

МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Обзорная статья

УДК 631.6.02:631.67

doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-103-121

Экологически уязвимые места ирригационного землепользования Западной Сибири

Инна Владимировна Орлова

Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук, Барнаул, Российская Федерация, inna_orlova11@mail.ru,
<http://orcid.org/0000-0002-7644-8763>

Аннотация. Цель: выявить основные экологические проблемы в районах интенсивного использования орошаемых земель Западной Сибири и изучить взаимосвязи между их проявлениями и территориальной спецификой функционирования ирригационного землепользования. **Материалы и методы.** Исследование проводилось на основе системного подхода и сравнительного географического анализа. Изучались показатели, характеризующие современную структуру и территориальную специфику ирригационного землепользования, и параметры, отражающие экологическое состояние орошаемых земель и прилегающих территорий. **Обсуждения.** Установлено, что специфика выявленных экологических проблем зависит не только от вида использования орошаемых земель, но и от территориальной дифференциации ирригационного землепользования и его специализации. Для пригородных районов с картофеле-овощеводческой специализацией выявлены экологические проблемы, возникающие вследствие более высокой интенсификации ирригационного землепользования и влияния близости крупнейших городов Западной Сибири, что предопределяет высокую степень загрязненности окружающей среды и высокий уровень деградации земельных и водных ресурсов. Для районов с животноводческой специализацией, расположенных в периферийных и наиболее засушливых природно-климатических условиях, установлена большая зависимость экологических проблем от нерациональной структуры ирригационного землепользования и несоблюдения норм и технологий полива. **Выводы.** Для лучшего понимания причин возникновения экологических проблем необходимо изучение взаимосвязей между их проявлениями и территориальной спецификой функционирования ирригационного землепользования. Результаты данного исследования могут способствовать поиску путей снижения ирригационного воздействия на окружающую среду и разработке эффективных стратегий устойчивого развития ирригационного землепользования Западной Сибири.

Ключевые слова: орошение, экологические проблемы, ресурсосбережение, ирригационное землепользование, Западная Сибирь

LAND RECLAMATION, RECULTIVATION AND LAND PROTECTION

Review article

Environmentally sensitive areas of irrigation land use in Western Siberia

Inna V. Orlova

Institute for Water and Environmental Problems of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russian Federation, inna_orlova11@mail.ru,
<http://orcid.org/0000-0002-7644-8763>

Abstract. Purpose: to identify the main environmental problems in areas of intensive use of irrigated lands in Western Siberia and to study the relationship between their manifestations and the territorial specifics of the irrigation land use functioning. **Materials and methods.** The research was carried out on the basis of a systematic approach and comparative geographical analysis. The indicators characterizing the modern structure and territorial specifics of irrigated land use, and parameters reflecting the ecological state of irrigated lands and adjacent territories are studied. **Discussions.** It was found that the specifics of the identified environmental problems depends not only on type of irrigated lands use but also on the territorial differentiation of irrigated land use and its specialization. For suburban areas with potato and vegetable growing specialization, environmental problems arising as a result of higher intensification of irrigation land use and the proximity effect of Western Siberia metropolis have been identified, which predetermines a high degree of environmental pollution and a high level of land and water resources degradation. For areas with livestock specialization, located in the peripheral and most arid natural and climatic conditions, a great dependence of environmental problems on the irrational structure of irrigation land use and non-observance of norms and technologies for irrigation has been established. **Conclusions.** For better understanding of the environmental problems causes, it is necessary to study the relationship between their manifestations and the territorial specifics of the irrigation land use functioning. The results of this study can contribute to the search for ways of reducing the irrigation impact on the environment and the development of effective strategies for the sustainable development of irrigation land use in Western Siberia.

Keywords: irrigation, environmental problems, resource conservation, irrigation land use, Western Siberia

Введение. Орошение земель, гарантируя стабильность производства продовольствия, играет фундаментальную роль в обеспечении глобальной продовольственной безопасности в условиях изменения климата [1, 2]. Однако в то же время оно вызывает серьезные преобразования земель, которые часто являются необратимыми и приводят к значительному ущербу для окружающей среды [3]. Общеизвестно, что нерациональные методы и режимы орошения вызывают негативные изменения в водно-солевом балансе ландшафтов, климатических условиях, загрязнении земельных и водных ресурсов, плодородии почв и экологической среде обитания растений и животных [4, 5]. Поэтому в настоящее время активное развитие получили исследования, направленные на изучение неблагоприятных экологических последствий орошения и разработку путей их предотвращения с целью обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития [3, 5–11].

Особую актуальность такие исследования приобретают для территории Западной Сибири – крупнейшего макрорегиона мира площадью

2,4 млн км², которая, согласно государственным программам по развитию мелиорации земель сельскохозяйственного назначения, включена в тройку приоритетных регионов Российской Федерации (РФ) по восстановлению орошаемых земель совместно с Северо-Кавказским и Поволжским регионами. При регулярно повторяющемся в южной части этой территории дефиците увлажнения в критические периоды вегетации сельскохозяйственных культур [5] возникает острая необходимость в развитии здесь устойчивого ирригационного землепользования как для обеспечения продовольственной безопасности региона, так и для сохранения территориального экологического баланса.

Цель данного исследования – выявить основные экологические проблемы в районах интенсивного использования орошаемых земель Западной Сибири и изучить взаимосвязи между их проявлениями и территориальной спецификой функционирования ирригационного землепользования.

Материалы и методы. В качестве основных методов исследования применялся сравнительный географический и системный подход на основе сочетания количественной оценки и качественного анализа. Выявление и анализ экологических проблем осуществлялись на основе показателей, характеризующих структуру и территориальную специфику функционирования ирригационного землепользования, и показателей, отражающих экологическое состояние орошаемых земель и прилегающих территорий, в соответствии с методическими рекомендациями [6, 12, 13].

Объектом исследования является современное ирригационное землепользование тех муниципальных районов Западной Сибири, в которых площади фактически поливаемых земель превышают 1000 га. Такой подход позволяет точнее устанавливать взаимосвязи между интенсивностью использования орошаемых земель и возникающими вследствие этого экологическими проблемами.

Данные для анализа сформированы на основе официальных данных и материалов региональных управлений мелиорации земель и сельскохо-

зяйственного водоснабжения РФ, Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии, Федерального агентства водных ресурсов, Федерального агентства по недропользованию, Российского федерального геологического фонда, Федеральной службы государственной статистики, Министерства сельского хозяйства РФ, региональных министерств (департаментов) природных ресурсов, окружающей среды и экологии, сельского хозяйства и продовольствия, администраций муниципальных районов и сельскохозяйственных предприятий Западной Сибири и опубликованных литературных, фондовых, картографических данных.

Обсуждение. По сравнению с периодом максимального развития орошения в нашей стране (1989–1991 гг.), современные орошаемые площади в регионах Западной Сибири сократились более чем в 2 раза, а фактически поливаемые – в 5–6 раз (здесь нами рассмотрены регионы, вся территория которых расположена в Западной Сибири в государственных границах РФ). По состоянию на 01.01.2019 здесь насчитывалось 231,5 тыс. га орошаемых земель, из которых 65,1 тыс. га (28 %) фактически поливалось (по данным региональных управлений мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения РФ, Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии и региональных министерств сельского хозяйства и продовольствия). Среди всех районов Западной Сибири поливные площади, превышающие 1000 га, наблюдались только в 13 районах (по данным за период 2016–2018 гг.). Это по одному району Омской, Тюменской, Томской, Курганской, Кемеровской областей и Республики Алтай, три района Новосибирской области и четыре – Алтайского края. Очевидно, что это наиболее перспективные районы для дальнейшего развития оросительных мелиораций в Западной Сибири и решение экологических проблем для устойчивого функционирования здесь ирригационного землепользования имеет огромное значение.

На первом этапе исследования проводился анализ основных параметров, характеризующих интенсивность использования орошаемых зе-

мель, функционирования оросительных систем и территориальной дифференциации ирригационного землепользования.

В результате установлено, что наиболее интенсивное ирригационное землепользование в Западной Сибири сконцентрировано в двух группах районов: в лесостепных пригородных районах крупнейших городов и региональных центров (Омский, Новосибирский, Первомайский, Томский, Кемеровский, Кетовский, Упоровский, Ордынский) и в районах с развитыми животноводческими отраслями сельского хозяйства, расположенных в засушливо-степных и опустыненных горно-степных природно-климатических условиях (Кош-Агачский, Рубцовский, Немецкий национальный, Ключевский) (таблицы 1, 2).

Несколько особо выделяется Венгеровский район Новосибирской области, расположенный в северо-лесостепной и подтаежной природных зонах, где недостаточное увлажнение наблюдается только в сухой год (не реже 1 раза в 5 лет). В связи с этим в Венгеровском районе представлено исключительно лиманное орошение трав на сено в долинах рек, что также вызвано необходимостью дополнительного обеспечения кормовыми культурами развитого здесь молочно-мясного скотоводства в годы с недостаточным увлажнением, как и в наиболее засушливых районах.

Как видно из данных таблиц 1 и 2, наибольшая интенсивность функционирования выявлена для ирригационного землепользования Омского, Рубцовского, Немецкого национального и Кош-Агачского районов. Следует отметить, что в этих районах также наблюдалась активизация реконструкции оросительных систем в последнее десятилетие и отмечено наименьшее списание орошаемых площадей за постсоветский период среди других районов. Практически во всех районах, кроме Венгеровского, применяют полив с помощью дождевания; в Кош-Агачском и Рубцовском районах дополнительно используют эрозионно опасные поверхностные способы полива, а в Омском и Первомайском – капельное орошение.

Таблица 1 – Структура и интенсивность ирригационного землепользования (2016–2018 гг.)

Район	Фактически полено земель, тыс. га	Наличие орошаемых земель, тыс. га	Доля орошае- мых земель в площади сель- скохозяйствен- ных угодий, %	Доля орошае- мых земель в площади пашни, %	Доля фактиче- ски полных земель в пло- щади орошае- мых земель, %	Основные поливаемые сельскохозяйственные культуры	Фактически использовано воды на оро- шение, тыс. м³/год
Омский	29,680	36,464	13,8	20,4	81,4	Овощи, картофель, многолет- ние и однолетние травы, соя, плодово-ягодные и др.	5188
Немецкий национальный	3,620	12,249	9,4	10,2	28,7	Кукуруза, кормовая свекла, картофель, овощи, многолет- ние и однолетние травы	2175
Венгеровский	3,536	3,536	1,0	–	100,0	Травы на сено лиманов	6419
Кош-Агачский	3,400	4,839	1,3	–	70,3	Однолетние травы	4063
Ордынский	3,367	3,618	1,4	2,0	93,1	Зерновые, соя, овощи, карто- фель	485
Рубцовский	2,748	9,067	3,5	5,7	30,3	Кукуруза, многолетние и одно- летние травы, лен, соя	20316
Первомайский	2,409	4,736	2,6	3,9	50,9	Картофель, лук, морковь, капу- ста, свекла, земляника садовая и др.	1803
Упоровский	2,400	2,409	2,3	2,9	99,6	Картофель, морковь, капуста	703
Томский	1,854	4,458	2,6	4,1	41,6	Картофель, овощи, зерновые	201
Ключевский	1,383	4,446	2,0	2,8	31,1	Кукуруза на силос, многолет- ние и однолетние кормовые травы	1707
Кетовский	1,272	1,272	1,0	1,4	100,0	Картофель, овощи	2134
Кемеровский	1,246	2,830	2,2	3,5	44,0	Картофель, лук, морковь, капу- ста, свекла	900
Новосибирский	1,000	10,171	7,5	10,7	9,8	Картофель, лук, капуста, мор- ковь и др.	460

Таблица 2 – Характеристика оросительных систем (ОС) и способы полива

Район	Оросительные системы (в т. ч. требующие реконструкции)	Водоисточник для орошения	Разрешенный объем водоза- бора на ороше- ние, тыс. м ³ /год	Способ полива
Омский	Ачаирская, Красногорская, Красноярская, Лузин- ская, Первомайская, Покровская, Пушкинская, Усть-Заостровская, Харинская, Новоомская, Рас- световская	р. Иртыш, Омь	29769	Дождевание, капель- ное
Немецкий национальный	Локальные	Подземные воды	29089	Дождевание
Венгеровский	СЛО «Урочище «Камыши», СЛО «Урезско- Рямовское», СЛО «ТАИ»	р. Омь, Ираниха, Урез, Кама, Тартас	18354	Поверхностный (лиманное орошение)
Кош- Агачский	Чаган-Бургазинская, Тархатинская, Елангашская, Той-Самахинская	р. Чаган-Бургазы, Тархата, Елангаш, Кашабасы	8800	Поверхностный, дождевание, обвод- нение пастбищ
Ордынский	Верх-Ирменская, ОС разных сельхозпредприятий	р. Ирмень, Орда, Обь	1875	Дождевание
Рубцовский	Алейская	р. Алей	54000	Дождевание, поверх- ностный
Первомайский	Чесноковская, Больше-Черемшанская, Лосихин- ская, ОС ООО «Русский овощ», ИП Сверчков Н. И., ООО «Велижановское»	р. Чесноковка, Б. Черемшанка, Лосиха, М. Черемшанка, Жи- лиха и др., подземные воды	6020	Дождевание, капель- ное
Упоровский	ОС ООО «АФ КРиММ»	р. Тобол, Емуртла, Черная, оз. Долгое, Белое, Луковое	3256	Дождевание
Томский	Чернореченская	Протока Бурундук р. Кисловка	300	Дождевание
Ключевский	Локальные	Подземные воды	19215	Дождевание
Кетовский	Кетовская, «Невский» и «Датчанка», «Утятский» и НИИИЗХ, ОС ЗАО «Картофель», ОС ООО «АФ Фортуна», СПК «Невский», «Подарок»	р. Тобол, Утяк, ручей Отнога, оз. Масляное, Бездонное	2786	Дождевание
Кемеровский	Кемеровская	р. Шумиха, р. Кобылина	2700	Дождевание
Новосибир- ский	Чеминская, ОС «Сады Гиганта», ЗАО «Приобское», ЗАО «Мичуринец»	р. Обь, Иня, оз. Кривое, пруд на р. Мосиха	16086	Дождевание

Во всех пригородных районах Западной Сибири развито поливное овощеводство и картофелеводство, при этом повсеместно (за исключением Кетовского района Курганской области) имеются достаточные площади орошаемых земель и оросительные водоисточники для дальнейшего развития орошения. Таким образом, выбор данных ключевых районов отражает представленность всех регионов Западной Сибири с различными типами ирригационного землепользования, что позволяет проводить объективную оценку сложившейся здесь территориальной эколого-ирригационной ситуации и выявлять экологические проблемы.

На втором этапе исследования в соответствии с методическими рекомендациями [6, 12, 13] было проанализировано экологическое состояние агроландшафтов, почвенно-водных ресурсов в условиях интенсивного использования орошаемых земель и прилегающих к ним территорий (таблица 3).

При анализе экологического состояния была проанализирована степень деградации земель на основе выявления развития процессов дефляции, эрозии, засоления, осолонцевания, подтопления, заболачивания, изменения содержания гумуса, степени химического и биологического загрязнений, выведения из использования орошаемых площадей в неудовлетворительном состоянии, предельно допустимой доли мелиоративной нагрузки территории и др. В данной работе мы основываемся на экологически допустимых пределах насыщенности агроландшафтов орошаемыми землями в зависимости от дефицита влаги, установленных в работах Н. И. Парфеновой, А. Ю. Калинина и др. [6, 12], которые составляют от 15 до 20 % в сухой, полусухой и очень сухой зонах, от 10 до 15 % – в засушливой и полузасушливой и до 10 % – в остальных природно-климатических зонах.

Таблица 3 – Основные проявления экологических проблем ирригационного землепользования

Район и экологическая проблема	Орошаемые земли в неудовлетворительном мелиоративном состоянии		
	Всего, га	В т. ч. по уровню грунтовых вод	В т. ч. по засолению
1	2	3	4
Омский район:	3556	229	3127
Высокий прирост овражно-балочных систем, подтопление земель (6,4 % от общей площади), подъем уровня грунтовых вод (с глубины 5–6 до 1–3 м), осолонцевание и вторичное засоление орошаемых почв средней и сильной степени (11,4 %), снижение мощности гумусового горизонта и содержания гумуса (на 40–60 %), переуплотнение почв, сильная степень эрозии и дефляции (69 % от общей площади), загрязнение почвенных и водных ресурсов местами в результате избыточного внесения минеральных удобрений, утрата земель сельскохозяйственного назначения в результате перевода их в земли населенных пунктов (4478 га за 2014–2018 гг.), превышение критически допустимого уровня мелиоративной нагруженности агроландшафтов			
Первомайский район:	0	0	0
Повышение уровня грунтовых вод (с 5–10 до 2–3 м), загрязнение почвенных и водных ресурсов, образование депрессионной области уровня подземных вод (понижение в пределах 5–37 м)			
Кемеровский район:	2380	2380	0
Высокий уровень загрязнения воздуха, земельных и водных ресурсов подвижными тяжелыми металлами (хром, марганец) (0,5–2,0 ПДК), нарушение гидрохимических условий подземных вод вблизи оросительных систем с высокой концентрацией железа, марганца и нефтепродуктов, интенсивная степень влияния техногенеза на экологическую ситуацию (I категории), снижение продуктивности сельхозугодий (на 15–20 %), значительные площади слабосмытых (8,146 тыс. га) и переувлажненных (1,131 тыс. га) почв			
Новосибирский район:	0	0	0
Высокая степень загрязнения почвенных и водных ресурсов (нефтепродуктами, фенолами, соединениями меди, марганца и др.), эродированность пахотных земель (14,54 % от площади пашни), рост овражной сети (152,6 м/год), приближение к критическому уровню мелиоративной нагруженности агроландшафтов			
Ордынский район:	0	0	0
Высокая степень загрязнения водных ресурсов, рост овражной сети (234,5 м/год), эродированность пахотных земель (18,68 % от площади пашни)			
Кетовский район:	60	0	0
Дефицит пресных поверхностных водоисточников для орошения, повышение уровня и засоление грунтовых вод			

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Томский район:	600	Нет данных	Нет данных
Снижение содержания гумуса в почвах на 0,9 % (за периоды обследований 1980–1984 и 2010–2017 гг.), увеличение доли кислых почв (от 10 до 30 %), загрязнение водных ресурсов			
Упоровский район:	0	0	0
Близкое залегание водоупорных пород, высокая доля почв с легким механическим составом и переувлажненных почв (29,6 %), высокая интенсивность эрозионных процессов, недостаточная обеспеченность почв обменным калием и фосфором, увеличение кислотности почв			
Венгеровский район:	1140	1140	0
Подтопление земель, загрязнение водных ресурсов			
Кош-Агачский район:	165	Нет данных	165
Недостаточная площадь естественных кормовых угодий и их низкая продуктивность, высокая доля однолетних трав в структуре орошаемых посевов, высокая доля щелочных и каменистых почв, деградация почв (на фоне среднего содержания гумуса в почвах 1–2 %), вторичное засоление, развитие ветровой эрозии и процессов опустынивания			
Рубцовский район:	4483	2372	2111
Широкое распространение засоления почв, повышение уровня и минерализации грунтовых вод (местами до 6–10 г/л), снижение гумусированности почв, рост площадей эродированных земель (около 2 тыс. га в год), загрязнение водных и почвенных ресурсов, в т. ч. минеральными удобрениями (1931 ц/га в среднем за 2016–2018 гг.)			
Немецкий район:	349	45	293
Подверженность земель засолению и дефляции (86–90 % от общей площади), несбалансированная территориальная структура, критически высокая распаханность территории (86,6 %), практическое отсутствие площадей естественных сенокосов и пастбищ (6,9 % от общей площади), низкая степень лесистости (3,1 %), снижение гумусированности орошаемых почв (0,24 т/га в год), истощение подземных вод, недостаток пресных вод и отсутствие поверхностных водоисточников, приближение к критическому уровню мелиоративной нагрузки агроландшафтов			
Ключевский район:	112	0	112
Слабая естественная дренированность территории, опустынивание земель, подверженность земель дефляции (99,9 % земель), накопление легкорастворимых солей в орошаемых почвах, снижение содержания гумуса на 0,5 % (за период с 2010 по 2017 г.), снижение площадей среднегумусных почв на 0,63 % в год, увеличение площади слабдефлированных почв на 3 % в год			
Примечание – Таблица 3 составлена автором по данным Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии РФ, Министерства сельского хозяйства РФ, Росстата, региональных министерств природных ресурсов, окружающей среды и экологии, агрохимических служб и опубликованных источников [5, 14–23].			

Проведенный анализ позволил выявить взаимосвязи между территориальной спецификой функционирования ирригационного землепользования и проявлениями экологических проблем, которые имеют как общие для всех районов черты, так и отличия. К общим экологическим проблемам ирригационного землепользования можно отнести повсеместное снижение плодородия орошаемых почв и (или) повышение уровня грунтовых вод. Другие экологические проблемы проявляются в зависимости от территориальной дифференциации и специализации землепользования.

Так, в пригородных районах, которые являются территориями интенсивного воздействия на окружающую среду не только ирригационного землепользования, но и другой антропогенной деятельности, наблюдается повсеместное загрязнение агроландшафтов, почвенных и водных ресурсов выбросами от промышленных, животноводческих и хозяйственно-бытовых источников. Особенно сильная интенсивность загрязнения выявлена для пригородных районов таких крупнейших городов Западной Сибири, как Омск, Новосибирск и Кемерово (по данным материалов региональных министерств (департаментов) природных ресурсов, окружающей среды и экологии). Также на территории пригородных Омского и Кемеровского районов наблюдаются наибольшие площади орошаемых земель в неудовлетворительном мелиоративном состоянии по причине засоления и подтопления (таблица 3). При этом мелиоративная нагруженность территории Омского района, в котором отмечена самая высокая интенсивность функционирования ирригационного землепользования среди всех районов Западной Сибири, уже превысила предельные экологические нормативы, и здесь в первую очередь необходимо внедрение экологических ограничений дальнейшей интенсификации ирригационного землепользования, в т. ч. посредством применения циклического орошения, позволяющего снизить водные нагрузки и запустить естественный процесс почвообразования [5, 7–10].

В соответствии с выявленными экологическими проблемами разработка стратегических решений для устойчивого ирригационного землепользования в пригородной зоне должна быть направлена прежде всего на последовательное снижение негативного техногенного воздействия на окружающую среду, внедрение «точных» ресурсосберегающих оросительных систем и технологий полива [5, 11], предотвращение деградации орошаемых агроландшафтов.

Для ирригационного землепользования Западной Сибири с животноводческой специализацией сельского хозяйства в засушливых степных районах (Немецкий национальный, Ключевский, Рубцовский районы Алтайского края) и опустыненных горно-степных (Кош-Агачский район Республики Алтай) выявлено несколько иное сочетание проявления территориальных экологических проблем (таблица 3). Наблюдаемые здесь засушливость и континентальность климата, легкий по механическому составу почвенный покров, соленакопление в почвах, грунтах, водах, низкая дренированность и бессточность большей части территории приводят к повышенной уязвимости сухостепных ландшафтов для ирригационных воздействий.

Практически повсеместно на территории данных районов подтверждены проявления совместного действия природных и антропогенных факторов, приводящих к ухудшению качества орошаемых земель, усугубляющиеся в результате несоблюдения режимов орошения и несбалансированной структуры землепользования [15, 18, 22]. Среди данной группы районов наибольшая площадь орошаемых земель в неудовлетворительном мелиоративном состоянии выявлена в Рубцовском районе Алтайского края, в котором функционирует Алейская оросительная система – одна из самых мощных в Западной Сибири. Кроме того, в этом районе до сих пор применяются эрозионно опасные способы поверхностного полива по бороздам и полосам, которые способствуют быстрому засолению почв.

Наиболее же несбалансированная территориальная экологическая структура землепользования наблюдается на территории Немецкого национального района, особенностью которого является высокий уровень распаханности территории, низкая доля кормовых угодий (сенокосов и пастбищ) и лесистости, а также отсутствие поверхностных водных ресурсов для орошения [16]. Обобщая, следует отметить, что наиболее слабыми звеньями в структуре ирригационного землепользования засушливых степных районов являются элементы управления процессами воспроизводства плодородия орошаемых почв, обеспечения совершенных технологических и ресурсосберегающих методов орошения и поддержания экологической устойчивости орошаемых агроландшафтов.

Стратегические решения экологических проблем в засушливой степной зоне должны основываться на снижении оросительных норм, введении в севообороты бобовых культур и многолетних трав, повышении технологического уровня оросительных систем и поливных режимов, усилении дренажа, регулярном внесении в почву органических и минеральных удобрений, соломы, стимулировании гумусообразовательных процессов и т. д., что подтверждается выводами других авторов [5, 13, 22].

Территориальная специфика ирригационного землепользования Кош-Агачского района Республики Алтай заключается в преобладании в структуре поливаемых площадей доли однолетних кормовых культур (горох, ячмень, рапс, овес и их смеси) [23], а в структуре орошаемых земель значительную долю занимает обводнение пастбищ и сенокосов. Основными движущими факторами развития здесь орошения земель являются развитое животноводство и ограниченность площадей естественных сенокосов и пастбищ с самой низкой в республике продуктивностью почв, при этом имеются большие возможности использования запасов пресной воды для орошения на основе дешевых самонапорных оросительных систем, которые работают без использования насосных станций. В целом

в Кош-Агачском районе наблюдается невысокая доля земель в неудовлетворительном мелиоративном состоянии, но довольно остро стоит проблема вторичного засоления и опустынивания орошаемых земель, которая требует многократных промывок почв в сочетании с их щелчеванием, внедрения в структуру посевов солеустойчивых культур и многолетних трав и отлаживания системы их семеноводства [23].

Выводы. Несмотря на значительное сокращение использования орошаемых земель в Западной Сибири по сравнению с советским периодом, задача решения экологических проблем в процессе ирригационного землепользования остается по-прежнему актуальной. Установленные взаимосвязи между спецификой территориального функционирования ирригационного землепользования и проявлением территориальных экологических проблем на орошаемых землях могут быть полезны как в дальнейших исследованиях оценки ирригационного воздействия на окружающую среду, так и для поддержки стратегических решений в области устойчивого развития ирригационного землепользования. В пригородных районах, особенно в таких, как Омский и Новосибирский, в первую очередь необходимо контролировать экологически допустимые пределы насыщенности агроландшафтов орошаемыми землями, которые уже приблизились к опасной черте, и внедрять систему экологических ограничений использования природных ресурсов для орошения. Также для всех пригородных районов необходимы управленческие решения и стимулы, включающие ограничение антропогенной нагрузки на окружающую среду в целом, внедрение точных ресурсосберегающих технологий орошения, в т. ч. циклического, почвозащитных мероприятий и др. В наиболее засушливых районах Западной Сибири с животноводческой специализацией необходима корректировка структуры ирригационного землепользования, в первую очередь увеличение доли посевов многолетних трав и бобовых, внедрение фитомелиораций, внесение необходимого количества органических и минеральных

удобрений, усовершенствование и стимулирование соблюдения технологий полива, реконструкция устаревших оросительных систем и коллекторно-дренажной сети. Для этой группы очень важна поддержка развития животноводческих отраслей на государственном уровне не только для крупных, но и для небольших животноводческих хозяйств.

Список источников

1. Ольгаренко Г. В., Васильев С. М., Балакай Г. Т. Концепция государственной программы «Восстановление и развитие мелиоративного комплекса Российской Федерации на период 2020–2030 годов»: монография. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. 128 с.
2. Sustainable irrigation in agriculture: An analysis of global research / J. F. Velasco-Muñoz, J. A. Aznar-Sánchez, A. Batlles de la Fuente, M. D. Fidelibus // *Water*. 2019. Vol. 11. 1758. <https://doi.org/10.3390/w11091758>.
3. Impact of long-term freshwater irrigation on soil fertility / Y. N. Nikolskii, I. P. Aidarov, C. Landeros-Sanchez, V. V. Pchyolkin // *Irrigation and Drainage*. 2019. Vol. 68, № 5. P. 993–1001. <https://doi.org/10.1002/ird.2381>.
4. Irrigation of world agricultural lands: Evolution through the millennia / A. N. Angelakis, D. Zaccaria, J. Krasilnikoff, M. Salgot, M. Bazza, P. Roccaro, B. Jimenez, A. Kumar, W. Yinghua, A. Baba, J. A. Harrison, A. Garduno-Jimenez, E. Fereres // *Water*. 2020. Vol. 12. 1285. <https://doi.org/10.3390/w12051285>.
5. Бойко В. С. Полевое кормопроизводство на орошаемых черноземах в лесостепи Западной Сибири: монография / ФГБНУ «Омский АНЦ». Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е. А., 2019. 312 с.
6. Парфенова Н. И., Решеткина Н. М. Экологические принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель / под ред. Б. Б. Шумакова. СПб.: Гидрометеиздат, 1995. 359 с.
7. Орлова И. В. Учет геоэкологических ограничений при территориальном планировании оросительных мелиораций (обзор) // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2014. № 1(13). С. 147–157. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=698> (дата обращения: 01.09.2021).
8. Щедрин В. Н., Васильев С. М. Теория и практика альтернативных видов орошения черноземов юга Европейской территории России: монография. Новочеркасск: Лик, 2011. 435 с.
9. Щедрин В. Н. Циклическое орошение – новое в стратегии оросительных мелиораций // Вопросы мелиорации. 2008. № 3–4. С. 7–20.
10. Система мелиоративных мероприятий по регулированию почвенных процессов, способствующих повышению плодородия различных типов почв и улучшению экологического состояния орошаемых земель: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, В. Ц. Челахов, О. Ю. Шалашова. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. 77 с.
11. Щедрин В. Н., Коржов В. И., Белоусов А. А. Подходы к формированию принципов создания современных мелиоративных систем и объектов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 170–188. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1145> (дата обращения: 01.09.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-170-188.

12. Рекомендации по оценке экологической ситуации агроценозов орошаемых земель и прилегающих к ним территорий / сост.: А. Ю. Калинин, В. А. Шадских, Л. Г. Романова, В. Е. Кижасева, В. О. Пешкова. Энгельс: Волж. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации, 2016. 36 с.

13. Методические рекомендации по оценке геоэкологических рисков при проектировании и эксплуатации оросительных систем / Л. В. Кирейчева, Н. П. Карпенко, В. М. Яшин, Г. Х. Ялалова; под ред. Л. В. Кирейчевой. М.: Всерос. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, 2018. 80 с.

14. Щерба В. Н., Рогатнев Ю. М., Кочергина З. Ф. Комплексное использование земель пригородной зоны города Омска: монография. Омск: Изд-во ОмГАУ, 2009. 152 с.

15. Современное состояние и динамика некоторых свойств почв сухой и засушливой степи Алтайского края / Г. Г. Морковкин, Т. В. Байкалова, Н. Б. Максимова, В. И. Овцинов, Е. А. Литвиненко, И. В. Демина, В. А. Демин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 12(110). С. 47–52.

16. Орлова И. В. Оценка уровня экологической сбалансированности структуры земельных угодий аграрно-развитых регионов Западной Сибири // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 3-3. С. 1003–1008.

17. Кудряшова С. Я. Актуальные вопросы эколого-экономической оценки стоимости земель // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2014. № 1, т. 3. С. 319–324.

18. Вороничев А. А., Максимова Н. Б., Морковкин Г. Г. Временная динамика свойств почв юго-западной части Алтайского края при их длительном использовании в составе пахотных угодий // География и природопользование Сибири. 2015. № 20. С. 31–38.

19. Заушинцена А. В., Кожевников Н. В. Техногенез почвенного покрова в районах разработки угольных месторождений Кузбасса // Вестник КемГУ. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 1(1). С. 4–9.

20. Сорокин И. Б., Чудинова Ю. В. О состоянии сельскохозяйственных земель в Томской области в 2017 году // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. II Всерос. (нац.) науч. конф., г. Новосибирск, 25 дек. 2017 г. / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Новосибирск: Золотой колос, 2017. С. 124–127.

21. Чижилова Т. А., Лаевский Р. С. Особенности ведения сельского хозяйства крестьянскими (фермерскими) хозяйствами Омского района Омской области // Геодезия, землеустройство и кадастры: проблемы и перспективы развития: сб. материалов I Междунар. науч.-практ. конф., г. Омск, 15 марта 2019 г. Омск: Ом. гос. аграр. ун-т им. П. А. Столыпина, 2019. С. 387–390.

22. Макарычев С. В. Орошение черноземов колючей степи Алтайского края дождеванием и его последствия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 3(173). С. 65–71.

23. Региональные особенности земледелия Юго-Восточного Алтая / В. М. Вазов, М. И. Яськов, С. В. Вазов, А. А. Чермисин // Географические исследования Сибири и Алтае-Саянского трансграничного региона: материалы междунар. науч.-практ. конф. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2021. С. 149–157.

References

1. Olgarenko G.V., Vasiliev S.M., Balakay G.T., 2019. *Kontseptsiya gosudarstvennoy programmy «Vosstanovlenie i razvitie meliorativnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na period 2020–2030 godov»: monografiya* [Concept of the State Program “Restoration and Development of the Reclamation Complex of the Russian Federation for the Period 2020-2030”: monograph]. Novocherkassk, RosNIIPM, 128 p. (In Russian).

2. Velasco-Muñoz J.F., Aznar-Sánchez J.A., Batlles de la Fuente A., Fidelibus M.D., 2019. Sustainable irrigation in agriculture: An analysis of global research. *Water*, vol. 11, 1758, <https://doi.org/10.3390/w11091758>.
3. Nikolskii Y.N., Aidarov I.P., Landeros-Sanchez C., Pchyolkin V.V., 2019. Impact of long-term freshwater irrigation on soil fertility. *Irrigation and Drainage*, vol. 68, no. 5, pp. 993-1001, <https://doi.org/10.1002/ird.2381>.
4. Angelakis A.N., Zaccaria D., Krasilnikoff J., Salgot M., Bazza M., Roccaro P., Jimenez B., Kumar A., Yinghua W., Baba A., Harrison J.A., Garduno-Jimenez A., Fereres E., 2020. Irrigation of world agricultural lands: Evolution through the millennia. *Water*, vol. 12, 1285, <https://doi.org/10.3390/w12051285>.
5. Boyko V.S., 2019. *Polevoe kormoproizvodstvo na oroshaemykh chernozemakh v lesostepi Zapadnoy Sibiri: monografiya* [Field Forage Production on Irrigated Chernozems in the Forest-Steppe of Western Siberia: monograph]. FGBNU “Omsk ANC”, Omsk, Mak-sheeva E.A. Publ., 312 p. (In Russian).
6. Parfenova N.I., Reshetkina N.M., 1995. *Ekologicheskie printsipy regulirovaniya gidrogeokhimicheskogo rezhima oroshaemykh zemel'* [Ecological Principles of Regulation of the Hydrogeochemical Regime of Irrigated Lands]. Saint Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 359 p. (In Russian).
7. Orlova I.V., 2014. [Geoecological limitations for territorial planning of irrigation reclamation (review)]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 1(13), pp. 147-157, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=698> [accessed 01.09.2021]. (In Russian).
8. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., 2011. *Teoriya i praktika al'ternativnykh vidov orosheniya chernozemov yuga Evropeyskoy territorii Rossii: monografiya* [Theory and Practice for Alternative Chernozem Irrigation in the South of European Territory of Russia: monograph]. Novocherkassk, Lik Publ., 435 p. (In Russian).
9. Shchedrin V.N., 2008. *Tsiklicheskie oroshenie – novoe v strategii orositel'nykh melioratsiy* [Cyclic irrigation – new in the strategy of irrigation reclamation]. *Voprosy melioratsii* [Issues of Reclamation], no. 3-4, pp. 7-20. (In Russian).
10. Shchedrin V.N., Vasilyev S.M., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Chelakhov V.Ts., Shalashova O.Yu., 2019. *Sistema meliorativnykh meropriyatiy po regulirovaniyu pochvennykh protsessov, sposobstvuyushchikh povysheniyu plodorodiya razlichnykh tipov pochv i uluchsheniyu ekologicheskogo sostoyaniya oroshaemykh zemel': monografiya* [The System of Reclamation Measures to Regulate Soil Processes, Contributing to the Increase in Various Types of Soils Fertility and Improvement in the Ecological State of Irrigated Lands: monograph]. Novocherkassk, RosNIIPM Publ., 77 p. (In Russian).
11. Shchedrin V.N., Korzhov V.I., Belousov A.A., 2020. [Approaches to the formation of principles for creating modern reclamation systems and objects]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(39), pp. 170-188, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1145> [accessed 01.09.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-170-188. (In Russian).
12. Kalinin A.Yu., Shadskikh V.A., Romanova L.G., Kizhaeva V.E., Peshkova V.O., 2016. *Rekomendatsii po otsenke ekologicheskoy situatsii agrotsenozov oroshyemykh zemel' i privileyushchikh k nim territoriy* [Recommendations for Assessing the Ecological Situation of Agrocenoses of Irrigated Lands and Adjacent Territories]. Engels, Volzhsk Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, 36 p. (In Russian).
13. Kireicheva L.V., Karpenko N.P., Yashin V.M., Yalalova G.Kh., 2018. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke geokologicheskikh riskov pri proektirovanii i ekspluatatsii orositel'nykh sistem* [Guidelines for Assessing the Geoecological Risks in Design and Opera-

tion of Irrigation Systems]. Moscow, All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, 80 p. (In Russian).

14. Shcherba V.N., Rogatnev Yu.M., Kochergina Z.F., 2009. *Kompleksnoe ispol'zovanie zemel' prigorodnoy zony goroda Omska: monografiya* [Complex Use of Lands in the Suburban Zone of Omsk: monograph]. Omsk, OmGAU Publ., 152 p. (In Russian).

15. Morkovkin G.G., Baikalova T.V., Maksimova N.B., Ovtsinov V.I., Litvinenko E.A., Demina I.V., Demin V.A., 2013. *Sovremennoe sostoyanie i dinamika nekotorykh svoystv pochv sukhoy i zasushlivoy stepi Altayskogo kraya* [The current state and dynamics of some soil properties of dry and arid steppe of Altai Territory]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], no. 12(110), pp. 47-52. (In Russian).

16. Orlova I.V., 2013. *Otsenka urovnya ekologicheskoy sbalansirovannosti struktury zemel'nykh ugodiy agrarno-razvitykh regionov Zapadnoy Sibiri* [Assessment of the level of ecological balance of the land structure in agrarian-developed regions of Western Siberia]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Bulletin of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], vol. 15, no. 3-3, pp. 1003-1008. (In Russian).

17. Kudryashova S.Ya., 2014. *Aktual'nye voprosy ekologo-ekonomicheskoy otsenki stoimosti zemel'* [Current problems in ecological and economic assessment of land value]. *Interexpo GEO-Sibir'* [Interexpo GEO-Siberia], no. 1, vol. 3, pp. 319-324. (In Russian).

18. Voronichev A.A., Maksimova N.B., Morkovkin G.G., 2015. *Vremennaya dinamika svoystv pochv yugo-zapadnoy chasti Altayskogo kraya pri ikh dlitel'nom ispol'zovanii v sostave pakhotnykh ugodiy* [Temporal dynamics of soil properties in the southwestern part of Altai Territory during their long-term use as part of arable lands]. *Geografiya i prirodopol'zovanie Sibiri* [Geography and Nature Management of Siberia], no. 20, pp. 31-38. (In Russian).

19. Zaushintsena A.V., Kozhevnikov N.V., 2017. *Tekhnogenez pochvennogo pokrova v rayonakh razrabotki ugol'nykh mestorozhdeniy Kuzbassa* [Technogenesis of soil in coal mining areas of Kuzbass]. *Vestnik KemGU. Seriya: Biologicheskie, tekhnicheskie nauki i nauki o Zemle* [Bulletin of KemSU. Series: Biological, Technical and Earth Sciences], no. 1(1), pp. 4-9. (In Russian).

20. Sorokin I.B., Chudinova Yu.V., 2017. *O sostoyanii sel'skokhozyaystvennykh zemel' v Tomskoy oblasti v 2017 godu* [On state of agricultural land in Tomsk region in 2017]. *Rol' agrarnoy nauki v ustoychivom razvitii sel'skikh territoriy: sbornik II Vserossiyskoy (natsionalnoy) nauchnoy konferentsii* [The Role of Agricultural Science in Sustainable Development of Rural Areas: Proc. of the II All-Russian Scientific Conference]. Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Zolotoy Kolos Publ., pp. 124-127. (In Russian).

21. Chizhikova T.A., Laevsky R.S., 2019. *Osobennosti vedeniya sel'skogo khozyaystva krest'yanskimi (fermerskimi) khozyaystvami Omskogo rayona Omskoy oblasti* [Features of agricultural management by peasant (farm) economy of Omsk district Omsk region]. *Geodeziya, zemleustroystvo i kadastry: problemy i perspektivy razvitiya: sb. materialov I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Geodesy, Land Management and Cadastres: Problems and Development Prospects: Proc. of the I International Scientific-Practical Conference]. Omsk, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, pp. 387-390. (In Russian).

22. Makarychev S.V., 2019. *Oroshenie chernozemov kolochnoy stepi Altayskogo kraya dozhdevaniem i ego posledstviya* [Sprinkling irrigation of chernozems of Altai region's forest-outlier steppe and its after-effects]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], no. 3(173), pp. 65-71. (In Russian).

23. Vazhov V.M., Yaskov M.I., Vazhov S.V., Chermisin A.A., 2021. *Regional'nye osobennosti zemledeliya Yugo-Vostochnogo Altaya* [Regional features of agriculture in South-

Eastern Altai]. *Geograficheskie issledovaniya Sibiri i Altae-Sayanskogo transgranichnogo regiona: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Geographic Studies of Siberia and Altai-Sayan Transboundary Region: Bulletin of International Scientific-Practical Conference]. Barnaul, Altay University Publ., pp. 149-157. (In Russian).

Информация об авторе

И. В. Орлова – научный сотрудник, кандидат географических наук.

Information about the author

I. V. Orlova – Researcher, Candidate of Geographic Sciences.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 06.09.2021; одобрена после рецензирования 26.10.2021; принята к публикации 10.11.2021.

The article was submitted 06.09.2021; approved after reviewing 26.10.2021; accepted for publication 10.11.2021.