

Научная статья

УДК 631.1:004.65

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_3\_246

# РАЗРАБОТКА ГИС-ПРОЕКТА ЧЕРНОЗЕМЕЛЬСКОЙ ОБВОДНИТЕЛЬНО-ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

А.А. Дедова<sup>1</sup>, В.А. Широкова<sup>1</sup>, Э.Б. Дедова<sup>2</sup>, Р.М. Шабанов<sup>2</sup><sup>1</sup>Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия<sup>2</sup>Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, Москва, Россия

**Аннотация.** Территория Республики Калмыкия относится к самым засушливым регионам России. Систематически повторяющиеся засухи вызывают гибель растительности природных пастбищ и сельскохозяйственных культур, ухудшаются условия обводнения территории, что способствует острому дефициту в обеспечении водой сельского населения и животноводства. Для противостояния негативным погодно-климатическим явлениям и интенсивной антропогенной нагрузки в условиях усиливающейся аридизации необходимо устойчивое функционирование и развитие мелиоративно-водохозяйственного комплекса, совершенствование управления земельными и водными ресурсами. Цель исследований — разработка цифровой базы данных Черноземельской обводнительно-оросительной системы Республики Калмыкия для информационной и технологической поддержки принятия решений по выбору необходимого комплекса мероприятий рационального использования водных и земельных ресурсов. Методика исследований состояла из нескольких этапов: разработка структуры ГИС-проекта Черноземельской обводнительно-оросительной системы, включающая координационную привязку объектов системы и привязку на местности, минерализацию и химический состав воды, техническое состояние гидротехнических сооружений, почвенно-мелиоративное состояние орошаемых земель, пастбищных и лиманных агроэкосистем. Источником цифровых баз данных послужили многолетние показатели комплексного экологического мониторинга, данные инвентаризации мелиоративных внутрихозяйственных оросительных сетей, информационные сведения с портала ФГБНУ НИИ «Радуга», топографические карты, публичная кадастровая карта и спутниковые снимки. Разработанный ГИС-проект Черноземельской обводнительно-оросительной системы позволит оперативно принимать решения по выбору необходимого комплекса мероприятий и рационального использования водных ресурсов.

**Ключевые слова:** аридная зона, водные ресурсы, мелиоративная система, цифровая база данных, геоинформационные технологии, орошение, деградация, комплексные мелиорации

Original article

## GIS PROJECT DEVELOPMENT OF THE CHERNOZEMELSKAYA IRRIGATION SYSTEM OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA FOR THE SUBSTANTIATION OF RECLAMATION MEASURES

А.А. Dedova<sup>1</sup>, V.A. Shirokova<sup>1</sup>, E.B. Dedova<sup>2</sup>, R.M. Shabanov<sup>2</sup><sup>1</sup>State University of Land Use Planning, Moscow, Russia<sup>2</sup>Federal Research Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russia

**Abstract.** The territory of the Republic of Kalmykia belongs to the driest regions of Russia. Systematically recurring droughts cause the death of vegetation of natural pastures and agricultural crops, the conditions for watering the territory are worsening, which contributes to an acute shortage of water supply for the rural population and livestock. To withstand negative weather and climatic phenomena and intense anthropogenic pressure in conditions of increasing aridization, the sustainable operation and development of the reclamation and water management complex and improved management of land and water resources are necessary. The purpose of the research is to develop a digital database of the Chernozemelskaya watering and irrigation system of the Republic of Kalmykia for information and technological support for decision-making on the selection of the necessary set of measures for the rational use of water and land resources. The research methodology consisted of several stages: the development of the structure of the GIS project of the Chernozemelskaya watering and irrigation system, including coordination of system objects and localization, mineralization and chemical composition of water, technical condition of hydraulic structures, soil and reclamation condition of irrigated lands, pasture and estuarine agroecosystems. The source of the digital databases was long-term indicators of comprehensive environmental monitoring, inventory data of reclamation on-farm irrigation networks, information from the portal of the Federal State Budgetary Scientific Research Institute "Raduga", topographic maps, a public cadastral map and satellite images. The developed GIS project of the Chernozemelskaya watering and irrigation system will make it possible to quickly make decisions on the selection of the necessary set of measures and rational use of water resources.

**Keywords:** arid area, water resources, land reclamation system, digital database, geoinformation technologies, irrigation, degradation, integrated land reclamation

**Введение.** Территория Республики Калмыкия расположена преимущественно в полупустынной и пустынной зонах Северного Прикаспия, где коэффициент аридности варьирует от 0,11 до 0,30 [1,5,7]. Это самый засушливый регион России. Гидрографическая сеть развита очень слабо. Создание условий для противостояния негативным климатическим явлениям в сельском хозяйстве должно основываться на развитии мелиоративно-водохозяйственного комплекса и совершенствовании механизма управления земельными и водными ресурсами [13,14,16]. В связи с этим, цель данной работы — разработка цифровой базы

данных Черноземельской обводнительно-оросительной системы Республики Калмыкия для информационной и технологической поддержки принятия решений по выбору необходимого комплекса мероприятий рационального использования водных и земельных ресурсов.

**Объект и методика исследований.** Объектами исследований являлись земли сельскохозяйственного назначения (пастбищные угодья, земли регулярного и лиманного орошения) в зоне действия Черноземельской обводнительно-оросительной системы (ЧООС) Республики Калмыкия, гидротехнические сооружения мелиоративной системы (табл. 1). Это одна из самых

крупных мелиоративных систем региона, которая расположена в восточной природно-сельскохозяйственной зоне на комплексах светло-каштановых и бурых полупустынных почв с солонцами [2,7].

Методика составления геоинформационного проекта ЧООС включала в себя ряд этапов: сбор и анализ данных комплексного экологического мониторинга за состоянием пастбищных и лиманных агроэкосистем, водных ресурсов и гидротехнических сооружений в пределах ЧООС, проектирование базы данных, создание векторных и растровых слоев для визуализации данных, создание карт. Для проведения



Таблица 1. Характеристика Черноземельской обводнительно-оросительной системы Республики Калмыкия [6,7]  
Table 1. Characteristics of the Chernozemelskaya irrigation system of the Republic of Kalmykia [6,7]

Черноземельская гидромелиоративная система	
Назначение	орошение, обводнение
Водоисточник	р. Терек, р. Кума, Чограйское водохранилище
Проектная мощность, млн м <sup>3</sup>	593,6
КПД	0,66
Проектная площадь, обслуживаемая мелиоративной системой, тыс. га	23,5
Фактическая площадь, обслуживаемая мелиоративной системой, тыс. га	40,4
Протяженность каналов, км	728,9
Год ввода в эксплуатацию	1969

геоинформационного мониторинга состояния поверхностных вод Чограйского водохранилища, орошаемых земель и пастбищных угодий использовались космические снимки, находящиеся в открытом доступе. При этом временной диапазон исследования составил более 45 лет. Геоинформационное картографирование выполнялось с использованием свободных программных средств геоинформационных систем QGIS и SAGA GIS, имеющих открытый исходный код.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Разработанный ГИС-проект Черноземельской обводнительно-оросительной системы включает в себя растровые и векторные слои с информацией, позволяющей повысить эффективность рационального использования земельных и водных ресурсов. Растровые слои состоят из слоя подложки (спутниковые снимки) и рельефа местности. Векторные материалы представлены следующими слоями и группами: типы и разновидности почв, ландшафтные условия, гидрографическая сеть, административное деление республики с обозначением населенных пунктов, зона действия и инфраструктура гидромелиоративной сети.

Структура ГИС-проекта ЧООС представляет собой набор информационных слоев (рис. 1): природно-территориальные зоны; цифровая модель рельефа; гидрографическая сеть; почвенный покров; подземные артезианские бассейны включают структуру атрибутивной таблицы отображения информации по месторождениям подземных вод; административное деление, населенные пункты, дорожная сеть; водные ресурсы (минерализация, химический состав оросительных и дренажно-сбросных вод, оценка их качественного состава и пригодности для использования); гидротехнические сооружения ЧООС содержат сведения о местоположении, проектных технических параметрах и состоянии магистрального канала, распределительных межхозяйственных, внутрихозяйственных, дренажно-сбросных каналов, водоприемниках, насосных станциях, дамбах, водовыпусках, водопусках, трубопроводах и т.п.; участки регулярного и лиманного орошения (площади, показатели по оценке почвенно-мелиоративного состояния земель, наличие поливной техники, структура посевных площадей сельскохозяйственных культур); естественные пастбищные угодья (геоботанический состав,

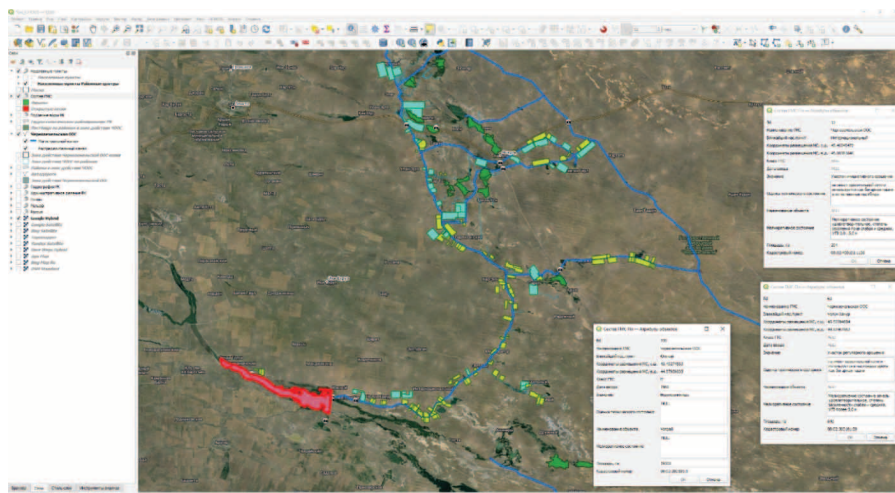


Рисунок 1. ГИС-проект Черноземельской обводнительно-оросительной системы с информационными сведениями в атрибутивных таблицах  
Figure 1. GIS-project of the Chernozemelskaya irrigation system with information in attribute tables

Таблица 2. Динамика площади акватории Чограйского водохранилища  
Table 2. Dynamics of the Chograi reservoir water area

Год	Искусственный спутник Земли	Дата космического снимка	Площадь зеркала водной поверхности, км <sup>2</sup>
1975	Landsat 2	8 июня	129,803
1980	Landsat 3	26 июня	139,453
1984	Landsat 5	13 июня	127,378
	Landsat 5	1 сентября	124,229
1989	Landsat 5	27 июня	125,111
	Landsat 5	30 августа	127,401
2000	Landsat 7	17 июня	128,312
	Landsat 5	29 сентября	121,431
2010	Landsat 7	13 июня	110,079
	Landsat 5	25 сентября	106,381
2020	Landsat 8	16 июня	76,82
	Landsat 8	4 сентября	67,26
2021	Landsat 8	3 июня	82,72
	Sentinel 2	11 сентября	76,27
2022	Landsat 8	10 сентября	60,26
	Landsat 9	30 июня	72,37
2023	Landsat 8	13 сентября	70,54
	Landsat 8	9 июня	76,59
2024	Sentinel 2	4 апреля	68,16

продуктивность, пастбищная нагрузка, эколого-мелиоративное состояние).

Основным источником орошения является Чограйское водохранилище, расположенное в долине реки Восточный Маныч на границе Ставропольского края и Республики Калмыкия. Данное водохранилище было создано в 1969 году для устранения острого дефицита пресных водных ресурсов на юге Европейской части нашей страны [4,6,7,10] с проектным объемом 720 млн м<sup>3</sup>. Общая длина водного объекта составляет 48,8 км, ширина достигает 9 км, в хвостовой части — 0,8 км. Водохранилище комплексного использования и предназначено для различных нужд: питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, ирригации, регулирования вод р. Терек и р. Кума и рыбохозяйственных нужд [4,7]. К потребителям вода подается самотеком по Черноземельскому магистральному каналу (ЧМК), Гашунскому, Яшульскому и Приозерному распределителям. Способ подачи воды в ООС — самотечный. Основной объем воды 95% поступает в водохранилище по Кумо-Маньчскому каналу в объеме около 400 млн м<sup>3</sup> в год.

Геоинформационный анализ динамики площади водной поверхности Чограйского водохранилища за многолетний период 1975–2024 гг. свидетельствует о значительном ее сокращении (табл. 2).

По данным космических снимков Landsat 2 площадь водоема в начальный период мониторинга в 1975 году составляла 129,8 км<sup>2</sup>, наибольшее значение площади акватории достигало 26 июня 1980 г. 139,5 км<sup>2</sup>. Анализ данных дистанционного зондирования Земли показывает, что с 1975 г. по 2000 г. наблюдается незначительный тренд снижения площади акватории и ее среднее значение составляет 127 км<sup>2</sup>. В настоящее время наблюдается резкое сокращение площади акватории до 67,26 км<sup>2</sup> (04.09.2020 г.) и 60,26 км<sup>2</sup> (10.09.2022 г.), что составляет соответственно 47% и 52% от среднего значения в период 1975–2000 гг. На основании полученных геоинформационных слоев сформирована карта с наложенными на космический снимок (4.09.2020 г. Landsat 8 OLI естественный цвет) контурами кромки воды в разные годы мониторинга (рис. 2).





Причиной резкого сокращения объемов воды является неблагоприятно складывающаяся ситуация климатического характера. Частые атмосферные засухи, и, как следствие, маловодные периоды наряду с возрастающей антропогенной нагрузкой, привели к значительному истощению аккумулированных вод, что может послужить причиной возникновения чрезвычайной ситуации в регионе [2,8,12].

В современных обстоятельствах проведение мониторинга на основе дистанционного зондирования Земли является необходимым условием для развития методов управления водными объектами и земельными ресурсами [3,9,11,15]. Для графического отображения, осуществления мониторинга объекта исследований, а также обоснования системы комплексных мелиоративных мероприятий для предотвращения как водной, так и ветровой эрозии эффективно

применение геоинформационных технологий. Для достижения цели исследований на основе топографических материалов и данных дистанционного зондирования Земли сформирован векторный слой «Черноземельская ООС», содержащий данные о магистральных, распределительных и сбросных каналах. На основе данного слоя путем буферизации объектов создан полигональный слой «зона действия Черноземельской ООС» для разграничения территории с охватом в 20 км от объекта (рис. 3).

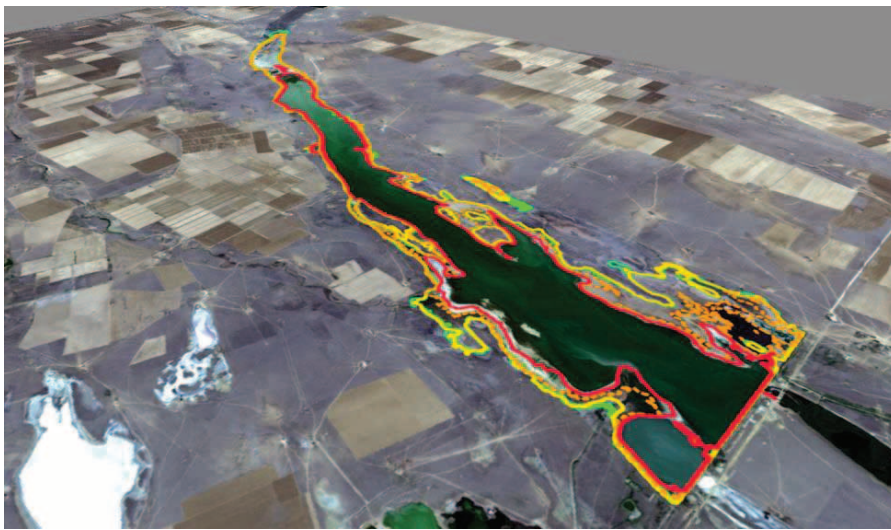
Результаты исследований позволили определить площадь обводнения территории региона за счет функционирования Черноземельской мелиоративной системы, значение которой составляет порядка 2,1 млн га. По административным районам Республики Калмыкия территория зоны действия Черноземельской ООС в Ики-Бурульском составляет 0,32 млн га,

в Черноземельском — 0,75 млн га, в Яшкульском — 0,68 млн га, в Целинном — 0,15 млн га и Кетченеровском 0,20 млн га.

На Черноземельской ООС суммарная подача на все нужды в 2023 году составила 198,1 млн м<sup>3</sup>, при фактическом объеме водозабора 330,1 млн м<sup>3</sup> [6]. В структуре водопотребления для полива сельскохозяйственных культур подано 8,48 млн м<sup>3</sup>, на затопление лиманных сеносов — 14,14 млн м<sup>3</sup>, при этом фактически полито 12,88 тыс. га. На пополнение водоемов на нужды сельскохозяйственного водоснабжения значение варьирует от 77% до 86%, на обводнение территории от 8 до 12%, на замочку каналов от 3 до 5% от суммарной водоподачи.

Основным критерием мелиоративного состояния орошаемых земель является режим грунтовых вод, который характеризуется уровнем их залегания (УГВ) и степенью минерализации. При хорошем мелиоративном состоянии уровень залегания грунтовых вод на орошаемых участках залегает ниже критической глубины. Степень засоления активного (корнеобитаемого) слоя почвы оценивается по недобору урожая растений (15–20% и более). Степень солонцеватости определяется долей солонцов и сильносолонцеватых почв в комплексах зональных почв на орошаемых массивах. Несмотря на сравнительно короткую историю орошаемого земледелия в республике, на всех без исключения оросительно-обводнительных системах Калмыкии отмечены явления вторичного засоления орошаемых земель. На Черноземельской ООС обеспеченность дренажем составляет 32,3%. Мелиоративное состояние орошаемых сельскохозяйственных угодий по данным Информационного портала ФГБУ ВНИИ «Радуга» удовлетворительное [6]. Однако, следует отметить, что со средней степенью засоления площадь орошаемых земель составляет порядка 33,65 тыс. га или 52,9% [2,5]. В советский период на Черноземельской ООС получали самые высокие урожаи кормовых культур, что свидетельствует о возможности эффективного использования орошаемых земель, что позволит устойчивому развитию экспортного потенциала региона по производству животноводческой продукции.

**Заключение.** Развитие агропромышленного комплекса Калмыкии в условиях усиливающейся аридизации климата в значительной мере зависит от состояния и функционирования обводнительно-оросительных систем. Применение геоинформационных технологий для обоснования системы комплексных мелиоративных мероприятий по предотвращению как водной, так и ветровой эрозии является эффективным. При этом становится возможным анализировать роль большого числа факторов, влияющих на состояние земельного фонда, предотвращать развитие эрозионных процессов, оперативно проводить мелиоративные мероприятия для улучшения экологической ситуации с учетом природно-хозяйственных условий. Формирование цифровых и картографических баз данных позволит оперативно управлять информационными ресурсами, обеспечивать их хранение, многоцелевое использование, в том числе для обоснования принятия решений о планировании использования территории и определении необходимых агрофитомелиоративных и организационных мероприятий по особенностям ведения мониторинга, инвентаризации сельскохозяйственных угодий, водных объектов и лесных насаждений.



- Landsat 2 MSS 08.06.1975 г.
- Landsat 3 MSS 26.06.1980 г.
- Landsat 5 TM 01.09.1984 г.
- Landsat 5 TM 30.08.1989 г.
- Landsat 5 TM 29.09.2000 г.
- Landsat 5 TM 25.09.2010 г.
- Landsat 8 OLI 04.09.2020 г.

Рисунок 2. 3D-модель Чограйского водохранилища с наложенными контурами границ водной поверхности по годам исследования (космический снимок 04.09.2020 г. Landsat 8 OLI естественный цвет)  
Figure 2. 3D model of the Chograi reservoir with superimposed contours of the boundaries of the water surface according to the years of research (satellite image 04.09.2020 Landsat 8 OLI natural color)

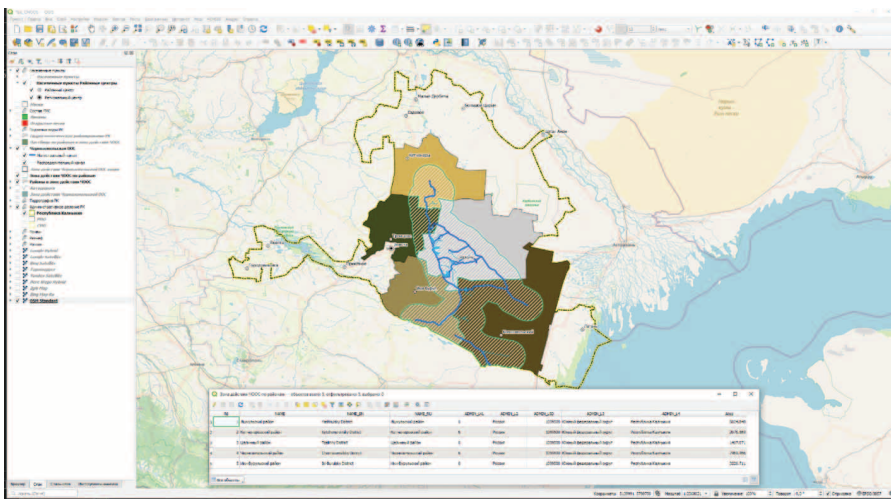


Рисунок 3. Слой ГИС-проекта с определением границ зоны действия Черноземельской обводнительно-оросительной системы Республики Калмыкия с таблицей атрибутов  
Figure 3. A GIS project layer with the definition of the boundaries of the Chernozemelskaya irrigation system of the Republic of Kalmykia with a table of attributes



## Список источников

1. Доскач А.Г. Природное районирование Прикаспийской полупустыни, М.: Изд-во «Наука», 1979. 140 с.
2. Borodychev V.V., Dedova E.B., Sazanov M.A., Dedov A.A. Ecosystem monitoring of water resources and reclamation facilities // *Russian Agricultural Sciences*. — 2017. — Т. 43. — № 4. — С. 347-352. DOI: 10.3103/S1068367417040048
3. Dedova E.B., Dedov A.A. Ecological paradigm for sustainable functioning of reclamation systems in arid territories // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 867(1). Pp. 012058.
4. Дедова Э.Б., Сазанов М.А. Научно-популярная энциклопедия «Вода России» Чограйское водохранилище // Научно-популярная энциклопедия «Вода России», 2015.
5. Dedova E.B., Goldvarg B.A., Tsagan-Mandzhiev N.L. Land Degradation of the Republic of Kalmykia: Problems and Reclamation Methods // *Arid Ecosystems*. 2020. № 10 (2). Pp. 140-147. DOI: 10.1134/S2079096120020043
6. Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга». Радугаинформ <http://inform-raduga.ru/gts/3203>
7. Комплексное использование водных ресурсов Республики Калмыкия: Монография / Сост. и ред. С.Б. Адыев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов Элиста: ЗАОр «НПП «Джангар», 2006. 200 с.
8. Кониева Г.Н., Иванова В.И., Адучиева М.Г. Анализ изменений основных климатических показателей на территории Республики Калмыкия за многолетний период // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 2 (70). С. 177-184.
9. Матвеев А.В., Шабанов Р.М., Дедова Э.Б., Исаева С.Д. Создание экспертной системы на базе геоинформационных и веб-технологий для совершенствования организации управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом Республики Калмыкия // *Сельский механизатор*. 2024. № 2. С. 34-36.
10. Уланова С.С. Экологическая паспортизация искусственных водоемов Кумо-Манычской впадины в пределах Республики Калмыкия. Монография. Элиста, 2014., 180 с.
11. Шабанов Р.М., Дедова А.А., Дедов А.А. Оценка продуктивности пастбищных угодий Калмыкии на основе ГИС-технологий и дистанционного зондирования. В сборнике: Агроресурсоориентированное лесоразведение — история и перспективы развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 296-299.
12. Shabanov R.M., Dedov A.A., Verzhinina V.V., Khutorova A.O., Dedova A.A. Geocological estimate of grassland use in the desert and semi-desert zone of the Republic of Kalmykia // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021 International Symposium «Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects, ESHCIP 2021». IOP Publishing Ltd, 2021. С. 012077.

## Информация об авторах:

**Дедова Алёна Андреевна**, аспирант кафедры геоэкологии и природопользования, Государственный университет по землеустройству  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5515-155X>, Scopus: 57322248100, [alena.zhe@bk.ru](mailto:alena.zhe@bk.ru)

**Широкова Вера Александровна**, доктор географических наук, профессор кафедры геоэкологии и природопользования, Государственный университет по землеустройству, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0839-1416>, Researcher ID: J-2145-2012, Scopus: 57189035297, [shirocova@gmail.com](mailto:shirocova@gmail.com)

**Дедова Эльвира Батыревна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, заместитель директора по науке, главный научный сотрудник, Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0640-911X>, Researcher ID: C-1822-2014, Scopus: 57130902500, [dedova@vniigim.ru](mailto:dedova@vniigim.ru)

**Шабанов Рустам Михайлович**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8012-692X>, Researcher ID: J-6604-2018, Scopus: 57220038266, [rustam1\\_9@mail.ru](mailto:rustam1_9@mail.ru)

## Information about the authors:

**Alena A. Dedova**, postgraduate student of the department of geocology and environmental management, State University of Land Use Planning, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5515-155X>, Scopus: 57322248100, [alena.zhe@bk.ru](mailto:alena.zhe@bk.ru)

**Vera A. Shirokova**, doctor of geographical sciences, professor of the department of geocology and environmental management, State University of Land Use Planning, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0839-1416>, Researcher ID: J-2145-2012, Scopus: 57189035297, [shirocova@gmail.com](mailto:shirocova@gmail.com)

**Elvira B. Dedova**, doctor of agricultural sciences, professor of the Russian Academy of sciences, deputy director of science, chief researcher, Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0640-911X>, Researcher ID: C-1822-2014, Scopus: 57130902500, [dedova@vniigim.ru](mailto:dedova@vniigim.ru)

**Rustam M. Shabanov**, candidate of agricultural sciences, leading researcher, Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8012-692X>, Researcher ID: J-6604-2018, Scopus: 57220038266, [rustam1\\_9@mail.ru](mailto:rustam1_9@mail.ru)

13. Shevchenko V.A., Isaeva S.D., Dedova E.B. A New Stage in the Development of the Land Reclamation and Water Management Complex of the Russian Federation // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2023. T. 93. № 4. С. 355-361. DOI: 10.31857/S0869587323040114

14. Шевченко В.А., Исаева С.Д., Дедова Э.Б. Модель принятия решений в инновационных проектах развития сельскохозяйственного водопользования // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2022. № 2 (386). С. 124-128. DOI:10.55186/25876740\_2022\_65\_2\_124

15. Широкова В.А., Широков Р.С., Юрова Ю.Д. Геоэкологический мониторинг как основа для экологических технологий уникальных водных объектов // *International Multidisciplinary Scientific Geo Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management* (2019 год, том 19, Albena, Bulgaria) T. 19, C. 299-306 DOI:10.5593/sgem2019/5.1/S20.038

16. Шумова Н.А. Изменение структуры землепользования и орошения в современных климатических условиях в Республике Калмыкия // *Экосистемы: экология и динамика*, 2021, том 5, № 1 DOI: 10.24411/2542-2006-2021-10080 C. 113-131.

## References

1. Dotskay A.G. (1979). *Prirodnoe raionirovanie Prikaspijskoi polupustyni* [Natural zoning of the Caspian semi-desert]. Moscow: Nauka publishing house.
2. Borodychev V., Dedova E., Sazanov M., & Dedov A. (2017). Ecosystem monitoring of water resources and reclamation facilities. *Russian Agricultural Sciences*. vol. 43, no. 4, pp. 347-352. DOI: 10.3103/S1068367417040048
3. Dedova, E. & Dedov, A. Ecological paradigm for sustainable functioning of reclamation systems in arid territories (2021). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 867(1), pp. 012058.
4. Dedova E. & Sazanov M. (2015). *Nauchno-populyarnaya entsiklopediya «Voda Rossii» Chograiskoe vodokhranilishche* [Popular science encyclopedia "Water of Russia" Chograyское reservoir]. Popular science encyclopedia "Water of Russia" (accessed 11 November 2023).
5. Dedova E., Goldvarg B., & Tsagan-Mandzhiev N. (2020). Land Degradation of the Republic of Kalmykia: Problems and Reclamation Methods. *Arid Ecosystems*, vol. 10 (2), pp. 140-147. DOI: 10.1134/S2079096120020043
6. Informatsionniy portal FGBNU VNIИ «Raduga». Radugainform <http://inform-raduga.ru/gts/3203> (accessed 07 November 2023).
7. *Kompleksnoe ispol'zovanie vodnykh resursov Respubliki Kalmykiya: Monografiya* (2006) [Complex Use of Water Resources of the Republic of Kalmykia: Monograph], Ad'yaev S., Dedova E., & Sazanov M. Eds., Elista: ZAO NPP Dzhangar.
8. Koniya G.N., Ivanova V.I., & Aduchieva, M.G. (2023). Analiz izmenenii osnovnykh klimaticeskikh pokazatelei na territorii Respubliki Kalmykiya za mnogoletnii period [Analysis of changes in the main climatic indicators on the territory

of the Republic of Kalmykia over a long-term period]. *Proceedings of the Nizhnevolskiy Agrouniversity complex: Science and higher professional education*, no. 70, pp. 177-184.

9. Matveev A.V., Shabanov R.M., Dedova E.B. & Isaeva S.D. (2024). *Sozдание ekspertnoi sistemi na baze geoinformatsionnikh i veb-tehnologii dlya sovershenstvovaniya organizatsii upravleniya meliorativno-vodokhozyaistvennim kompleksom Respubliki Kalmykiya* [Creation of an expert system based on geoinformation and web technologies to improve the organization of management of the reclamation and water management complex of the Republic of Kalmykia]. *Rural machine operator*, no. 2, pp. 34-36.

10. Ulanova S. *Ekologicheskaya pasportizatsiya iskusstvennykh vodoemov Kumo-Manichskoi vpadiny v predelakh Respubliki Kalmykiya* (2014). Monograph. Elista.

11. Shabanov R.M., Dedova A.A. & Dedov A.A. (2023). *Otsenka produktivnosti pastbishchnikh ugodiy Kalmyki na osnove GIS-tehnologii i distantsionnogo zondirovaniya* [Assessment of productivity of Kalmykia's pasture lands based on GIS technologies and remote sensing]. In the collection: *Agroforestry and protective afforestation — history and prospects of development. Materials of the All-Russian scientific and practical conference*, Volgograd, pp. 296-299.

12. Shabanov R., Dedov, A., Verzhinina V., Khutorova A. & Dedova A.A. (2021). Geocological estimate of grassland use in the desert and semi-desert zone of the Republic of Kalmykia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects, ESHCIP 2021". IOP Publishing Ltd. P. 012077.

13. Shevchenko V., Isaeva S. & Dedova E. (2023). A New Stage in the Development of the Land Reclamation and Water Management Complex of the Russian Federation. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, vol. 93 (4), pp. 355-361. DOI: 10.31857/S0869587323040114

14. Shevchenko V.A., Isaeva S.D. & Dedova E.B. (2022). *Model prinyatiya resheniy v innovatsionnykh proektakh razvitiya selskokhozyaistvennogo vodopolzovaniya* [A decision-making model in innovative projects for the development of agricultural water use]. *International Agricultural Journal*, no. 2(386), pp. 124-128. DOI:10.55186/25876740\_2022\_65\_2\_124

15. Широкова В., Широков Р. & Юрова Ю.Д. (2019). Геоэкологический мониторинг на основе для экологических технологий уникальных водных объектов. *International Multidisciplinary Scientific Geo Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management*, vol. 19, pp. 299-306 DOI: 10.5593/sgem2019/5.1/S20.038.

16. Shumova N. (2021). *Izmenenie struktury zemlepol'zovaniya i orosheniya v sovremennykh klimaticeskikh usloviyakh v Respublike Kalmykiya* [Change in structure of land use and irrigation under modern climatic conditions in the Republic of Kalmykia]. *Ekosistemy: ekologiya i dinamika*, no. 5 (1), pp.113-131. DOI: 10.24411/2542-2006-2021-10080

