

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.67:911.6

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-39-57

Интегральная оценка геоиригационной обстановки и уровня использования алтайских орошаемых земель

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 закономерности пространственной дифференциации иригационного землепользования с помощью интегральной оценки геоиригационной обстановки и уровня использования алтайских орошаемых земель. **Материалы и методы.** Исследование проводилось методом агрегирования рейтинговой оценки ключевых показателей сельскохозяйственного землепользования с определением индекса иригационного землепользования (ILUI) на основе системного подхода. База данных для расчетов сформирована на основе сведений федеральных и региональных учреждений РФ, портала Всероссийского научно-исследовательского института систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», а также администраций и предприятий алтайских муниципальных районов. **Результаты.** Выявлены четыре типа иригационного землепользования с индексом ILUI от 0,640 до 17,373, различающиеся по уровню использования орошаемых земель и степени благоприятности сочетания параметров геоиригационной обстановки. Сравнительный анализ структуры выявленных типов со спецификой функционирования региональной системы сельскохозяйственного землепользования для 31 района Алтайского края и Республики Алтай показал, что наиболее благоприятная геоиригационная обстановка и наиболее высокий уровень использования орошаемых земель (ILUI более 5,600) характерны для пригородных районов с картофеле-овощеводческой специализацией землепользования и районов, в которых наблюдаются высокие значения показателей поголовья скота в сочетании с высоким дефицитом увлажнения в вегетационный период, а сельскохозяйственное землепользование отличается недостатком естественных кормовых угодий и высокой долей кормовых культур в площади посевов. **Выводы:** агрегирование оценки индекса ILUI с рейтинговой оценкой показателей сельскохозяйственного землепользования является эффективным инструментом поддержки принятия стратегических решений для реализации региональной политики устойчивой интенсификации орошаемых земель.

Ключевые слова: орошаемые земли, геоиригационная обстановка, землепользование, устойчивая интенсификация, Алтайский регион

Для цитирования: Орлова И. В. Интегральная оценка геоиригационной обстановки и уровня использования алтайских орошаемых земель // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 1. С. 39–57. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-39-57>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Integral assessment of the geo-irrigation situation and level of use of Altai irrigated lands

Inna V. Orlova

Institute for Water and Environmental Problems of the 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 reveal the patterns of spatial differentiation of irrigation land use with the help of an integral assessment of geo-irrigation situation and the level of use of the Altai irrigated lands. **Materials and methods.** The study was conducted by aggregation of the rating of key indicators of agricultural land use with the determination of the Irrigation Land Use Index (ILUI) based on a system approach. The database for calculations was formed on the basis of information from federal and regional institutions of the Russian Federation, the portal of the All-Russian Scientific Research Institute for Irrigation and Farming Water Supply Systems “Rainbow”, as well as administrations and enterprises of the Altai municipal districts. **Results.** Four types of irrigation land use with ILUI index from 0.640 to 17.373 have been identified, varying in the level of irrigated land use and the degree of favorable combination of geo-irrigation parameters. A comparative analysis of the identified types structure with the specifics of the functioning of the regional system of agricultural land use for 31 districts of the Altai Territory and the Republic of Altai showed that the most favorable geo-irrigation situation and the highest level of irrigated land use (ILUI over 5.600) are typical for suburban areas with potato and vegetable specialization of land use and areas in which high values of livestock are observed in combination with a high moisture deficit during the growing season, and agricultural land use is characterized by a lack of natural fodder land and a high share of fodder crops in the crop acres. **Conclusions:** aggregation of the ILUI evaluation index with the rating of agricultural land use indicators is an effective tool of strategic decision support for implementation of the regional policy of sustainable intensification of irrigated lands.

Keywords: irrigated lands, geo-irrigation situation, land use, sustainable intensification, Altai region

For citation: Orlova I. V. Integral assessment of the geo-irrigation situation and level of use of Altai irrigated lands. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(1): 39–57. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-39-57>.

Введение. Ожидается, что к 2050 г. численность населения Земли увеличится ориентировочно на 18–25 % (до 9,6–10,5 млрд чел.), а спрос на сельскохозяйственную продукцию вырастет на 70 %¹. Для обеспечения такого спроса при текущих тенденциях урожайности требуется удвоение площадей возделываемых земель [1]. Поскольку возможности дальнейшего расширения богарных земель практически исчерпаны, прогнозируется усиление роли ирригации в решении проблем глобальной продовольственной безопасности, так как полив земель позволяет получать в среднем в 3 раза больше урожая с гектара [2].

¹Land use statistics and indicators. Global, regional and country trends 1990–2019. FAOSTAT analytical brief 28 [Electronic resource]. Rome, 2021. 14 p. URL: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb6033en> (date of access: 10.09.2022).

Орошение земель относится к наиболее интенсивным методам их использования, а также является основным источником потенциального экологического стресса и потребителем мировых запасов пресной воды. Все чаще звучат призывы к переходу на путь его устойчивой интенсификации (SI) как способу удовлетворения потребности в увеличении производства продуктов питания на существующих сельскохозяйственных землях при сохранении или улучшении качества окружающей среды [3].

Стратегический потенциал реализации политики SI особенно усиливается в текущем контексте глобального изменения климата и нарастания политической нестабильности, которые демонстрируют большие диапазоны неопределенности из-за сложных связей между климатическими, демографическими и геополитическими факторами [1, 2, 4]. При этом ярко выраженная неравномерность территориального распределения орошаемых земель диктует необходимость пространственной ориентации политики SI, для поддержки которой необходимы эффективные инструменты, позволяющие выявлять закономерности пространственно-временной дифференциации ирригационного землепользования. Среди таких инструментов ранее была продемонстрирована высокая эффективность различных интегральных показателей, однако до сих пор существуют пробелы в их применении на региональном, а не только на локальном уровне (фермы, поля, оросительной системы) исследований [5–7].

Решение этой проблемы приобретает особую актуальность для таких регионов, как Алтай, поскольку он не только имеет геобиосферное значение в поддержании стабильности и биоразнообразия глобальных земельных систем, но и играет важную роль в обеспечении национальной продовольственной безопасности, что усиливает значение SI орошения земель в условиях прогнозируемой аридизации этой территории [4, 8].

Цель данного исследования – выявить закономерности пространственной дифференциации ирригационного землепользования на основе

агрегирования интегральной оценки геоирригационной обстановки и уровня использования алтайских орошаемых земель с рейтинговой оценкой показателей сельскохозяйственного землепользования.

Материалы и методы. В качестве основных методов исследования применялись общенаучные (сравнительно-географический, структурно-функциональный), математико-статистический, картографический, метод рейтинговой оценки, системный и типологический подход.

Область исследования охватывает территорию 31 муниципального района российской части Алтайского региона (27 районов Алтайского края и четыре – Республики Алтай), в которых имеются орошаемые земли на учете в земельном кадастре РФ по состоянию на 01.01.2019.

Оценка геоирригационной обстановки и уровня использования орошаемых земель осуществлялась с помощью индекса ирригационного землепользования (ILUI), впервые предложенного автором [7], по формуле:

$$ILUI = 0,920P_1 + 0,890P_2 + 0,690P_3 + 0,601P_4 + 0,510P_5 + 0,165P_6,$$

где P_1 – P_6 – нормированные параметры, в т. ч.:

P_1 – площадь орошаемых земель (без земель в неудовлетворительном мелиоративном состоянии);

P_2 – площадь фактически поливаемых земель;

P_3 – разрешенный (проектный) объем годового водозабора на орошение;

P_4 – поголовье скота;

P_5 – численность населения;

P_6 – дефицит увлажнения за вегетационный период.

Для выявления причинно-следственных связей между уровнем использования орошаемых земель и территориальной спецификой системы более высокого ранга – сельскохозяйственного землепользования – использовался метод рейтинговой оценки. Применяемый рейтинг отражает позицию муниципального района в общем ряду всех муниципальных районов Алтайского региона с наличием орошаемых земель (всего 31) по общепри-

нятому принципу «подиума»: чем меньше значение, тем выше место. Места в рейтинге разбиты на четыре группы: «лучшие» (от 1 до 8), «выше среднего» (от 9 до 15), «ниже среднего» (от 16 до 23) и «худшие» (от 24 до 31).

Рейтинговая оценка проводилась на основе расчета показателей (в среднем за период 2017–2019 гг.) из разделов базы данных «Показатели муниципальных образований» Управления Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай: «Сельское хозяйство», «Финансовая деятельность», «Население», «Территория», «Занятость и заработная плата»². Использовались также данные региональных управлений мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения РФ, Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии, Федерального агентства водных ресурсов, Федерального агентства по недропользованию, Российского федерального геологического фонда, информационного портала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга».

Результаты и обсуждение. Учитывая уникальное расположение Алтая на стыке границ четырех крупнейших государств Евразии (России, Казахстана, Китая и Монголии), исследователи [9] часто позиционируют его в качестве «Евразии в миниатюре» как универсальной репрезентативной площадки для апробации методов научных исследований. Также, несмотря на административно-политическое разделение в 1990 г., два российских субъекта – Алтайский край и Республика Алтай – сохранили тесноту общих исторических, природных и социально-экономических связей. Объединяет эти два региона и высокая доля сельского хозяйства в структуре валового

²Основные показатели социально-экономического положения муниципальных образований. База данных «Показатели муниципальных образований» (БД ПМО) // Управление Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай [Электронный ресурс]. URL: <https://akstat.gks.ru/folder/33047> (дата обращения: 08.01.2022).

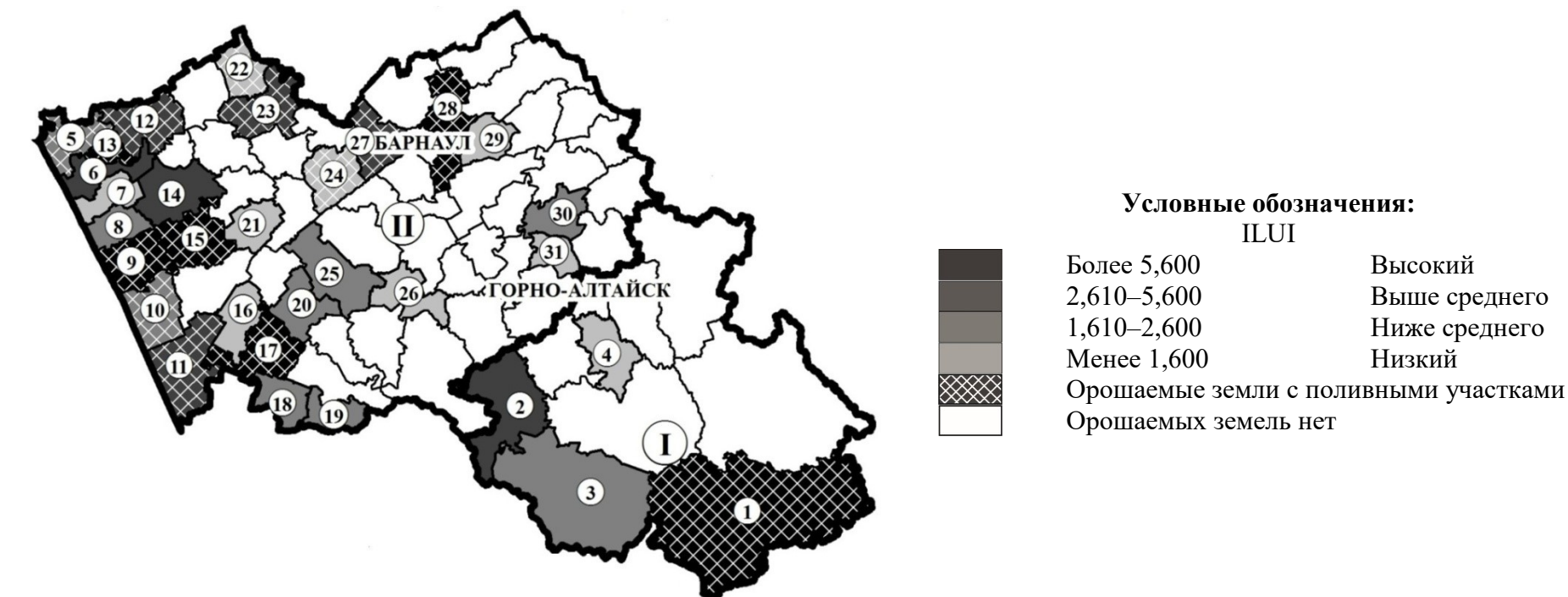
регионального продукта (18 и 15 % соответственно) при среднероссийских значениях 4,7 % [8], что усиливает роль орошения в интенсификации АПК.

По состоянию на 01.01.2019 площадь алтайских орошаемых земель составила 76,3 тыс. га (33,0 % от всех орошаемых земель Западной Сибири); из них подавляющая часть (99,9 %) расположена на равнинах Алтайского края и лишь 0,1 % – в межгорных котловинах Республики Алтай. Тем не менее, несмотря на такую ярко выраженную территориальную дифференциацию, 20,3 % всех фактически поливаемых алтайских земель сосредоточено именно в Республике Алтай – в наиболее засушливых межгорно-котловинных условиях Кош-Агачского района.

За постсоветский период 1991–2019 гг. площадь орошаемых земель в Алтайском крае сократилась в 2,8 раза (с 194,8 до 69,6 тыс. га), а в Республике Алтай в 1,6 раза (с 10,8 до 6,8 тыс. га). В результате сегодня использование этих земель под регулярный полив сельскохозяйственных культур фактически реализуется только на 22,0 % площади орошаемых земель.

Для складывающейся на конкретной территории конфигурации пространственных ирригационных структур, наполненных разными отношениями и элементами землепользования, предлагается использовать понятие «геоирригационная обстановка» – пространственно-временная совокупность отношений между процессами, явлениями и факторами геопространства, в котором пребывает ирригационное землепользование [7].

В результате оценки ILUI выявлены четыре группы муниципальных алтайских районов с типами землепользования, различающихся по градиентам интенсивности проявления ключевых геоирригационных параметров (как по уровню использования орошаемых земель, так и по комбинациям благоприятных или неблагоприятных параметров геоирригационной обстановки) (рисунок 1). Так, в районах первой группы с наиболее высоким индексом ILUI (более 5,600) сосредоточено 55,0 % всех алтайских орошаемых земель и 71,5 % от всего разрешенного объема годового водозабора на орошение.



Номер региона и района

I. Республика Алтай

II. Алтайский край

- | | | | |
|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1. Кош-Агачский | 2. Усть-Канский | 3. Усть-Коксинский | 4. Чемальский |
| 5. Бурлинский | 12. Хабарский | 19. Третьяковский | 26. Усть-Калманский |
| 6. ГО Славгород | 13. Немецкий нац. | 20. Поспелихинский | 27. Павловский |
| 7. Табунский | 14. Благовещенский | 21. Романовский | 28. Первомайский |
| 8. Кулундинский | 15. Родинский | 22. Крутихинский | 29. Косихинский |
| 9. Ключевский | 16. Егорьевский | 23. Каменский | 30. Бийский |
| 10. Михайловский | 17. Рубцовский | 24. Ребрихинский | 31. Советский |
| 11. Угловский | 18. Локтевский | 25. Шипуновский | |

Рисунок 1 – Группировка алтайских районов на основе ILUI

Figure 1 – Altai Region groups based on ILUI

Здесь наблюдается и самый высокий уровень фактически поливаемых земель (86,2 %), что отражает также экономическую целесообразность и рентабельность развития орошения земель. Не случайно фактический полив алтайских земель сконцентрирован в двух моделях землепользования: а) пригородные районы с высокой численностью населения; б) районы с наиболее высокими значениями дефицита увлажнения в сочетании с развитыми животноводческими отраслями как движущими факторами необходимости полива кормовых культур (таблица 1).

Агрегирование оценки ILUI с рейтинговой оценкой позволило выявить как территориальные различия, так и причинно-следственные связи между факторами геоиригационной обстановки, уровнем использования орошаемых земель и особенностями функционирования системы более высокого ранга – сельскохозяйственного землепользования. Так, в моделях землепользования с высоким ILUI, ориентированных на производство орошаемых кормов в условиях высоких значений дефицита увлажнения, выявлены самые низкие рейтинговые значения таких ключевых показателей, как площадь естественных пастбищ и сенокосов, приходящихся на голову скота, урожайность и валовой сбор кормовых культур (однолетние и многолетние травы на сено и зеленый корм), а также их посевные площади, приходящиеся на голову скота (таблица 2).

В моделях землепользования, ориентированных на интенсивное промышленно-товарное производство картофеля и овощей, сконцентрированное в пригородных районах недалеко от крупных рынков сбыта этой малотранспортабельной продукции (г. Барнаул, г. Рубцовск), результаты рейтинговой оценки отражают лидирующие позиции таких показателей, как доля орошаемых земель в площади сельхозугодий, объем фактически использованной воды на полив сельскохозяйственных культур, посевные площади картофеля и овощей, их валовой сбор и объем реализации в сельскохозяйственных организациях (таблица 2).

Таблица 1 – Структура исходных показателей ILUI для I и IV групп

Table 1 – The structure of baseline ILUI indicators for groups I and IV

Муниципальный район	Площадь орошаемых земель, тыс. га*	Площадь поливаемых земель, тыс. га	Разрешенный объем годового водозабора на орошение, тыс. м³	Поголовье скота, тыс. условных голов	Численность населения, тыс. чел.	Дефицит увлажнения в период вегетации, мм	ILUI	Рейтинг района по показателю площади орошаемых земель на 1 января	
								1991 г.	2019 г.
I группа с высоким ILUI									
Рубцовский	4,58	2,75	54000	21,6	23,2	–375	17,373	1	2
Немецкий	12,25	3,62	29089	20,9	16,1	–400	16,095	2	1
Кош-Агачский	4,67	3,40	8800	87,7	19,2	–600	10,772	13	5
Ключевский	4,33	1,38	19215	11,2	16,5	–400	8,079	5	7
Родинский	8,30	0,86	10084	19,6	18,6	–400	7,337	4	3
Первомайский	4,74	2,41	6020	9,5	54,3	–300	7,279	6	6
IV группа с низким ILUI									
Ребрихинский	0,13	0,07	30	20,9	22,8	–325	1,265	25	27
Табунский	0,31	0	1799	13,7	9,2	–430	1,254	15	22
Усть-Калманский	0,27	0	430	17,6	14,0	–300	1,072	27	24
Советский	0,19	0	0	22,1	15,3	–220	1,051	28	26
Косихинский	0,62	0	939	6,2	15,9	–275	1,015	–	19
Романовский	0,03	0	675	16,8	11,7	–350	0,998	29	30
Крутихинский	0,19	0,13	236	11,8	10,8	–325	0,967	23	25
Егорьевский	0,41	0	0	10,4	13,1	–375	0,862	21	21
Чемальский	0,07	0	0	10,0	10,4	–200	0,640	30	28
Примечание – * – без земель в неудовлетворительном мелиоративном состоянии.									

Таблица 2 – Рейтинг показателей сельскохозяйственного землепользования районов с высоким ILUI

Table 2 – Rating of agricultural land use indicators in areas with high ILUI

Показатель	Рубцовский	Немецкий	Кош-Агачский	Ключевский	Родинский	Первомайский
Доля орошаемых земель в площади сельхозугодий	+++	+++	+	+++	+++	+++
Доля естественных кормовых угодий в общей площади	+++	---	+++	–	–	---
Площадь орошаемых земель на 01.01.1991	+++	+++	+	+++	+++	+++
Площадь орошаемых земель на 01.01.2019	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Площадь пастбищ на 1 у. г. скота	+	---	+++	+++	+	+
Площадь сенокосов на 1 у. г. скота	+	---	---	–	---	+++
Посевная площадь картофеля	+++	+	---	---	+	+++
Посевная площадь овощей	+++	+	---	–	–	+++
Посевная площадь кукурузы на корм на 1 у. г. скота	–	+++	нет	+++	–	нет
Посевная площадь всех кормовых культур на 1 у. г. скота	–	+++	---	---	–	–
Доля однолетних трав в площади посевов кормовых	---	+++	+++	+++	+++	–
Урожайность культур:						
- кукурузы на корм	+++	–	нет	+++*	–	нет
- однолетних трав на сено	+	–	+	–	---	+++
- однолетних трав на зеленый корм	+	–	нет	+++*	---	–
- многолетних трав на сено	---	---	+	+++*	–	+++
- многолетних трав на зеленый корм	–	+++*	нет	---	–	+++
Валовой сбор картофеля	+++	–	---	–	+	+++
Валовой сбор овощей	+++	+	---	–	–	+++
Валовой сбор кормовых культур на 1 у. г. скота:						
- кукурузы на корм	–	+++*	нет	+++*	–	нет
- однолетних трав на сено	–	+	---	+	–	---
- однолетних трав на зеленый корм	–	–	нет	---	–	+
- многолетних трав на сено	+++	+	---	---	---	–
- многолетних трав на зеленый корм	–	+++	нет	---	+	+++
Объем реализации в сельхозорганизациях КРС	–	+++	---	---	–	–
Объем реализации в сельхозорганизациях молока	+	+++	---	–	+	–
Примечание – Рейтинг: +++ от 1 до 8; + от 9 до 15; – от 16 до 23; --- от 24 до 31; *в т. ч. на поливе; у. г. – условная голова.						

В районах второй группы с ILUI выше среднего (2,610–5,600), где сосредоточено 26,0 % алтайских орошаемых земель и 18,9 % всего объема разрешенного годового водозабора на орошение, выявлены схожие с районами I группы причинно-следственные связи и закономерности формирования пространственных моделей ирригационного землепользования. Но при этом, несмотря на благоприятное сочетание параметров геоирригационной обстановки, в этой группе наблюдаются более низкие уровни фактического использования орошаемых земель под полив культур (8,7 % от площади всех фактически поливаемых алтайских земель), что обусловлено в первую очередь такими сдерживающими факторами, как высокая капиталоемкость гидромелиоративных проектов и ресурсоемкость выращивания поливных сельхозкультур, зависимость результатов труда от состояния орошаемых земель, их влагообеспеченности и почвенной влажности, а также от наличия средств производства [10].

Наблюдаемые более низкие значения ILUI в районах третьей и четвертой групп (менее 2,600) отражают менее благоприятные для ирригационной интенсификации сочетания параметров геоирригационной обстановки и низкий уровень использования орошаемых земель (таблица 1). Здесь выявлены наименьшие концентрации площадей орошаемых алтайских земель (16,0 и 3,2 % соответственно), которые практически не поливаются, и наименьшие значения объема разрешенного годового водозабора на орошение (7,1 и 2,5 % соответственно). Также в большинстве районов этих групп наблюдаются низкие значения численности населения, свидетельствующие об их периферийном положении и удаленности от крупных рынков сбыта, или прослеживается сочетание низких значений поголовья скота с невысоким дефицитом увлажнения в вегетационный период, что отражает либо упадок в развитии животноводческих отраслей, либо недостаточно лимитирующую для выращивания кормовых культур степень засушливости природно-климатических условий.

Фактический полив кормовых культур на регулярной основе в районах третьей и четвертой групп осуществляется только на землях крупного агрохолдинга ООО «Агрострой» в Бурлинском районе на площади 400–600 га (в данном случае поливают кукурузу на силос). В других районах с низким ILUI полив отсутствует либо он нерегулярный, как, например, в Ребрихинском районе, где ирригация ориентирована на полив небольших локальных площадей картофеля для обеспечения кормами развитого здесь свиноводства, либо как в Михайловском и Крутихинском районах (полив овощей в отдельных сельхозпредприятиях).

В целом же в непригородных районах промышленное производство малотранспортабельных картофеля и овощей не развито, а выращивание этих культур сосредоточено исключительно в личных подсобных хозяйствах населения (90–100 %).

Результаты рейтинговой оценки ключевых параметров землепользования в значительной степени объясняют предпочтения сельхозпроизводителей районов с низким ILUI в применении богарных, а не орошаемых методов в условиях высокой капиталоемкости строительства ирригационных систем, поскольку для этих моделей землепользования характерны более высокие значения обеспеченности поголовья скота естественными кормовыми угодьями, также выявлены более высокие значения показателей урожайности и валового сбора многолетних и однолетних трав на голову скота среди сравниваемых районов (таблица 3).

Неоднократно отмечалось, что высокие расходы на ирригацию могут позволить себе только крупные сельхозпредприятия. Например, при строительстве в 2017 г. орошаемого участка площадью 310 га в ООО «Агрострой» Бурлинского района потребовалось более 31 млн руб. собственных средств инвестиций с учетом разработки проектно-сметной документации и проведения ее государственной экспертизы [11]. Ситуацию усугубляет частая смена «правил игры» в объемах и механизмах государственной поддержки развития мелиорации на долгосрочный период.

Таблица 3 – Рейтинг показателей сельскохозяйственного землепользования районов с низким ILUI

Table 3 – Ranking of agricultural land use indicators in areas with low ILUI

Показатель	Ребри- хинский	Та- бун- ский	Усть- Калман- ский	Со- вет- ский	Коси- хинский	Рома- новский	Крути- хинский	Егорь- евский	Че- маль- ский
Доля орошаемых земель в площади сельхозугодий	---	---	---	---	–	---	---	–	–
Доля естественных кормовых угодий в общей площади	---	–	+++	+++	–	–	---	---	---
Площадь орошаемых земель на 01.01.1991	---	+	---	---	нет	---	–	–	---
Площадь орошаемых земель на 01.01.2019	---	–	---	---	–	---	---	–	---
Площадь пастбищ на 1 у. г. скота	---	---	+	---	+	–	–	–	+++
Площадь сенокосов на 1 у. г. скота	–	–	+++	+	+++	–	+	–	+
Посевная площадь картофеля	+++	---	–	–	+	–	+++	–	---
Посевная площадь овощей	+	---	+	+	+	–	–	---	---
Посевная площадь кукурузы на корм на 1 у. г. скота	–	+++	нет	+	+	–	–	+	нет
Посевная площадь кормовых культур на 1 у. г. скота	---	+++	–	+	---	+	–	---	---
Доля однолетних трав в площади посевов кормовых	+	+++	–	---	---	+	+++	–	---
Урожайность культур:									
- кукурузы на корм	+	–	нет	+++	+++	+	–	+++	нет
- однолетних трав на сено	+++	---	+	+++	–	–	–	+	+++
- однолетних трав на зеленый корм	–	---	–	+++	+++	+	–	+	+++
- многолетних трав на сено	+	---	+	+++	+++	–	+	+++	–
- многолетних трав на зеленый корм	–	–	+	–	нет	+++	нет	+++	+++
Валовой сбор картофеля	+++	---	+	–	+	–	+	–	---
Валовой сбор овощей	+	---	+	+	+	–	–	---	---
Валовой сбор кормовых культур на 1 у. г. скота:									
- кукурузы на корм	–	+	нет	+++	+	+	–	+++	нет
- однолетних трав на сено	–	–	–	---	+++	+	+++	---	–
- однолетних трав на зеленый корм	–	+++	–	+++	–	+	–	+	---
- многолетних трав на сено	---	---	+	+++	–	+	–	---	–
- многолетних трав на зеленый корм	–	+	+++	+++	нет	+++	нет	+	–
Объем реализации КРС в сельхозорганизациях	---	+	+	+++	---	+	–	–	---
Объем реализации молока в сельхозорганизациях	–	+++	+	+++	–	+	–	нет	нет
Примечание – Рейтинг: +++ от 1 до 8; + от 9 до 15; – от 16 до 23; --- от 24 до 31; у. г. – условная голова.									

Таким образом, результаты интегральной оценки показали, что закономерности дифференциации типов ирригационного землепользования по выявленным группам явно обусловлены механизмами причинно-следственных функциональных взаимосвязей с региональной структурой системы более высокого ранга – сельскохозяйственного землепользования, выраженной посредством абсолютных и относительных показателей структуры сельскохозяйственных угодий, посевных площадей кормовых культур, картофеля, овощей, а также дифференциации уровня их урожайности, валового сбора, объемов реализации и др.

Кроме того, проведенная интегральная оценка позволила выявить ряд интересных закономерностей. Так, несмотря на значительную трансформацию моделей землепользования после распада СССР и перехода к рыночной экономике, практически все районы, имеющие низкий рейтинг по показателю наличия площадей орошаемых земель в период наибольшего развития ирригации в нашей стране, входят сегодня в четвертую группу с самыми низкими значениями ILUI, и наоборот: наибольший рейтинг по данному показателю отмечен для районов первой группы с самыми высокими значениями ILUI (см. таблицы 1–3).

Также интересны выявленные связи между концентрацией моделей ирригационного землепользования с высокими значениями ILUI именно в тех алтайских районах, в которых рядом ученых ожидаются наибольшие для сельского хозяйства негативные последствия прогнозируемой аридизации климата: в северо-западной равнинной части Алтайского края и в межгорных котловинах южной части Республики Алтай [4, 8]. И напротив, в ряде алтайских районов с низкими значениями ILUI ожидаются более комфортные климатические условия для сельского хозяйства (на северо-восточной, восточной и предгорной территории Алтайского края), поскольку здесь увлажнение не является лимитирующим фактором [8].

В целом результаты данного исследования подтверждают выводы

других авторов о том, что в разных моделях землепользования складывается своя особая структура, имеющая разное наполнение пространственно-временными элементами и отношениями, которые имеют механизмы причинно-следственных и обратных функциональных взаимосвязей как между собой, так и с системами более высокого ранга, включая окружающую среду [12–15].

Выводы. Предлагаемый в данном исследовании подход, основанный на агрегировании оценки индекса ILUI с рейтинговой оценкой, позволяет количественно отображать многомерные аспекты взаимосвязей между параметрами геоирригационной обстановки и территориальной спецификой уровня использования орошаемых земель, а также отслеживать закономерности пространственно-временной дифференциации ирригационного землепользования, предоставляя важную информацию для стратегического планирования и эффективной реализации целей SI.

Наблюдаемые геопространственные диспропорции в распределении ирригационного землепользования по четырем типам характеризуются концентрацией наибольших значений уровня использования орошаемых земель и благоприятных сочетаний параметров геоирригационной обстановки в районах I группы с высокими значениями ILUI, что делает их наиболее перспективными для разработки стратегий SI. Соответственно, менее перспективные для интенсификации орошения земель районы IV группы с низким ILUI отличаются наименьшими значениями уровня использования орошаемых земель и более неблагоприятными сочетаниями параметров геоирригационной обстановки.

В дальнейших исследованиях необходима разработка стратегий SI для каждого типа ирригационного землепользования в соответствии с их пространственно-временной дифференциацией, что требует также более широкого внедрения систем экологического мониторинга засушливых земель с помощью дистанционного зондирования [16].

Список источников

1. Global changes in diets and the consequences for land requirements for food / T. Kastner, M. J. I. Rivas, W. Koch, S. Nonhebel // P. Natl. Acad. Sci. USA. 2012. Vol. 109. P. 6868–6872. DOI: 10.1073/pnas.1117054109.
2. Dowgert M. F. The impact of irrigated agriculture on a stable food supply [Electronic resource] // Proceedings of the 22nd Annual Central Plains Irrigation Conference. CPIA. Kearney. NE. Kansas. February 24–25. 2010. URL: <https://www.ksre.k-state.edu/irrigate/oow/p10/Dowgert10.pdf> (date of access: 11.11.2021).
3. Measuring progress in agricultural sustainability to support policy-making / E. J. Dillon, T. Hennessy, C. Buckley, T. Donnellan, K. Hanrahan, B. Moran, M. Ryan // Int. J. Agric. Sustain. 2016. Vol. 14. P. 31–44. <https://doi.org/10.1080/14735903.2015.1012413>.
4. Изменение землепользования в Алтайском крае: проблемы и перспективы достижения нейтрального баланса деградации земель / Д. В. Золотов, Д. В. Черных, Р. Ю. Бирюков, Д. К. Першин, Н. С. Малыгина, А. В. Грибков // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26, № 2(83). С. 25–33. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10092.
5. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice / D. Rigby, P. Woodhouse, T. Young, M. Burton // Ecological Economics. 2001. Vol. 39. P. 463–478. DOI: 10.1016/S0921-8009(01)00245-2.
6. Мустафаев Ж. С. Экологический профиль мелиорации сельскохозяйственных земель // Природообустройство. 2022. № 2. С. 13–22. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-2-13-22.
7. Орлова И. В. Методика построения индекса ирригационного землепользования (на примере муниципальных районов Западной Сибири) // Географический вестник = Geographical Bulletin. 2022. № 1(60). С. 23–39. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-1-23-39.
8. Стратегическое развитие аграрной сферы и рекреации в алтайских регионах России в условиях региональных климатических изменений / Б. А. Красноярская, Н. Ф. Харламова, С. Н. Шарабарина, Т. Г. Плуталова, М. А. Индюкова, Е. О. Гармс // Российский журнал сельскохозяйственных и социально-экономических наук (RJOAS). 2015. № 7(43). С. 3–15.
9. Алтай трансграничный: пути международной интеграции и устойчивого развития / М. Ю. Шишин, А. В. Иванов, Н. А. Белокопытова, А. Г. Болотов, М. Броди, Е. Г. Кликушина, А. Л. Бондаренко, В. Х. Бердин, Д. С. Беседовская, Г. В. Сафонов, Ю. А. Сафонова, А. В. Стеценко, Нурланбек Монтай, Е. В. Закленчук; под общ. ред. М. Ю. Шишина. М.: Ин-т устойчивого развития Обществ. палаты РФ, Центр экол. политики России, 2013. 86 с.
10. Совершенствование методических подходов к оценке экономической эффективности производства продукции растениеводства на орошении / Н. В. Банникова, А. Н. Есаулко, С. С. Вайцеховская, Т. Н. Костюченко, Н. Н. Тельнова // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 4. С. 226–244. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1247> (дата обращения: 22.11.2021). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-226-244.
11. Миненко А. В., Селиверстов М. В. Инструменты достижения высокого уровня продуктивности мелиорируемых земель в Алтайском крае // Journal of Economy and Business. 2020. Vol. 1-1(59). P. 138–140. DOI: 10.24411/2411-0450-2020-10033.
12. Meta-studies in land use science: Current coverage and prospects / J. Van Vliet, N. R. Magliocca, B. Büchner, E. Cook, J. M. R. Benayas, E. C. Ellis, A. Heinemann, E. Keys, T. M. Lee, J. Liu, O. Mertz, P. Meyfroidt, M. Moritz, C. Poeplau, B. E. Robinson, R. Seppelt, K. C. Seto, P. H. Verburg // Ambio. 2016. Vol. 45(1). P. 15–28. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0699-8>.

13. 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: 22.11.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-170-188.

14. Meliorative institutional environment: the area of state interests / V. N. Shchedrin, S. M. Vasilyev, A. V. Kolganov, L. N. Medvedeva, A. A. Kupriyanov // *Espacios*. 2018. Vol. 39, № 12. P. 28.

15. Орлова И. В. Геоирригационная оценка землепользования на орошаемых землях Республики Алтай // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: материалы IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2022. Т. 3. С. 138–146.

16. Ландшафтно-экологическая оценка засушливых земель Российско-Казахстанского приграничья для устойчивого землепользования / Б. А. Красноярова, И. В. Орлова, Т. Г. Плуталова, С. Н. Шарабарина // *Аридные экосистемы*. 2019. Т. 25, № 3(80). С. 11–18. DOI: 10.24411/1993-3916-2019-10060.

References

1. Kastner T., Rivas M.J.I., Koch W., Nonhebel S., 2012. Global changes in diets and the consequences for land requirements for food. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 109, pp. 6868–6872, DOI: 10.1073/pnas.1117054109.

2. Dowgert M.F., 2010. The impact of irrigated agriculture on a stable food supply. *Proceedings of the 22nd Annual Central Plains Irrigation Conference*. CPIA. Kearney. NE. Kansas, available: <https://www.ksre.k-state.edu/irrigate/oow/p10/Dowgert10.pdf> [accessed 11.11.2021].

3. Dillon E.J., Hennessy T., Buckley C., Donnellan T., Hanrahan K., Moran B., Ryan M., 2016. Measuring progress in agricultural sustainability to support policy-making. *Int. J. Agric. Sustain.*, vol. 14, pp. 31–44, <https://doi.org/10.1080/14735903.2015.1012413>.

4. Zolotov D.V., Chernykh D.V., Biryukov R.Yu., Pershin D.K., Malygina N.S., Gribkov A.V., 2020. *Izmenenie zemlepol'zovaniya v Altayskom krae: problemy i perspektivy dostizheniya neytral'nogo balansa degradatsii zemel'* [Change of land use in Altai Territory: problems and prospects for the achievement of land degradation neutrality]. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems], vol. 26, no. 2(83), pp. 25–33, DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10092. (In Russian).

5. Rigby D., Woodhouse P., Young T., Burton M., 2001. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. *Ecological Economics*, vol. 39, pp. 463–478, DOI: 10.1016/S0921-8009(01)00245-2.

6. Mustafaev Zh.S., 2022. *Ekologicheskiy profil' melioratsii sel'skokhozyaystvennykh zemel'* [Ecological profile of agricultural land reclamation]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 2, pp. 13–22, DOI: 10.26897/1997-6011-2022-2-13-22. (In Russian).

7. Orlova I.V., 2022. *Metodika postroyeniya indeksa irrigatsionnogo zemlepol'zovaniya (na primere munitsipal'nykh rayonov Zapadnoy Sibiri)* [Irrigated land use index construction methodology (on the example of municipal districts of Western Siberia)]. *Geograficheskiy vestnik* [Geographical Bulletin], no. 1(60), pp. 23–39, DOI: 10.17072/2079-7877-2022-1-23-39. (In Russian).

8. Krasnoyarova B.A., Kharlamova N.F., Sharabarina S.N., Plutalova T.G., Indyukova M.A., Garms E.O., 2015. *Strategicheskoe razvitie agrarnoy sfery i rekreatsii v altayskikh regionakh Rossii v usloviyakh regional'nykh klimaticheskikh izmeneniy* [Strategic development of agrarian sphere and recreation in the Altai regions of Russia, under regional climate change]. *Rossiyskiy zhurnal sel'skokhozyaystvennykh i sotsial'no-ekonomicheskikh nauk* [Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences (RJOAS)], no. 7(43), pp. 3–15. (In Russian).

9. Shishin M.Yu., Ivanov A.V., Belokopytova N.A., Bolotov A.G., Brody M., Klikushina E.G., Bondarenko A.L., Berdin V.Kh., Besedovskaya D.S., Safonov G.V., Safonova Yu.A., Stetsenko A.V., Nurlanbek Montai, Zaklenchuk E.V., 2013. *Altay transgranichnyy: puti mezhdunarodnoy integratsii i ustoychivogo razvitiya* [Altai Transboundary: Ways of International Integration and Sustainable Development]. Moscow, Inst. of Sustainable Development of the Public Chamber of the Russian Federation, Center for Ecological Policy of Russia, 86 p. (In Russian).
10. Bannikova N.V., Esaulko A.N., Vaytsekhovskaya S.S., Kostyuchenko T.N., Telnova N.N., 2021. [Improving methodological approaches to assessing production efficiency of irrigated crop production]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 11, no. 4, pp. 226-244, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1247> [accessed 22.11.2021], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-226-244. (In Russian).
11. Minenko A.V., Seliverstov M.V., 2020. *Instrumenty dostizheniya vysokogo urovnya produktivnosti melioriruemykh zemel' v Altayskom krae* [Tools for achieving a high level of productivity of reclaimed lands in Altai Territory]. *Journal of Economy and Business*, vol. 1-1(59), pp. 138-140, DOI: 10.24411/2411-0450-2020-10033. (In Russian).
12. Van Vliet J., Magliocca N.R., Büchner B., Cook E., Benayas J.M.R., Ellis E.C., Heinemann A., Keys E., Lee T.M., Liu J., Mertz O., Meyfroidt P., Moritz M., Poeplau C., Robinson B.E., Seppelt R., Seto K.C., Verburg P.H., 2016. Meta-studies in land use science: Current coverage and prospects. *Ambio*, vol. 45(1), pp. 15-28, <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0699-8>.
13. Shchedrin V.N., Korzhov V.I., Belousov A.A., 2020. [Approaches to the formation of principles of 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 22.11.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-170-188. (In Russian).
14. Shchedrin V.N., Vasilyev S.M., Kolganov A.V., Medvedeva L.N., Kupriyanov A.A., 2018. Meliorative institutional environment: the area of state interests. *Espacios*, vol. 39, no. 12, p. 28.
15. Orlova I.V., 2022. *Geoirrigatsionnaya otsenka zemlepol'zovaniya na oroshaemykh zemlyakh Respubliki Altay* [Geo-irrigation assessment of land use on irrigated lands of the Altai Republic]. *Vodnye i ekologicheskie problemy Sibiri i Tsentral'noy Azii: materialy IV Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Water and Environmental Problems of Siberia and Central Asia: Proc. of IV All-Russian Scientific Conference with International Participation]. Barnaul, IVEP SO RAN, vol. 3, pp. 138-146. (In Russian).
16. Krasnoyarova B.A., Orlova I.V., Plutalova T.G., Sharabarina S.N., 2019. *Landshaftno-ekologicheskaya otsenka zasushlivykh zemel' Rossiysko-Kazakhstanskogo prigranich'ya dlya ustoychivogo zemlepol'zovaniya* [Landscape-ecological assessment of arid lands of the Russian-Kazakhstan border zone for sustainable land use]. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems], vol. 25, no. 3(80), pp. 11-18, DOI: 10.24411/1993-3916-2019-10060. (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 несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

The author is responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 31.10.2022; одобрена после рецензирования 02.12.2022; принята к публикации 20.12.2022.

The article was submitted 31.10.2022; approved after reviewing 05.12.2022; accepted for publication 20.12.2022.