкретных видов, а также гербарные коллекции ГБС РАН (МНА), БИН РАН (LE). Латинские наименования мохообразных, упоминаемых в литературе,

унифицированы по сводкам мхов и печеночников России [4, 5], поэтому авторы таксонов не приводятся. Принятые сокращения: ВКР – Волго-Карамышский район.

На территории ВКР обследовано 30 локальных бриофлор; пронумерованы лишь те из них, где выявлены редкие виды.

Красноармейский район: № 1 – с. Белогорское, урочище Тюрмы и утес Степана Разина, 29.VII.2019 и 3.VI.2022; № 2 – 1 км к юго-западу от с. Ваулино, 29.VII.2019; № 3 – 3 км к юго-востоку от с. Луганское, 28.VII.2019; № 4 – окрестности с. Нижняя Банновка, 29.VII.2019 и 1 км к югу от села, урочище Можжевельный овраг, 3.VI.2022; № 5 – 2 км к западу от с. Меловое, 3.VI.2022.

Лысогорский район: № 6 – 1 км к востоку от с. Атаевка, 24.VII.2021; № 7 – 1 км к востоку от с. Золотая Гора, 4.VI.2022; № 8 – урочище Моховое в 4 км к северо-западу от с. Юрловка, 29.VI.2019.

Саратовский район: № 9 – д. Злобовка, 8.VII.2019; № 10 – урочище Буркин лес, 29.VII.2019; № 11 – с. Гремячье, урочище Малиновая роща, 28.VII.2019; № 12 – 1 км к северу от с. Сосновка, урочище Поповские сосняки, 7.VI.2019; № 13 – восточная окраина с. Юрловка, 28.VII.2019; № 14 – 5 км к северу от с. Юрловка, родник Кикимора, 5.VI.2022; № 15 – 5 км к западу от с. Синенькие, 8.VI.2019.

Город Саратов, № 16 – природный парк «Кумысная поляна», 4.VI.2022.

Для местонахождений, известных только по работе Л.А. Черепановой [1]: № 17 – окрестности Саратова, № 18 – Колотов Буерак, № 19 – Большая Дмитриевка Саратовского района, № 20 – с. Суворово Красноармейского района; если сборы подтверждены гербарием, дается ссылка на год сборов и место хранения коллекции.

Результаты и обсуждение

Волго-Карамышский типично лесостепной ландшафтный район занимает южную часть Саратовского Правобережья в бассейнах рек Карамыш, Иловля, Волга [3]. Преобладающим типом местности является склоновый. Приводораздельные склоны волжской долины глубоко расчленены балками и оврагами, поросшими байрачными дубравами (рис. 1-5). Крупные массивы дуба расположены и на склонах реки Карамыш. Характерным типом почв являются неполноразвитые мало- и среднекаменистые черноземы и каштановые почвы, развитые на мелу или слоистых известняках; часты осыпи и оползни. Несмотря на выраженную аридность климата, по днищам ущелий (местное название «буераки») часты непересыхающие родники и ручьи (рис. 6). Верхние и средние части холмов местами заняты сосновыми лесами на щебнистых почвах (рис. 7). Типчаково-ковыльные степи занимают относительно пологие склоны волжского правобережья (рис. 8).

Бриофлора ВКР, с учетом литературных данных [1], насчитывает 107 видов, из них 90 видов подтверждено современными сборами. Видовое разнообразие мохообразных Саратовской области в целом оценивается нами в 170 видов, по данным Л.А. Черепановой [1] было известно 150 видов. Из общего объема бриофлоры 45 % видов характеризуются редкой или рассеянной встречаемостью. Из числа обследованных локаций статус ООПТ имеют: природный парк «Кумысная поляна», памятники природы «Нижнебанновский», «Буркин лес», «Поповские сосняки». Биоразнообразие охраняемых территорий ВКР, включая геологические и гидрологические объекты, будет посвящена отдельная публикация.

За последние годы нами выявлен ряд новых видов, ранее не известных как в Волго-Карамышском районе: *Dicranum polysetum*, *Leucodon sciuroides*, *Plagiomnium elatum*, *Plagiomnium ellipticum*, *Pohlia melanodon*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Bryum turbinatum*; так и в Саратовской области в целом: *Bryum creberrimum*, *Cephaloziella rubella*, *Dicranum tauricum*, *D. montanum*, *Fissidens exilis*, *Plagiothecium cavifolium*, *Pellia endiviifolia*, *Ptilidium pulcherrimum*, *Rhizomnium magnifolium*, *Platygyrium repens*, *Sciuro-hypnum reflexum*, *S. curtum*, *Schistidium submuticum*, *S. crassipilum*, *Grimmia muehlenbeckii* [6-9].



Рисунок 1 – Урочище Буркин Буерак



Рисунок 2 – Урочище Дурман-гора



Рисунок 3 – Урочище Тюрьмы близ утеса Степана Разина



Рисунок 4 – Выходы известняков в урочище Буркин Буерак



Рисунок 5 – Каменистая степь близ с. Золотая гора



Рисунок 6 – Родниковый ручей близ с. Ваулино



Рисунок 7 – Урочище Поповские сосняки



Рисунок 8 – Степные склоны близ с. Синенькие

При подготовке определителя «Флора мхов средней части Европейской России» [10] М.С. Игнатовым была проведена ревизия гербарных образцов (ЛЕ) некоторых редких видов, приводимых Л.А. Черепановой [1], в частности, для ВКР: *Tortula obtusifolia* оказался *T. muralis* var. *aestiva*; не рассматриваются как самостоятельные виды в современной таксономии *Orthotrichum fallax*, *Physcomitrium acuminatum*; не оказалось в наличии таких трудных в определении видов, как *Orthotrichum striatum*, *O. patens*, *Microbryum rectum*, которые были известны по единичным сборам.

Из числа видов, указанных Л.А. Черепановой [1] для ВКР, пока не подтверждены современными сборами: неморальный эпифит *Anomodon viticulosus* (№ 17); кальцефильные петрофиты *Barbula convoluta* (№ 17, 18, 20), *Encalypta ciliata* (№ 5, 10, 20), *E. streptocarpa* (№ 17), *E. vulgaris* (№ 10, 20), *Tortella tortuosa* (№ 10, 16, 18, 20), *Buckia vaucheri* (№ 5), *Campyliadelphus chrysophyllus* (№ 5, 10, 17, 18, 20); напочвенные лесные виды *Atrichum flavisetum* (№ 10), *Mnium marginatum* (№ 10), *Tortula subulata* (№ 10, 16, 18); степные виды *Pleuridium subulatum* (№ 10, 19), *Pyramidula tetragona* (№ 10); бореальный вид *Pleurozium schreberi* (№ 17, ЛЕ, сборы Казакевича, 1921).

Некоторые редкие печеночники, известные только по гербарным образцам начала прошлого столетия и опубликованные К.И. Ладыженской, Н.В. Гаевой, Е.А. Андреевой [11, 12], нуждаются в подтверждении современными сборами: *Riccia huebeneriana* (ЛЕ, сборы Казакевича, 1921) для окрестностей Саратова [12]; редкий аридный кальцефильный печеночник *Mannia fragrans* (ЛЕ, сборы Янишевского, 1927) для окрестностей станции Лысые горы, *R. canaliculata* (ЛЕ, сборы Казакевича, 1923) для окрестностей Саратова [11].

Отсутствие обнаружений эпигейных видов сукцессионных местообитаний носит случайный характер, и их находки вполне возможны; многолетние мхи коренных сообществ нуждаются в более тщательном поиске для обоснования отрицательной динамики их популяций. Полевые исследования привели к выводу, что частота встречаемости у ряда видов существенно меньше указанной Л.А. Черепановой [1]: *Riccia glauca*, *R. sorocarpa*, *Marchantia polymorpha*, *Encalypta vulgaris*, *Fissidens bryoides*, *F. taxifolius*, *Hygroamblystegium varium*, *Physcomitrium pyriforme*, *Pohlia cruda*, *Leptobryum pyriforme*.

Ниже приводится список выявленных в ВКР мохообразных, характеризующихся редкой и спорадичной встречаемостью, с указанием номера соответствующих локаций; известные только по данным Л.А. Черепановой [1] отмечены звездочкой.

НЕМОРАЛЬНЫЕ ЭПИФИТЫ (реже петрофиты и эпиксилы): *Brachythecium rotaeanum* – № 10, 12, 17; *Leucodon sciuroides* – № 10, 17; *Radula complanata* – № 10, *17.

ВИДЫ ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ МЕСТООБИТАНИЙ (родники, ручьи, берега озер, заболоченных ольшаников): *Brachythecium rivulare* – № 1, 2, 13; *Hygroamblystegium humile* – № 2, 4, 11, 16; *H. varium* – № 16; *Pellia endiviifolia* – № 3; *Plagiomnium elatum* – № 12; *P. ellipticum* – № 13; *Pohlia wahlenbergii* – № 4, 8, 16; *Rhizomnium magnifolium* – № 16; *Sciurohypnum curtum* – № 10, 11, 14.

КАЛЬЦЕФИЛЬНЫЕ ВИДЫ СТЕПНЫХ СООБЩЕСТВ: *Abietinella abietina* – №*10, *17, *18; *Bryum funckii* – № 15, *17; *Campylidium calcareum* – № 6, 10; *Didymodon fallax* – № 4, *5, *10, *17, *20; *Pterygoneurum ovatum* – № 4, *17; *P. subsessile* – № 5, *10, *17, *18, *20; *Tortula protobryoides* – № 10 (сборы Черепановой 1970, МНА).

ПЕТРОФИТЫ: *Fissidens gracilifolius* – № 5; *F. exilis* – № 5, *Grimmia muehlenbeckii* – № 7; *Schistidium submuticum* – № 16; *S. crassipilum* – № 7; *Tortula muralis* var. *aestiva* – № 5.

ВИДЫ ПОЧВЕННЫХ ОБНАЖЕНИЙ В ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВАХ: *Bryum creberrimum* – № 4, 6, 11, 12; *Bryoerythrophyllum recurvirostrum* – № 6, *10, *17; *Campylidium sommerfeltii* – № 12; *Dicranella heteromalla* – № 10, 16, *10, *17; *Fissidens bryoides* – № *17 (сборы Черепановой 1964, МНА), *20; *F. taxifolius* – № *3 (сборы Черепановой 1969, МНА); *Lophocolea minor* – № 6, 10, 12; *Mnium stellare* – № 3, *19, *17, *18, *19; *Plagiothecium curvifolium* – № 16; *Pohlia cruda* – № 1, 6, 10, 11; *Tortula mucronifolia* – № *10, *17, *18 (сборы Черепановой 1968, МНА).

ВИДЫ НЕЗАДЕРНОВАННОЙ ПОЧВЫ: *Cephaloziella rubella* – № 10, 12; *Dicranella varia* – № 4, 10, 13, 16; *Physcomitrella patens* – № 13, *17; *Pohlia melanodon* – № 1, 10, 13.

БОРЕАЛЬНЫЕ ВИДЫ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ (подстилка, основания стволов, гнилая древесина): *Callicladium haldanianum* – № 10; *Dicranum bonjeanii* – № *17 (сборы Поливановой, Казакевича, Черепановой 1969, МНА); *D. montanum* – № 9, 12; *D. polysetum* – № 12; *D. scoparium* – № 9, 10, 13; *D. tauricum* – № 13; *Lophocolea heterophylla* – № 10, *17; *Plagiothecium denticulatum* – № *10, 13; *Ptilidium pulcherrimum* – № 10; *Rhytidiadelphus triquetrus* – № 12; *Sanionia uncinata* – № 10, 12, *17, *19, *20; *Thuidium recognitum* – № 10 (современными сборами местонахождение подтверждено).

Несмотря на вышедшее в свет третье издание Красной книги Саратовской области [4], раздел «Мохообразные» имеет очень много недоработок. Предложенный список и сами очерки вызывают много вопросов по причинам вполне очевидным – данных о реальном распространении видов, частоте встречаемости, современном состоянии популяций, нахождении на охраняемых территориях явно недостаточно.

Из состава бриофлоры ВКР в Красную книгу Саратовской области [13] занесены:

Abietinella abietina (категория 2, рис. 9) – характерный вид степных сообществ, развитых преимущественно на карбонатных почвах; в Саратовской области действительно встречается реже и с меньшим обилием, чем на территории областей Центрального Черноземья; в ВКР известно пока 3 местонахождения, из них 2 – на охраняемых территориях; в специальной охране вид, на наш взгляд, не нуждается.

Didymodon fallax (категория 3, рис. 10) – степной кальцефит, один из самых частых и устойчивых видов в разреженных кальцефитных сообществах Среднерусской возвышенности; в Саратовской области встречается реже, в ВКР известно 5 местонахождений, из них 2 – на охраняемых территориях; в специальной охране вид, на наш взгляд, не нуждается.

Leucodon sciuroides (категория 3, рис. 11) – неморальный базифильный эпифит, индикаторный вид широколиственных лесов; собран на стволах дуба в малых количествах; в ВКР известно 2 местонахождения, оба на охраняемых территориях.

Заслуживают занесения в следующее издание Красной книги Саратовской области:

Dicranum tauricum (рекомендуемая категория 2, рис. 12) – бореально-неморальный ацидофильный эпиксил спорадического распространения; учитывая аридный климат Саратовской области, встречаемость и численность эпиксильных мохообразных в целом весьма низка; вид собран на гниющем ольховом пне в пойме родника; местонахождение в ВКР находится на неохраняемой территории; известен лишь на северо-западе Саратовской области, в Армянском бору.

Ptilidium pulcherrimum (рекомендуемая категория 3) – бореальный ацидофильный печеночник; собран в типичных местообитаниях – на стволе березы в пойме родникового ручья; единственное местонахождение в ВКР является охраняемым; на территории Саратовской области известен в Калининском, Базарно-Карабулакском, Петровском районах [7-9, 12, 13].

Dicranum bonjeanii (рекомендуемая категория 3, рис. 13; по неясным причинам был исключен из третьего издания Красной книги Саратовской области) – бореальный вид, в пределах ареала встречается в напочвенном покрове хвойно-широколиственных лесов, реже на северных склонах степных балок (по наблюдениям автора на территории Среднерусской возвышенности); в ВКР известно 1 местонахождение на охраняемой территории, известен также лишь на северо-западе Саратовской области, в Армянском бору [7].

Thuidium recognitum (рекомендуемая категория 2, рис. 14) – бореально-неморальный вид, характерный для подстилки в хвойно-широколиственных лесах, в Саратовской области на юго-восточной границе ареала; единственное местонахождение в ВКР является охраняемым.



Рисунок 9 – *Abietinella abietina*
(Hedw.) M. Fleisch.



Рисунок 10 – *Didymodon fallax*
(Hedw.) R.H. Zander



Рисунок 11 – *Leucodon sciuroides*
(Hedw.) Schwaegr.



Рисунок 12 – *Dicranum tauricum*
Sapjegin



Рисунок 13 – *Dicranum bonjeanii*
De Not



Рисунок 14 – *Thuidium recognitum*
(Hedw.) Lindb.

Заслуживают охраны следующие виды (если их нахождение будет документировано или указания подтверждены современными сборами): неморальный эпифит *Pseudoanomodon attenuatus*, арктоальпийские и аридные кальцефиты *Buckia vaucheri*, *Encalypta ciliata*, *E. streptocarpa*, *E. vulgaris*, *Tortella tortuosa*, а также малолетний эпигейный вид *Pyramidula tetragona*.

Выводы

Таким образом, можно заключить, что бриофлора ВКР характеризуется высоким видовым разнообразием и обилием редких видов. Наибольший ботанико-географический интерес представляют бореальные лесные мохообразные, находящиеся на юго-восточной границе ареала. Необходимы целенаправленные поиски редких видов, известных только по литературным указаниям. Целесообразна корректировка списка охраняемых видов с

включением ряда неморальных эпифитов, бореальных лесных и ручьевых видов, степных кальцефитов, а также организация регулярного мониторинга состояния популяций видов, заслуживающих охраны.

Список литературы

1. Черепанова Л.А. Мхи Саратовской области: дис. ... канд. биол. наук. Л., 1980. 200 с.
2. Попова Н.Н. Редкие мохообразные Донской части Саратовского Правобережья // Биоразнообразии и антропогенная трансформация природных экосистем: материалы X Всерос. науч.-практ. конф. Саратов, 2022. С. 86-95.
3. Физико-географическое районирование Нижнего Поволжья / Под ред. П. Кузнецова. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1961. 154 с.
4. Флора мхов России / Отв. ред. М.С. Игнатов. Т. 2. М., 2017. 560 с.; Т. 4. М., 2018. 543 с.; Т. 5. М., 2020. 600 с.; Т. 6. М., 2022. 472 с.
5. Потемкин А.Д., Софронова Е.В. Печеночники и антоцеротовые России. Т. 1. СПб.-Якутск: Бостон-Спектр, 2003. 368 с.
6. Попова Н.Н. Новые находки мохообразных в Саратовской области. 5 / Новые бриологические находки. 19 // *Arctoa*. 2022. Т. 31. № 2. С. 233-234.
7. Попова Н.Н. Новые находки мохообразных для Саратовской области // *Новости систематики низших растений*. 2022. Т. 56 (1). С. 239-240.
8. Попова Н.Н. Новые находки мхов для Саратовской области (европейская Россия) // *Новости систематики низших растений*. 2023. Т. 57 (1). С. 189-190.
9. Попова Н.Н., Лаврентьев М.В. Новые находки мохообразных для Саратовской области // *Новости систематики низших растений*. 2020. Т. 54 (2). С. 544-545.
10. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части Европейской России. Т. 1. М., 2003. 608 с.; Т. 2. М., 2004. С. 609-944.
11. Андреева Е.А. Новые находки редких видов печеночников из регионов России / Новые находки // *Arctoa*. 2009. Т. 18. С. 281-285.
12. Ладыженская К.И., Гаевая Н.В. *Riccia hueberiana* Lindb. в окр. Саратова // *Новости систематики низших растений*. 1965. С. 220-224. DOI: 10.31111/nsnr/1965.2.220.
13. Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения, Животные / Министерство природных ресурсов и экологии Саратовской области. Саратов, 2021. 496 с.

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

Поступила в редакцию 03.05.2023

Принята к публикации 04.03.2025

RARE MOSSES OF THE VOLGA-KARAMYSH STEPPE LANDSCAPE AREA (SARATOV REGION)

N. Popova

Voronezh State Academy of Sports, Russia, Voronezh
e-mail: leskea@vmail.ru

Information is provided on rare mosses in the Volga-Karamysh steppe landscape area of the Saratov region. The bryoflora of the studied territory is characterized by high species diversity (approximately 100 species), and contains a number of rare and interesting species (approximately 40 %), including non-morale epiphytes, boreal forest and stream species, as well as steppe calcifites.

Monitoring studies will allow adjusting the list of protected species of the Saratov region and substantiating their conservation status.

Key words: bryoflora, Volga-Karamysh steppe landscape area, mossy, Red Book, rare species, Saratov region.

References

1. Cherepanova L.A. Mkhi Saratovskoi oblasti: dis. ... kand. biol. nauk. L., 1980. 200 s.
2. Popova N.N. Redkie mokhoobraznye Donskoi chasti Saratovskogo Pravoberezh'ya. Bioraznoobrazie i antropogennaya transformatsiya prirodnikh ekosistem: materialy X Vseros. nauch.-prakt. konf. Saratov, 2022. S. 86-95.
3. Fiziko-geograficheskoe raionirovanie Nizhnego Povolzh'ya. Pod red. P. Kuznetsova. Saratov: Izd-vo Sarat. un-ta, 1961. 154 s.
4. Flora mkhov Rossii. Otv. red. M.S. Ignatov. T. 2. M., 2017. 560 s.; T. 4. M., 2018. 543 s.; T. 5. M., 2020. 600 s.; T. 6. M., 2022. 472 s.
5. Potemkin A.D., Sofronova E.V. Pechenochniki i antotserotovyе Rossii. T. 1. SPb.-Yakutsk: Boston-Spektr, 2003. 368 s.
6. Popova N.N. Novye nakhodki mokhoobraznykh v Saratovskoi oblasti. 5. Novye briologicheskie nakhodki. 19. Arctoa. 2022. T. 31. N (2). S. 233-234.
7. Popova N.N. Novye nakhodki mokhoobraznykh dlya Saratovskoi oblasti. Novosti sistematiki nizshikh rastenii. 2022. T. 56 (1). S. 239-240.
8. Popova N.N. Novye nakhodki mkhov dlya Saratovskoi oblasti (evropeiskaya Rossiya). Novosti sistematiki nizshikh rastenii. 2023. T. 57 (1). S. 189-190.
9. Popova N.N., Lavrent'ev M.V. Novye nakhodki mokhoobraznykh dlya Saratovskoi oblasti. Novosti sistematiki nizshikh rastenii. 2020. T. 54 (2). S. 544-545.
10. Ignatov M.S., Ignatova E.A. Flora mkhov srednei chasti Evropeiskoi Rossii. T. 1. M., 2003. 608 s.; T. 2. M., 2004. S. 609-944.
11. Andreeva E.A. Novye nakhodki redkikh vidov pechenochnikov iz regionov Rossii. Novye nakhodki. Arctoa. 2009. T. 18. S. 281-285.
12. Ladyzhenskaya K.I., Gaevaya N.V. Riccia huebereniana Lindb. v okr. Saratova. Novosti sistematiki nizshikh rastenii. 1965. S. 220-224. DOI: 10.31111/nsnr/1965.2.220.
13. Krasnaya kniga Saratovskoi oblasti: Griby. Lishainiki. Rasteniya, Zhivotnye. Ministerstvo prirodnykh resursov i ekologii Saratovskoi oblasti. Saratov, 2021. 496 s.

Сведения об авторе:

Попова Наталия Николаевна

Д.б.н., профессор кафедры медико-биологических, естественно-научных и математических дисциплин, Воронежская государственная академия спорта

ORCID: 0000-0001-9152-3832

Popova Natalya

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Biomedical, Natural Science and Mathematical Disciplines, Voronezh State Academy of Sports

Для цитирования: Попова Н.Н. Редкие мохообразные Волго-Карамышского степного ландшафтного района (Саратовская область) // Вопросы степеведения. 2025. № 1. С. 48-55. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-1-48-55

СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЬЯХ КАК АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ БИОЛОГИЗАЦИИ СЕВОБОРОТОВ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

***Я.З. Каипов, Р.С. Кираев, З.Р. Султангазин**

Башкирский НИИ сельского хозяйства

Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Россия, Уфа

e-mail: *akaipov@mail.ru

Целью исследования являлось изучение влияния биологизированного севооборота на содержание хлорофилла в фитомассе яровой пшеницы и выявление связи данного показателя с урожайностью зерна. Полевые опыты проводили в степи Южного Урала в пределах Республики Башкортостан Российской Федерации на черноземах обыкновенных среднесуглинистых. Климат засушливый, умеренно теплый. Изучали два полевых севооборота: зернопаровой шестипольный и биологизированный севооборот с зерновыми культурами в чередовании с полями люцерны. Применяли солому как органическое удобрение и азотно-фосфорное удобрение в малых дозах в сравнении с фоном без удобрений. В биологизированном севообороте на естественном фоне питания содержание хлорофилла в листьях яровой пшеницы оказалось на $9,7 \text{ мкг/см}^2$, или на 26 % больше, чем в контрольном зернопаровом севообороте. Прирост содержания хлорофилла от влияния удобрений выразился намного меньшими величинами – от $1,9$ до 5 мкг/см^2 в зависимости от сочетания удобрений. Показатель содержания хлорофилла в листьях возделываемых культур коррелирует с урожайностью и может использоваться в системе агротехнического прогноза результатов биологизации севооборотов в степной зоне.

Ключевые слова: хлорофилл, яровая пшеница, удобрения, севообороты, агротехнический прогноз, степная зона.

Введение

В последнее время в исследованиях стали применять показатель содержания хлорофилла в листьях возделываемых культур, косвенно отражающий уровень доступного почвенного азота, необходимого для синтеза данного фотосинтезирующего пигмента. В опытах Е.А. Шестаковой с соавторами (2020) внесение полного минерального удобрения осенью перед посевом озимой пшеницы и весенняя подкормка азотом в дозе 30 кг/га д. в. увеличили содержание зеленых пигментов на 21-28 % [1]. Чем больше становится содержание в почве доступного азота, например, посредством внесения удобрений, тем большее количество хлорофилла образуется в растениях и, соответственно, выше урожай [2]. Была выявлена взаимосвязь между количеством вносимого азота, показателем измерителя хлорофилла SPAD и урожайностью кукурузы [3]. В полевом опыте в штате Небраска, США, было показано, что количество азота и хлорофилла точно определяется по спектрам отражения листьев кукурузы, и их содержание тесно коррелировало с дозами внесения азотного удобрения [4]. В экспериментах Института биологии Уфимского исследовательского центра РАН показано накопление сырой массы растений пшеницы, увеличение индекса азотного баланса и концентрации хлорофилла в побегах при обработке штаммом бактерий *Pseudomonas plecoglossicida* 2,4-D и гуминовыми веществами [5]. Исследований измерений содержания хлорофилла и азота в растениях и их связи с урожайностью проведено относительно мало. В большинстве публикаций рассматривается влияние отдельных элементов технологии возделывания испытываемых культур на вышеупомянутые показатели [1, 2, 3, 6]. При оценке влияния севооборотов или систем возделывания культур часто применяют прямые методы

определения доступного азота в почве, не затрагивая дополнительные параметры [7]. Однако многие методы определения доступных питательных веществ в почве трудоемкие и дорогостоящие, и земледельцы их практически не применяют. Вполне оправдывается применение агротехнического метода прогноза урожайности и в целом продуктивности севооборотов, при котором агроном контролирует такие показатели, как предшественники, история обработки почвы, удобрения и другие элементы технологии. Исследованиями последних десятилетий установлено, что наиболее надежным показателем, коррелирующим с дозами азотных удобрений и величиной урожайности полевых культур, является содержание нитратного азота в пахотном слое почвы перед посевом [8]. Однако рекомендуемые дозы азотных удобрений, порядка 30-50 кг/га по действующему веществу, в условиях дефицита влаги в степной зоне значимого увеличения урожайности не обеспечивают. В острозасушливые годы достигается даже отрицательный эффект – снижение урожайности на удобренных участках. Поэтому на почвах с достаточным уровнем нитратного азота (20 мг/кг и более) применение азотных удобрений в степной зоне не рекомендуется. Улучшение азотного питания предлагается осуществить за счет биологических факторов [9]. Для получения плановой урожайности рекомендуется внесение азота в дозах, согласованных с содержанием элемента в почве в нитратной форме. Разработаны быстрые, малозатратные методы анализов, результаты которых сочетаются с показателем содержания нитратного азота в почве, такие как полевое определение хлорофилла в листьях культур. Этот показатель можно встроить в систему агротехнического прогноза, что повысит точность оценки новых технологий, в том числе биологизации севооборотов. Мы задались целью изучить изменения содержания хлорофилла под влиянием биологизированного севооборота и связи данного показателя с урожайностью зерна яровой пшеницы. Для достижения цели проводили полевой опыт и лабораторные исследования.

Материалы и методы

Объектами исследования были почва, севообороты и посев пшеницы. Полевой опыт проводили в Баймакском научном подразделении Башкирского НИИ сельского хозяйства. Почва представлена черноземом обыкновенным с среднесуглинистым гранулометрическим составом, среднемощным, среднегумусным. Пахотный слой содержит повышенное количество гумуса (7,5-7,6 %) и подвижного фосфора (107-114 мг/кг), высокое – обменного калия (138-140 мг/кг). Почвенный раствор имеет близкую к нейтральной реакцию с pH 6,2-6,3. Опытное поле расположено на Южном Урале, в Зауральской степи Республики Башкортостан. Климат засушливый, умеренно теплый. Среднегодовое количество атмосферных осадков 300 мм, за вегетационный период (май-август) выпадает 166 мм. За теплый период с температурой воздуха выше 10 °С сумма активных температур составляет 2050-2350 °С. Гидротермический коэффициент 0,6-1,0 по Г.Т. Селянинову (1928). Площадь делянок с полями севооборотов в опыте 660 м². Размещение систематическое, в один ярус. Повторность трехкратная в пространстве и двухкратная во времени. Исследования вели в двух полевых севооборотах. 1. Зернопаровой (контроль): 1) пар чистый; 2) яровая пшеница; 3) яровая пшеница; 4) горох; 5) яровая пшеница; 6) ячмень. 2. Биологизированный севооборот: 1) пар чистый и сидеральный; 2) яровая пшеница; 3) яровая пшеница + люцерна; 4) люцерна второго года жизни; 5) люцерна третьего года жизни; 6) яровая пшеница; 7) ячмень. Поля севооборотов (делянки первого порядка) были разделены на фоны питания: 1. Без органических удобрений, с подвариантами: 1) без минеральных удобрений (контроль); 2) минеральный азот в дозе 30 кг/га (мочевина) под зерновые культуры, фосфор в дозе 20 кг/га (суперфосфат двойной) под все культуры. 2. Солома зерновых культур: 1) без минеральных удобрений (контроль); 2) азот в дозе 30 кг/га под зерновые культуры, фосфор в дозе 20 кг/га под все культуры. Солому, в норме от 1,5 до 2,5 т/га в зависимости от урожайности, разбрасывали по полю при комбайновой уборке зерновых культур севооборотов. Минеральные удобрения вносили вразброс под предпосевную культивацию делянок. Определение хлорофилла проводили в полевых условиях в фазе колошения яровой пшеницы с использованием портативного

флавоноид- и хлорофиллометра Force-A серии DUALEX SCIENTIFIC. В ту же фазу развития пшеницы анализировали почву на содержание нитратного азота ионометрическим методом (ГОСТ 26951). Полученные материалы статистически обработали с определением наименьших существенных разниц по вариантам опыта, применили корреляционный анализ с выведением уравнения регрессии исследуемых признаков с использованием методики Б.А. Доспехова (1985) [10]. В биологизированном севообороте подопытная яровая пшеница в годы проведения опытов размещалась после люцерны третьего года жизни, что способствовало более яркому проявлению повышенного содержания хлорофилла в результате влияния разлагающихся корневых остатков предшественника. Метеоусловия значительно различались от среднемноголетних норм. За период вегетации яровой пшеницы, с мая по август выпало осадков: в 2022 г. – 65 %, в 2023 г. – 72 % от нормы. В 2023 г. первая половина июня была прохладной, со среднесуточной температурой воздуха 13,5 °С. Такие ограничения в погодных условиях способствовали формированию пониженных урожаев зерна яровой пшеницы.

Результаты и обсуждение

Как известно, содержание хлорофилла в листьях и стеблях возделываемой культуры большей частью зависит от содержания в почве доступных соединений азота. Следовательно, те севообороты, которые способствуют повышенному содержанию этого питательного элемента в почве, обеспечивают и высокое содержание хлорофилла в фитомассе.

Уровень хлорофилла в листьях экспериментальной культуры – яровой пшеницы в большей степени зависел от севооборотов, чем от удобрений. Так, содержание данного фотосинтезирующего пигмента в биологизированном севообороте на естественном фоне питания – без органических и минеральных удобрений в среднем за 2022-2023 гг. составило 46,9 мкг/см², что на 9,7 единиц или на 26 % больше, чем на том же фоне питания в контрольном зернопаровом севообороте (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние севооборотов и удобрений на содержание хлорофилла в посевах яровой пшеницы. Средние за 2022-2023 гг.

Севооборот	Фон удобрения		Содержание хлорофилла, мкг/см ²	Разница					
				по севооборотам		по удобрениям			
	Органические	Минеральные		Масса	%	Органические		Минеральные	
Масса			%			Масса	%		
Зернопаровой	Без органических удобрений	Без удобрений	37,1	-	-	-	-	-	-
		N ₃₀ P ₂₀	40,1	-	-	-	-	+3,0	8,0
	Солома	Без удобрений	37,0	-	-	0	0	-	-
		N ₃₀ P ₂₀	41,3	-	-	+1,25	3,1	+4,3	11,6
Биологизированный	Без органических удобрений	Без удобрений	46,9	9,7	26,3	-	-	-	-
		N ₃₀ P ₂₀	49,1	9,0	22,5	-	-	+2,2	4,7
	Солома	Без удобрений	48,8	11,8	31,8	+1,9	4,0	-	-
		N ₃₀ P ₂₀	51,9	10,6	25,5	+2,8	5,7	+3,1	6,4
			НСР ₀₅	5,5		1,3		2,2	

В участках с внесением минеральных удобрений $N_{30} P_{20}$ разница в содержании хлорофилла между севооборотами сохранилась почти как в условиях без удобрений, составляя 22 %. Наибольшее количество хлорофилла в листьях образовала яровая пшеница, размещенная в биологизированном севообороте, в делянках с оставлением послеуборочной соломы как органического удобрения. Листья яровой пшеницы в зернопаровом севообороте на том же фоне питания содержали на 10,6-11,8 $мкг/см^2$ меньше хлорофилла (разница в 25-32 %).

Влияние удобрений на содержание хлорофилла было намного слабее, чем влияние севооборотов. Внесение соломы в зернопаровом севообороте не повлияло на уровень содержания хлорофилла. Оказалась нулевая разница с фоном без органических удобрений. Листья пшеницы в биологизированном севообороте среагировали на удобрение соломой небольшим увеличением содержания хлорофилла. На этом фоне питания показатель хлорофилла составлял 48,8 $мкг/см^2$, что на 1,9 единицы больше, чем в варианте без органических удобрений. Совместное применение соломы и минерального удобрения способствовало значительному увеличению содержания хлорофилла в листьях яровой пшеницы в обоих севооборотах. В зернопаровом севообороте превышение над вариантом без органических и минеральных удобрений составило 4,2 $мкг/см^2$, в биологизированном – 5,0 $мкг/см^2$ (табл. 1). Повышенное содержание хлорофилла при комбинации удобрений «солома + $N_{30} P_{20}$ » показывает, что при обогащении почвы азотом минеральных удобрений активизируется разложение соломы с высвобождением легкодоступных соединений минерального азота. Об увеличении биологической активности почвы при совместном применении соломы и минеральных удобрений сообщает К.Ч. Хисамова [11]. В нашем опыте применение минеральных удобрений по сравнению с вариантом без удобрения увеличило содержание хлорофилла в большей степени, чем такое же действие от органических удобрений (соломы). Прибавки по сравнению с фоном без минеральных удобрений составляли от 2,2 до 4,3 $мкг/см^2$, в зависимости от севооборота и сочетания с соломой или без соломы. Таким образом, как показал наш полевой эксперимент, биологизированный севооборот является наиболее эффективным средством увеличения образования хлорофилла в листьях яровой пшеницы. В меньшей мере повышается содержание хлорофилла при применении органических и минеральных удобрений. Прирост содержания хлорофилла от влияния удобрений в пределах каждого севооборота менее высокий, чем разница в количестве данного пигмента между биологизированным и зернопаровым севооборотами, независимо от варианта удобрений.

Представляет научный и производственный интерес выявление количественной зависимости урожайности возделываемых культур от содержания хлорофилла в листьях. Г.А. Прядкина и соавторы сообщают, что имеется тесная корреляция между хлорофилльным фотосинтетическим потенциалом листьев и урожайностью озимой пшеницы [12]. По данным Г.А. Маринкиной, Е.И. Маркса, максимальное увеличение урожайности зерна пшеницы происходило на варианте совместного применения аммиачной селитры и диалена, а количество хлорофилла увеличивалось при применении указанного удобрения и гербицида [13]. В нашем полевом опыте так же обнаружилась определенная корреляционная зависимость урожайности зерна яровой пшеницы от содержания хлорофилла в листьях. Показатели содержания хлорофилла были сопоставимы с величинами урожайности зерна яровой пшеницы, изменяющимся показателем фотосинтезирующего пигмента соответствовали данные учета урожайности зерна (табл. 2).

Коэффициент корреляции между показателями содержания хлорофилла в листьях пшеницы и урожайностью зерна составил 0,83; что говорит о сильной прямой связи. Урожайность зерна яровой пшеницы сопоставимо увеличивается по мере возрастания содержания хлорофилла по вариантам опыта. Составили уравнение регрессии, показывающее степень изменения урожайности зерна в зависимости от показателей содержания хлорофилла в листьях пшеницы:

$$Y = 0,27 \times X + 10,89,$$

где Y – урожайность зерна, ц/га; X – содержание хлорофилла, мкг/см².

Более наглядно изображает зависимость урожайности зерна от показателей содержания хлорофилла в листьях яровой пшеницы построенная нами диаграмма (рис. 1).

Таблица 2. Зависимость урожайности зерна от содержания хлорофилла в листьях яровой пшеницы. Средние за 2022-2023 гг.

Севооборот	Фон удобрений		Содержание хлорофилла, мкг/см ²	Урожайность зерна, ц/га
	Органические	Минеральные		
Зернопаровой (контроль)	Без органических удобрений	Без удобрений	37,1	20
		N ₃₀ P ₂₀	40,1	21,3
	Солома	Без удобрений	37,0	20,7
		N ₃₀ P ₂₀	41,3	22
Биологизированный	Без органических удобрений	Без удобрений	46,9	21,7
		N ₃₀ P ₂₀	49,1	23,3
	Солома	Без удобрений	48,8	22
		N ₃₀ P ₂₀	51,9	26,5
НСР ₀₅			5,5	1,17

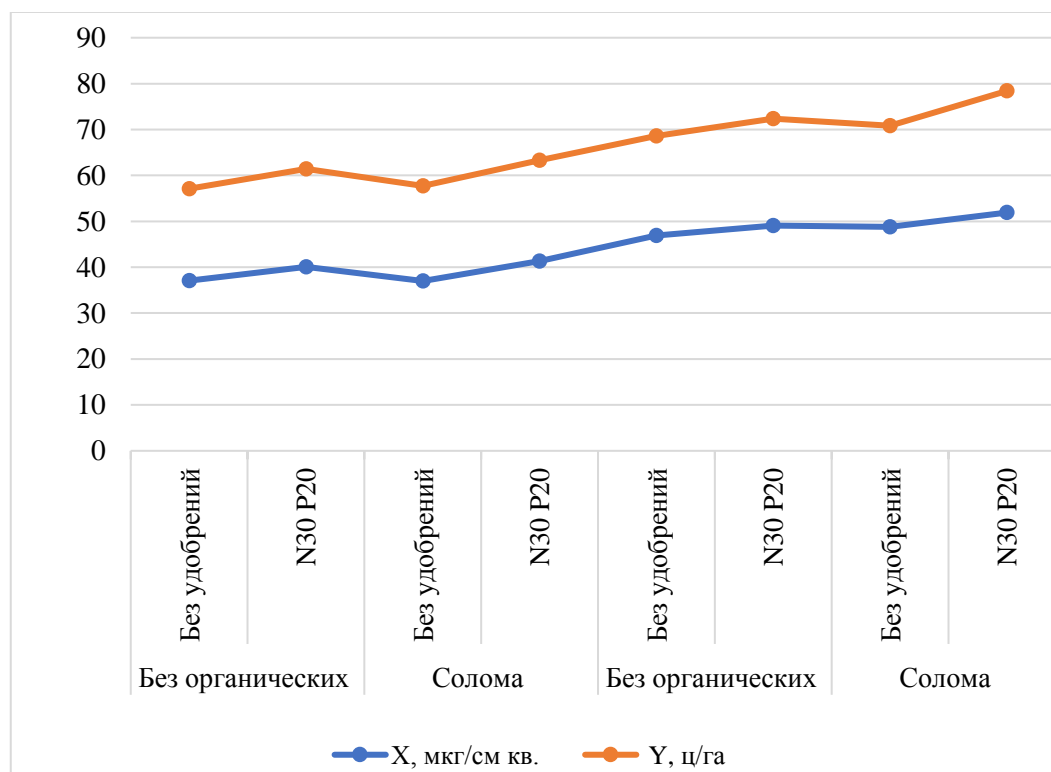


Рисунок 1 – Зависимость урожайности зерна от содержания хлорофилла в листьях яровой пшеницы

Таким образом, наши полевые эксперименты показывают, что показатель содержания хлорофилла в листьях возделываемых культур достаточно точно отражает связь между урожайностью и технологиями и может использоваться в системе агротехнического прогноза результатов биологизации севооборотов в степной зоне.

Выводы

Количество хлорофилла изменяется в соответствии с обеспеченностью растения азотом и напрямую влияет на величину биомассы. В связи с этим применение технологий, способствующих увеличению в почве доступного азота, повышает количество хлорофилла в растениях и урожайность возделываемой культуры. Выявлено большее влияние севооборота, чем удобрений в применяемых нами дозах, на содержание хлорофилла. В биологизированном севообороте на естественном фоне питания содержание хлорофилла в листьях яровой пшеницы оказалось на 9,7 мкг/см², или на 26 % больше, чем в контрольном зернопаровом севообороте. Прирост содержания хлорофилла от влияния удобрений в пределах конкретных севооборотов выразился намного меньшими величинами – от 1,9 до 5 мкг/см² в зависимости от сочетания удобрений. Показатель содержания хлорофилла в листьях возделываемых культур коррелирует с урожайностью и может использоваться в системе агротехнического прогноза результатов биологизации севооборотов в степной зоне.

Список литературы

1. Шестакова Е.О., Ерошенко Ф.В., Сторчак И.Г., Оганян Л.Р., Чернова И.В. Влияние различных элементов технологии возделывания на содержание хлорофилла в растениях озимой пшеницы и ее урожайность // *Аграрный вестник Урала*. 2020. № 5 (196). С. 27-37. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-196-5-27-37.
2. Cai Y., Miao Y., Wu H., Wang D. Hyperspectral Estimation Models of Winter Wheat Chlorophyll Content Under Elevated CO₂ // *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. DOI: 10.3389/fpls.2021.642917.
3. Costa C., Dwyer L., Dutilleul P., Stewart D.W., Ma B.L., Smith D.L. Inter-relationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes // *Journal of Plant Nutrition*. 2001. Vol. 24(8). P. 1173-1194. DOI: 10.1081/PLN-100106974.
4. Gitelson A., Schepers J., Ferguson R., Peng Y., Shanahan J., Rundquist D. Remote estimation of nitrogen and chlorophyll contents in maize at leaf and canopy levels // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2013. Vol. 25. P. 47-54. DOI: 10.1016/j.jag.2013.04.003.
5. Феоктистова А.В., Тимергалин М.Д., Рамеев Т.В., Четвериков С.П. Совместное воздействие штамма RGPB *Pseudomonas plecoglossicida* 2,4-d и гуминовых веществ на рост, содержание фотосинтетических пигментов и фитогормонов в растениях пшеницы в условиях засухи // *Агрехимия*. 2023. № 9. С. 28-36. DOI: 10.31857/S0002188123090065.
6. Симатин Т.В., Бильдиева Е.А., Ерошенко Ф.В., Калашникова А.А. Влияние предпосевной обработки семян полифункциональными препаратами на содержание хлорофилла и азота в растениях озимой пшеницы в условиях Центрального Предкавказья // *Зерновое хозяйство России*. 2022. Т. 14. № 4. С. 84-90. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-84-90.
7. Christenson D.R., Butt M.B. Nitrogen mineralization as affected by cropping system // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 1997. Vol. 28. Is. 13-14. P. 1047-1058. DOI: 10.1080/00103629709369854.
8. Гамзиков Г.П. Прогноз обеспеченности почв азотом и потребности полевых культур в азотных удобрениях // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2015. № 3 (9). С. 1-10. URL: <https://innfoodsecr.elpub.ru/jour> (дата обращения: 15.01.2025).
9. Практические рекомендации по почвенной диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в сибирском земледелии. М.: Росинформагротех, 2018. С. 30-31.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
11. Хисамова К.Ч. Влияние системы удобрения с использованием соломы на биологическую активность почвы и урожай ячменя // *Агрехимический вестник*. 2015. № 1. С. 35-37.

12. Прядкина Г.А., Стасик О.О., Михальская Л.Н., Швартау В.В. Связь между величиной хлорофилльного фотосинтетического потенциала и урожайностью озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при повышенных температурах // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 5. С. 88-95.

13. Маринкина Г.А., Маркс Е.И. Влияние удобрений и гербицидов на накопление хлорофилла, продуктивность фотосинтеза и урожай пшеницы // Вестник Новосибирского ГАУ. 2014. № 3. С. 37-41.

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

Поступила в редакцию 22.08.2024

Принята к публикации 04.03.2025

CHLOROPHYLL CONTENT IN LEAVES AS AN AGROTECHNICAL FORECAST IN IMPROVING BIOLOGIZATION OF CROP ROTATION IN THE STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN URALS

***Y. Kaipov, R. Kiraev, Z. Sultangazin**

Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Russia, Ufa
e-mail: *akaipov@mail.ru

The purpose of the study was to investigate the effect of biologized crop rotation on the chlorophyll content in spring wheat phytomass and to identify a relationship between this indicator and grain yield. Field experiments were carried out in the steppe of the Southern Urals, within the Republic of Bashkortostan of the Russian Federation, on ordinary medium-loamy chernozem soils. The climate is arid and moderately warm. Two types of field crop rotations were examined: a six-field crop rotation and biologized one with grain crops in alternation with alfalfa fields. Straw was used as organic fertilizer and nitrogen-phosphorus fertilizer in small amounts compared to a background without fertilizers. In a biologized crop rotation on a natural nutrient background, the chlorophyll content in spring wheat leaves was 9.7 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, or 26 % higher than in a control grain-steam crop rotation. The increase in chlorophyll content due to the effect of fertilizers was expressed in much smaller values – from 1.9 to 5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depending on the combination of fertilizers. The chlorophyll content in the leaves of cultivated crops correlates with yield and can be used in the system of agrotechnical forecasting of results of crop rotations' biologization in the steppe zone.

Key words: chlorophyll, spring wheat, fertilizers, crop rotation, agrotechnical forecast, steppe zone.

References

1. Shestakova E.O., Eroshenko F.V., Storchak I.G., Oganyan L.R., Chernova I.V. Vliyanie razlichnykh elementov tekhnologii vozdeleyvaniya na sodержanie khlorofilla v rasteniyakh ozimoi pshenitsy i ee urozhainost'. Agrarnyi vestnik Urala. 2020. N 5 (196). S. 27-37. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-196-5-27-37.

2. Cai Y., Miao Y., Wu H., Wang D. Hyperspectral Estimation Models of Winter Wheat Chlorophyll Content Under Elevated CO₂. Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 12. DOI: 10.3389/fpls.2021.642917.

3. Costa C., Dwyer L., Dutilleul P., Stewart D.W., Ma B.L., Smith D.L. Inter-relationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. *Journal of Plant Nutrition*. 2001. Vol. 24(8). P. 1173-1194. DOI: 10.1081/PLN-100106974.
4. Gitelso A., Schepers J., Ferguson R., Peng Y., Shanahan J., Rundquist D. Remote estimation of nitrogen and chlorophyll contents in maize at leaf and canopy levels. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2013. Vol. 25. P. 47-54. DOI: 10.1016/j.jag.2013.04.003.
5. Feoktistova A.V., Timergalin M.D., Rameev T.V., Chetverikov S.P. Sovmestnoe vozdeistvie shtamma PGPB *Pseudomonas plecoglossicida* 2,4-d i guminovykh veshchestv na rost, sodержanie fotosinteticheskikh pigmentov i fitogormonov v rasteniyakh pshenitsy v usloviyakh zasukhi. *Agrokimiya*. 2023. N 9. S. 28-36. DOI: 10.31857/S0002188123090065.
6. Simatin T.V., Bil'dieva E.A., Eroshenko F.V., Kalashnikova A.A. Vliyanie predposevnoi obrabotki semyan polifunktsional'nymi preparatami na sodержanie khlorofilla i azota v rasteniyakh ozimoi pshenitsy v usloviyakh Tsentral'nogo Predkavkaz'ya. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2022. T. 14. N 4. S. 84-90. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-84-90.
7. Christenson D.R., Butt M.B. Nitrogen mineralization as affected by cropping system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 1997. Vol. 28. Is. 13-14. P. 1047-1058. DOI: 10.1080/00103629709369854.
8. Gamzikov G.P. Prognoz obespechennosti pochv azotom i potrebnosti polevykh kul'tur v azotnykh udobreniyakh. *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*. 2015. N 3 (9). S. 1-10. URL: <https://innfoodsecr.elpub.ru/jour> (data obrashcheniya: 15.01.2025).
9. Prakticheskie rekomendatsii po pochvennoi diagnostike azotnogo pitaniya polevykh kul'tur i primeneniyu azotnykh udobrenii v sibirskom zemledelii. M.: Rosinformagrotekh, 2018. S. 30-31.
10. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
11. Khisamova K.Ch. Vliyanie sistemy udobreniya s ispol'zovaniem solomy na biologicheskuyu aktivnost' pochvy i urozhai yachmenya. *Agrokhimicheskii vestnik*. 2015. N 1. S. 35-37.
12. Pryadkina G.A., Stasik O.O., Mikhail'skaya L.N., Shvartau V.V. Svyaz' mezhdru velichinoi khlorofill'nogo fotosinteticheskogo potentsiala i urozhainost'yu ozimoi pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) pri povyshennykh temperaturakh. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2014. N 5. S. 88-95.
13. Marinkina G.A., Marks E.I. Vliyanie udobrenii i gerbitsidov na nakoplenie khlorofilla, produktivnost' fotosinteza i urozhai pshenitsy. *Vestnik Novosibirskogo GAU*. 2014. N 3. S. 37-41.

Сведения об авторах:

Каипов Яхия Зайнуллович

Д.с.-х.н., доцент, главный научный сотрудник, Башкирский НИИ сельского хозяйства Уфимского ФИЦ РАН

ORCID 0000-0001-8612-2583

Каиров Яхия

Doctor of agricultural sciences, Docent, Chief researcher, Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Кираев Рустам Султангареевич

Д.с.-х.н., профессор, директор, Башкирский НИИ сельского хозяйства Уфимского ФИЦ РАН

ORCID 0000-0003-0160-6680

Kiraev Rustam

Doctor of Agricultural Sciences, professor, Director, Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Султангазин Зуфар Рафкатович

К.с.-х.н., старший научный сотрудник, Башкирский НИИ сельского хозяйства Уфимского ФИЦ РАН

ORCID 0000-0002-8638-0176

Sultangazin Zufar

Candidate of agricultural sciences, Senior researcher, Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Каипов Я.З., Кираев Р.С., Султангазин З.Р. Содержание хлорофилла в листьях как агротехнический прогноз в совершенствовании биологизации севооборотов в степной зоне Южного Урала // Вопросы степеведения. 2025. № 1. С. 56-64. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-1-56-64

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ВЫРАЩИВАНИЕ ПЕРСИКА В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.В. Барайщук, А.Ю. Бендова, *А.И. Дегтярев

ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Россия, Омск

e-mail: *ai.degtyarjov@omgau.org

В статье приводятся результаты исследования размножения семенами персика обыкновенного в условиях южной лесостепи Омской области за 2022-2024 гг. Определена грунтовая всхожесть семян персика (19 %). Зафиксирован глубокий физиологический покой семян, в результате которого сеянцы всходят в последующие годы после посева. Установлены значительные различия по способу выращивания сеянцев. Так, сеянцы в открытом грунте превышали сеянцы с закрытой корневой системой в 2,1 раза по высоте, в 1,8 раза по длине корневой системы и в 1,5 раза по диаметру корневой шейки. На фоне аномально проливных дождей в июле 2024 г. зафиксирован рост грибных заболеваний, в частности, монилиоза на плодах. Потеря урожая составила около 60 %.

Ключевые слова: персик, выращивание, биометрические показатели, южная лесостепь, климатические условия.

Введение

Использование технологий возделывания плодовых культур требует урожайных сортов, которые были бы адаптированы к климатическим условиям места произрастания. Это могут быть сорта, выведенные отечественными или зарубежными селекционерами, а также местные и стародавние сорта. При выборе сорта необходимо учитывать не только его потенциальную урожайность, но и устойчивость к болезням и вредителям, скороплодность, качество плодов и, что немаловажно, сроки созревания. Оптимальный набор сортов позволит обеспечить стабильное плодоношение на протяжении всего сезона [1].

Перспективность выращивания персика в суровом климате Западной Сибири была доказана опытом энтузиастов-садоводов. Пример Владимира Афанасьевича Бубнова, вырастившего персик из косточек, полученных от латвийского селекционера В.Я. Варны, стал вдохновляющим. Его успешно плодоносящие 15-летние деревья служили ценным материалом для дальнейшего размножения. Растения, выращенные из косточек персиков, акклиматизированных в Омской области, демонстрировали повышенную зимостойкость по сравнению с исходными материнскими формами [2]. Так, в любительские сады Прииртышья с 1963 года стали попадать саженцы южной культуры, среди населения известные как сибирский сорт персика «Бубновский» [1-3].

В России благоприятные почвенно-климатические условия для этой теплолюбивой культуры сосредоточены в южных регионах. Наиболее благоприятными районами для выращивания персика в этом регионе являются: Краснодарский край, Адыгея, Ставропольский край, Карачаево-Черкесская Республика, Дагестан, Северная Осетия, Кабардино-Балкарская Республика [4]. Однако персик выращивают и в частных садах садоводов-любителей во всех областях Российской Федерации [5].

Интродукция *Persica vulgaris* (Mill.) в регионы с суровыми климатическими условиями стала значительным прорывом в садоводстве. Крамаренко Л.А. была выведена новая генерация *Persica vulgaris*, способная не только выживать, но и зацвести в условиях, которые ранее считались неподходящими для этой культуры [6]. Хотя урожайность в северных регионах ниже, чем на юге, наличие собственных персиков является значимым достижением для многих садоводов.

Южная лесостепь Омской области представляет собой уникальную и разнообразную по своему характеру природную зону, где гармонично соседствуют как степные, так и лесные ландшафты. Районы, составляющие эту зону, пригодны для ведения сельского хозяйства [7]. Активный рост древесно-кустарниковой растительности начинается в третьей декаде апреля, когда почва достигает своего оптимального состояния [8].

Погодные условия в Омске и Омской области во многом зависят от уникального географического положения региона. Открытость к влиянию различных воздушных масс инициирует значительные колебания температуры и вносит неустойчивость во всю климатическую ситуацию региона. Климат умеренно континентальный, с относительно теплым летом и холодной зимой. Осадки распределены неравномерно в течение года, что оказывает влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур. Каждый сезон в Омском регионе обладает своими специфическими чертами, а климатические и календарные рамки зачастую не совпадают. Зимний период занимает пять-шесть месяцев, зимы холодные, с суровыми морозами, снежными бурями и устойчивым снежным покровом. В декабре наступает резкое похолодание до -30°C и более, сопровождаемое интенсивными снегопадами. Январь приносит крепкие сибирские морозы. В феврале погодные условия изменяются: все чаще случаются оттепели, начинаются метели и вьюги. Весеннее время отмечено неустойчивой погодой с частыми возвратами холодов. Настоящая климатическая весна вступает в свои права лишь в апреле, приводя с собой резкое потепление, порывистые ветры и таяние снега.

Летний сезон в Омской области солнечный и теплый, иногда даже жаркий. Дневные температуры могут превышать 30°C . Осенняя пора начинается как теплая и сухая, но к её завершению становится пасмурной и сырой. Климатическая осень продолжается всего полтора-два месяца. В октябре приходит первое похолодание, первая снежная пелена, ночные заморозки и порывистые ветры. Ноябрь в Сибири уже считается зимним месяцем, когда устанавливается постоянный снежный покров, а водоемы покрываются льдом.

В Омской области годовое количество осадков составляет около 300-400 мм, 80 % из них выпадает в теплый период года, а остальные – в холодный. Самыми маловодными месяцами являются февраль и март, наибольший объем осадков приходится на июль [9].

Таким образом, климат региона характеризуется ярко выраженными сезонными колебаниями температур и неравномерным распределением осадков в течение года. Это создает уникальные условия для формирования местной флоры и фауны, а также влияет на хозяйственную деятельность человека. Для решения вопроса обеспечения плодово-ягодной продукцией, в частности персиками, необходимо тщательно следить за погодными явлениями, учитывая их значительное влияние на выращивание плодовых деревьев.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2022-2024 гг. в условиях южной лесостепи Омской области (г. Омск). Объектом исследования является персик формы «Бубновский», его сеянцы и плодоносящие деревья. Изучение этой плодовой культуры ведется с 2020 года.

Семенное размножение персика изучали в открытом грунте и с закрытой корневой системой. Рядковый посев семян персика осуществляли в подготовленные гряды. Учет полевой всхожести семян определяли визуально подсчетом количества взошедших растений. Фиксацию биометрических показателей проводили согласно методикам по сортоизучению плодовых культур, что позволило получить точную информацию о морфологическом и физиологическом развитии растений [10-12]. В рамках исследования оценивали параметры, такие как высота сеянца, диаметр корневой шейки, длина корневой системы, а также устойчивость к заболеваниям.

Посевы регулярно осматривали для мониторинга состояния растений и своевременного проведения необходимых агротехнических мероприятий. Полив осуществлялся согласно необходимым нормам увлажнения грунта, чтобы обеспечить оптимальные условия для роста.

Во время опыта также проводилось междурядное рыхление, чтобы улучшить аэрацию почвы и способствовать более активному росту корневой системы.

Результаты и обсуждение

Для исследования семенного размножения персика в условиях южной лесостепи Омской области с маточного дерева в период созревания плодов был собран семенной материал. Посев семян персика формы «Бубновский» в открытый грунт (500 шт.) произвели 11 октября 2023 г. в заранее подготовленные гряды для размножения.

Первые всходы были отмечены 1 июня 2024 г. Процент всхожести семян составил 19 %. Фиксацию биометрических показателей проводили с I декады июля 2024 г. Измерения проводили каждые 10 дней. Средний прирост в высоту за июль составил 21 см, за август – 44 см, а средний диаметр стволика составил 4 мм. В августе температура воздуха оказалась немного выше среднего уровня, составив 17,5 °С при норме 16,4 °С, в то время как количество осадков оказалось ниже привычных показателей – 46,4 мм вместо 56 мм. При таких условиях сеянцы персика чувствовали себя вполне комфортно, что способствовало их хорошему росту и развитию. Проявлений болезней или вредителей на них не наблюдалось.

В I декаде сентября 2024 г. сеянцы персика были пересажены из грунта в контейнеры (96 шт.). При пересадке производили контрольный замер сеянцев: высота варьировала от 11 до 77 см (рис. 1), диаметр корневой шейки – от 2,3 до 5 мм (рис. 2), длина корневой системы – от 15 до 21 см (рис. 3).

Наблюдая за опытными посевами, был зафиксирован факт физиологического покоя семян, в результате которого взошли семена, посеянные год назад (посев осенью 2022 г.). Нами это явление было замечено впервые, хотя есть упоминание садоводов-любителей о том, что персики могут всходить в течение 3 лет [13]. Ранее наличие периода длительного и глубокого физиологического семенного покоя мы фиксировали только у липы мелколистной [14].

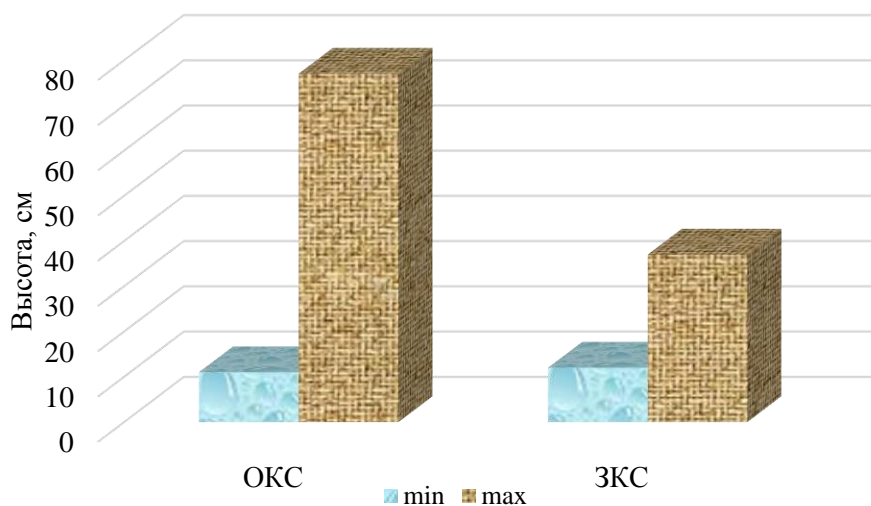


Рисунок 1 – Высота сеянцев персика 1-го года, 2024 г. ($HCp_{05} = 2,68$): ОКС – открытая корневая система; ЗКС – закрытая корневая система

Сеянцы были пересажены в контейнеры. С закрытой корневой системой они росли медленнее и рано остановились в росте (12 августа 2024 г.). Средняя высота сеянцев с закрытой корневой системой варьировала от 12 до 37 см (рис. 1), диаметр корневой шейки – от 1,6 до 3,3 мм (рис. 2), длина корневой системы – от 10 до 12 см (рис. 3). Параметры роста сеянцев с закрытой корневой системой достоверно (на уровне 95 % значимости) отличались от таковых с открытой корневой системой.

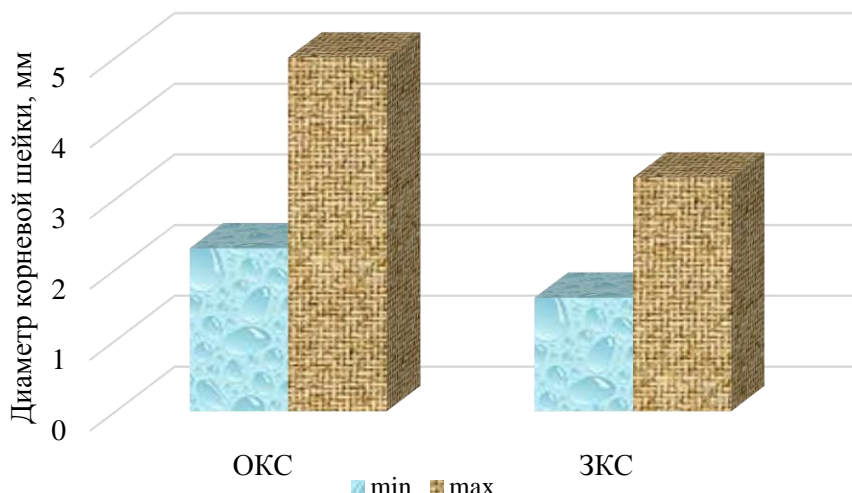


Рисунок 2 – Диаметр корневой шейки сеянцев 1-го года, 2024 г. (НСР₀₅ = 0,19)

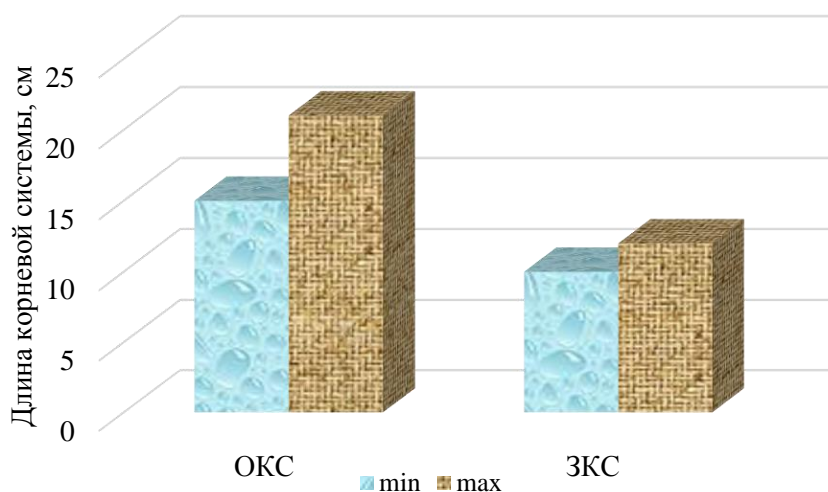


Рисунок 3 – Длина корневой системы сеянцев 1-го года, 2024 г. (НСР₀₅ = 1,62)

Средняя температура воздуха в июне 2024 года составила +20,1°C, в июле среднемесячная температура была в пределах нормы – 19,8°C. Однако, несмотря на благоприятную температуру, наблюдалось значительное превышение количества осадков – 116 мм при норме 65 мм (рис. 4, 5). Высокая относительная влажность создала условия для развития грибных патогенов. Избыточное увлажнение оказало заметное влияние на все сельскохозяйственные культуры Омской области [15], в частности, на плодовые культуры Омского Прииртышья. Проявление монилиоза было зафиксировано впервые на плодоносящих деревьях персика с начала наблюдения – 2020 года.

Возбудитель монилиоза – широко специализированный несовершенный гриб *Monilia cinerea* Bonord из порядка *Hymenomycetales*, поражающий 12 видов косточковых культур, в том числе и персик. В течение лета возбудитель быстро распространяется и вызывает поражение ветвей деревьев и особенно плодов. На ветвях появляются трещины и наплывы камеди (рис. 6). Повреждение на плодах появляется с самого начала их формирования в виде небольшого бурого пятна, которое затем увеличивается. На его поверхности возникают пепельно-серые подушечки. Это грибница и конидиальное спороношение, которые дают новые поколения патогена. Массовое поражение плодов происходит в августе-сентябре. Оптимальные условия для развития монилиоза – влажность 95-100 % при температуре 15-20°C. В результате развития заболевания мякоть плода размягчается, буреет и приобретает

спиртовой привкус. Больные плоды, содержащие в себе мицелий и склероции, сморщиваются, засыхают, мумифицируются (рис. 6).

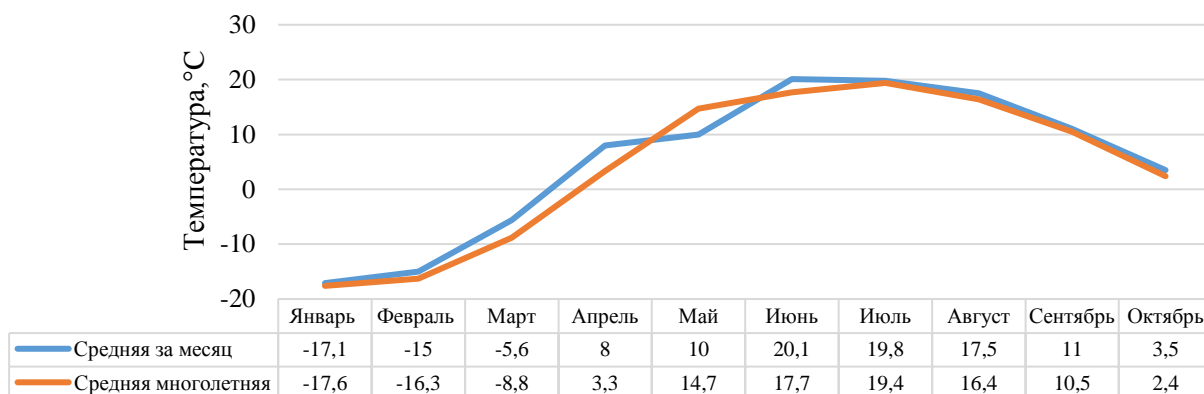


Рисунок 4 – Температурные изменения воздуха в Омске, 2024 г.

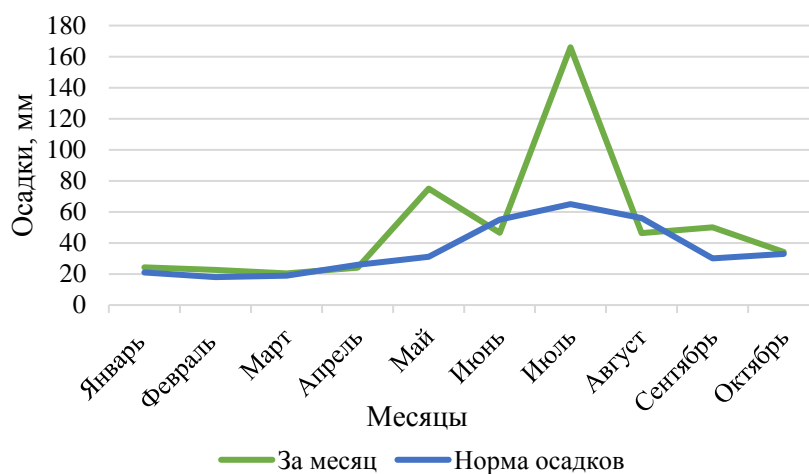


Рисунок 5 – Количество осадков, выпавших в Омске, 2024 г.

Заболевание приводит к значительным экономическим потерям, снижая урожайность и ухудшая качество плодов. Урожай плодоносящих деревьев персика в Омске в 2024 году на 60 % состоял из поврежденных и мумифицированных плодов.

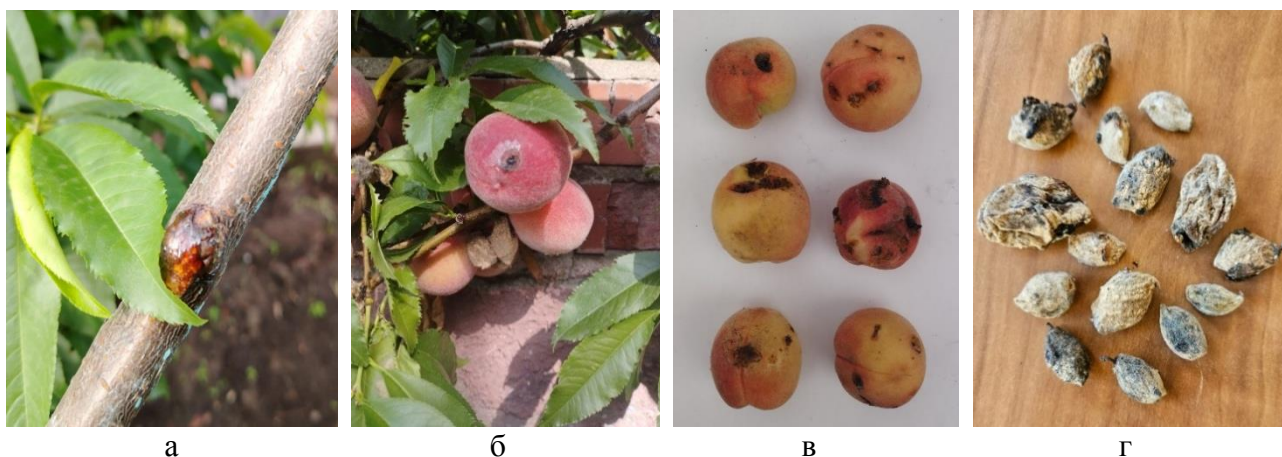


Рисунок 6 – Наплывы камеди на ветвях (а) и повреждённые монилиозом плоды персика на дереве (б), собранные (в) и мумифицированные (г)

Для эффективной защиты сада от обнаруженной болезни рекомендуется применять профилактические меры, направленные на снижение запаса инфекции. Поскольку возбудитель монилиоза хорошо переносит морозы и зимует в коре, оставшихся на дереве плодах и опавших листьях, а весной, при наступлении тепла, конидии гриба пробуждаются и разносятся ветром по саду, то рекомендуется после сбора урожая все больные ветви срезать, гнилые персики сорвать и сжечь. Осенью, перед наступлением периода покоя, штамбы и основания скелетных ветвей плодовых деревьев следует побелить известковым раствором с добавлением 3 % медного купороса. Возможно опрыскивание фунгицидами до цветения и после сбора урожая. Для этого допустимо использовать как химические препараты (Хорус, Абига-Пик, Купросат, Каптан, Строби, Топсин-М), так и биологические (Алирин-Б, Гамаир, Микосан-В, Планриз, Фитолавин, Фитоспорин).

Таким образом, систематическое сочетание различных методов борьбы с монилиозом позволяет снизить его влияние на плодовые деревья, сохранить урожай и обеспечить высокое качество плодов, что чрезвычайно важно для садоводов и фермеров, занимающихся выращиванием персика [16, 17].

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о трудностях размножения культуры персика в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Семенное размножение имеет невысокую эффективность – 19 %. Такой процент всхожести подтверждается более чем пятидесятилетним опытом омских садоводов-любителей.

Установлены значительные различия по способу выращивания сеянцев. Открытый грунт позволяет получить сеянцы, в 2,1 раза превышающие сеянцы с закрытой корневой системой по высоте, в 1,8 раза больше по длине корневой системы и в 1,5 раза по диаметру корневой шейки.

В 2024 году было впервые зафиксировано проявление монилиоза на плодоносящих деревьях персика в Омском Прииртышье с начала наблюдений. Определяющей причиной этому явлению было значительное превышение количества осадков – 116 мм при норме 65 мм. Потери урожая составили более 60 %.

Список литературы

1. Бендова А.Ю., Барайщук Г.В., Дегтярев А.И. Изучение продуктивности персика обыкновенного в условиях южной лесостепи Омской области // Селекция и сортоизучение плодовых и ягодных культур: сборник научных трудов. Кинель: ИБЦ Самарский ГАУ, 2024. С. 11-17.
2. Бубнов Владимир Афанасьевич // Полвека садам Прииртышья: сборник. Омск: Омское кн. изд-во, 2003. С. 23-25.
3. Лукьянченко А.Ю., Барайщук Г.В., Дегтярев А.И. Выращивание персика – перспективной культуры в Западной Сибири // Инновационные технологии пищевых производств: Материалы междунар. науч.-практ. конф. (Омск, 15 декабря 2021 г.). Омск: Омский гос. аграрный ун-т им. П.А. Столыпина, 2021. С. 115-118.
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. С. 396-397.
5. Куклина А.Г., Цыбулько Н.С., Мясникова С.Б. Биохимический состав плодов персика *Prunus persica* (Rosaceae) московской селекции // Вестник КрасГАУ. 2024. № 9. С. 11-18.
6. Крамаренко Л.А. Опыт интродукции *Persica vulgaris* L. в Московском регионе // Бюллетень Главного ботанического сада. 2018. Вып. 204. № 1. С. 27-32.
7. Система адаптивного земледелия Омской области / ФГБНУ «Омский АНЦ». Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2020. 522 с.

8. Почвенно-климатическая характеристика южно-лесостепной зоны [Электронный ресурс]. URL: https://studwood.net/1952427/agropromyshlennost/pochvenno_klimaticheskaya_harakteristika_zony (дата обращения: 27.11.2024).
9. Погода и климат в городе Омске [Электронный ресурс]. URL: <https://www.klerk.ru/materials/2019-08-28/pogoda-i-klimat-v-gorode-omske/> (дата обращения: 17.11.2024).
10. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. 608 с.
11. Бендова А.Ю., Барайщук Г.В., Дегтярев А.И. Размножение персика в условиях южной лесостепной зоны Омской области // Вестник Омского ГАУ. 2024. № 1 (53). С. 16-25.
12. Лукьянченко А.Ю., Барайщук Г.В., Дегтярев А.И. Динамика изменения роста и развития сеянцев первого года персика обыкновенного в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 135-летию со дня рожд. селекционера по косточковым культурам, кандидата сельскохозяйственных наук Е.П. Финаева: Сб. науч. трудов конф. (Кинель, 24 ноября 2022 г.). Кинель: Самар. гос. аграрный ун-т, 2023. С. 113-118.
13. Персик «Памяти Бубнова»: описание сорта [Электронный ресурс]. URL: <https://udachki.ru/persik-pamyati-bubnova-opisanie-sorta/> (дата обращения: 22.01.2024).
14. Барайщук Г.В., Коновалова А.П., Кривошеева Ю.Д., Дегтярев А.И. Влияние микробиологических препаратов на выращивание липы мелколистной в условиях южной лесостепи Омской области // Вестник Омского ГАУ. 2022. № 1 (45). С. 5-12. DOI: 10.48136/2222-0364_2022_1_5.
15. Погода в Омске [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28698> (дата обращения: 17.11.2024).
16. Барайщук Г.В., Бендова А.Ю. Проявление монилиоза на персике, культивируемого в Омской области // Фитосанитария. Карантин растений. 2024. № S4-1(20). С. 9.
17. Квитко В.Е. Применение биологических препаратов в борьбе с болезнями персика // Сборник студенческих научных работ: материалы докл. 73-й Междунар. студенческой науч.-практ. конф., посвящ. 180-летию со дня рожд. М.К. Турского (Москва, 24-27 марта 2020 г.) Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2020. Вып. 27. Ч. II. С. 26-29.

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

Поступила в редакцию 27.12.2024
Принята к публикации 04.03.2025

INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS ON PEACH GROWING IN THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF THE OMSK REGION

G. Barayshchuk, A. Bendova, *A. Degtyarev

FSBEI of HE Omsk SAU, Russia, Omsk

e-mail: *ai.degtyarjov@omgau.org

The article presents the results of a study of propagation of common peach by seeds in the southern forest-steppe of the Omsk region for 2022-2024. Ground germination of peach seeds was determined (19 %). A deep physiological rest of seeds was recorded, as a result of which seedlings germinated in subsequent years after sowing. Significant differences were determined in the methods of growing seedlings. Thus, seedlings grown in open ground exceeded those with a closed root system in height by 2.1 times, in root length by 1.8 times and in the diameter of the root collar by 1.5 times.

Against the background of abnormally heavy rainfalls in July 2024, an increase in fungal diseases was recorded, in particular moniliosis of fruits. The crop loss was about 60 %.

Key words: peach, cultivation, biometric indicators, southern forest-steppe, climatic conditions.

References

1. Bendova A.Yu., Barayshchuk G.V., Degtyarev A.I. Izuchenie produktivnosti persika obyknovennogo v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Omskoi oblasti. Seleksiya i sortoizuchenie plodovykh i yagodnykh kul'tur: sbornik nauchnykh trudov. Kinel': IBTs Samarskii GAU, 2024. S. 11-17.
2. Bubnov Vladimir Afanas'evich. Polveka sadam Priirtysh'ya: sbornik. Omsk: Omskoe kn. izd-vo, 2003. S. 23-25.
3. Luk'yanchenko A.Yu., Barayshchuk G.V., Degtyarev A.I. Vyrashchivanie persika – perspektivnoi kul'tury v Zapadnoi Sibiri. Innovatsionnye tekhnologii pishchevykh proizvodstv: Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Omsk, 15 dekabrya 2021 g.). Omsk: Omskii gos. agrarnyi un-t im. P.A. Stolypina, 2021. S. 115-118.
4. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T. 1. "Sorta rastenii" (ofitsial'noe izdanie). M.: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2023. S. 396-397.
5. Kuklina A.G., Tsybul'ko N.S., Myasnikova C.B. Biokhimicheskii sostav plodov persika *Prunus persica* (Rosaceae) moskovskoi selektsii. Vestnik KrasGAU. 2024. N 9. S. 11-18.
6. Kramarenko L.A. Opyt introduktsii *Persica vulgaris* L. v Moskovskom regione // Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada. 2018. Vyp. 204. N 1. S. 27-32.
7. Sistema adaptivnogo zemledeliya Omskoi oblasti. FGBNU "Omskii ANTs". Omsk: Izd-vo IP Maksheevoi E.A., 2020. 522 s.
8. Pochvenno-klimaticheskaya kharakteristika yuzhno-lesostepnoi zony [Elektronnyi resurs]. URL: https://studwood.net/1952427/agropromyshlennost/pochvenno_klimaticheskaya_harakteristika_zony (data obrashcheniya: 27.11.2024).
9. Pogoda i klimat v gorode Omske [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.klerk.ru/materials/2019-08-28/pogoda-i-klimat-v-gorode-omske/> (data obrashcheniya: 17.11.2024).
10. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur. Pod red. E.N. Sedova, T.P. Ogol'tsovoi. Orel: Izd-vo VNIISPK, 1999. 608 s.
11. Bendova A.Yu., Barayshchuk G.V., Degtyarev A.I. Razmnozhenie persika v usloviyakh yuzhnoi lesostepnoi zony Omskoi oblasti. Vestnik Omskogo GAU. 2024. N 1 (53). S. 16-25.
12. Luk'yanchenko A.Yu., Barayshchuk G.V., Degtyarev A.I. Dinamika izmeneniya rosta i razvitiya seyantsev pervogo goda persika obyknovennogo v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri. Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 135-letiyu so dnya rozhd. selektsionera po kostochkovym kul'turam, kandidata sel'skokhozyaistvennykh nauk E.P. Finaeva: Sb. nauch. trudov konf., Kinel', 24 noyabrya 2022 g. Kinel': Samar. gos. agrarnyi un-t, 2023. S. 113-118.
13. Persik "Pamyati Bubnova": opisanie sorta [Elektronnyi resurs]. URL: <https://udachki.ru/persik-pamyati-bubnova-opisanie-sorta/> (data obrashcheniya: 22.01.2024).
14. Barayshchuk G.V., Konovalova A.P., Krivosheeva Yu.D., Degtyarev A.I. Vliyanie mikrobiologicheskikh preparatov na vyrashchivanie lipy melkolistnoi v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Omskoi oblasti. Vestnik Omskogo GAU. 2022. N 1 (45). S. 5-12. DOI: 10.48136/2222-0364_2022_1_5.
15. Pogoda v Omske [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28698> (data obrashcheniya: 17.11.2024).
16. Barayshchuk G.V., Bendova A.Yu. Proyavlenie monilioza na persike, kul'tiviruemogo v Omskoi oblasti. Fitosanitariya. Karantin rastenii. 2024. N S4-1(20). S. 9.
17. Kvitko V.E. Primenenie biologicheskikh preparatov v bor'be s boleznyami persika. Sbornik studencheskikh nauchnykh rabot: materialy dokl. 73-i Mezhdunar. studencheskoi nauch.-prakt. konf., posvyashch. 180-letiyu so dnya rozhd. M.K. Turskogo (Moskva, 24-27 marta 2020 g.). Moskva: Izd-vo RGAU-MSKhA, 2020. Vyp. 27. Ch. II. S. 26-29.

Сведения об авторах:

Барайщук Галина Васильевна

Д.б.н., профессор, профессор кафедры садоводства, лесного хозяйства и защиты растений агротехнологического факультета, ФГБОУ ВО Омский ГАУ

ORCID 0000-0003-4529-0411

Barayshchuk Galina

Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Horticulture, Forestry and Plant Protection of the Agrotechnological Faculty, FSBEI of HE Omsk SAU

Бендова Ангелина Юрьевна

Аспирант кафедры садоводства, лесного хозяйства и защиты растений агротехнологического факультета, ФГБОУ ВО Омский ГАУ

ORCID 0000-0002-6844-501X

Bendova Angelina

Postgraduate student of the Department of Horticulture, Forestry and Plant Protection of the Agrotechnological Faculty, FSBEI of HE Omsk SAU

Дегтярев Артем Игоревич

Ассистент кафедры садоводства, лесного хозяйства и защиты растений агротехнологического факультета, ФГБОУ ВО Омский ГАУ

ORCID 0000-0002-2334-2113

Degtyarev Artem

Assistant of the Department of Horticulture, Forestry and Plant Protection of the Agrotechnological Faculty, FSBEI of HE Omsk SAU

Для цитирования: Барайщук Г.В., Бендова А.Ю., Дегтярев А.И. Влияние климатических условий на выращивание персика в условиях южной лесостепи Омской области // Вопросы степеведения. 2025. № 1. С. 65-73. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-1-65-73

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**».

Издание «Вопросы степеведения» с 22.05.2023 г. включено в **Перечень рецензируемых научных изданий**, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по следующим научным специальностям:

- 1.5.9. Ботаника (биологические науки);
- 1.5.15. Экология (биологические науки);
- 1.6.12. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки);
- 1.6.13. Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география (географические науки);
- 1.6.21. Геоэкология (географические науки);
- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки).

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, 2025

