

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

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

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Россия, Барнаул

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

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

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

### **Введение**

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

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

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

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

### Материалы и методы

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

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

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

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

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

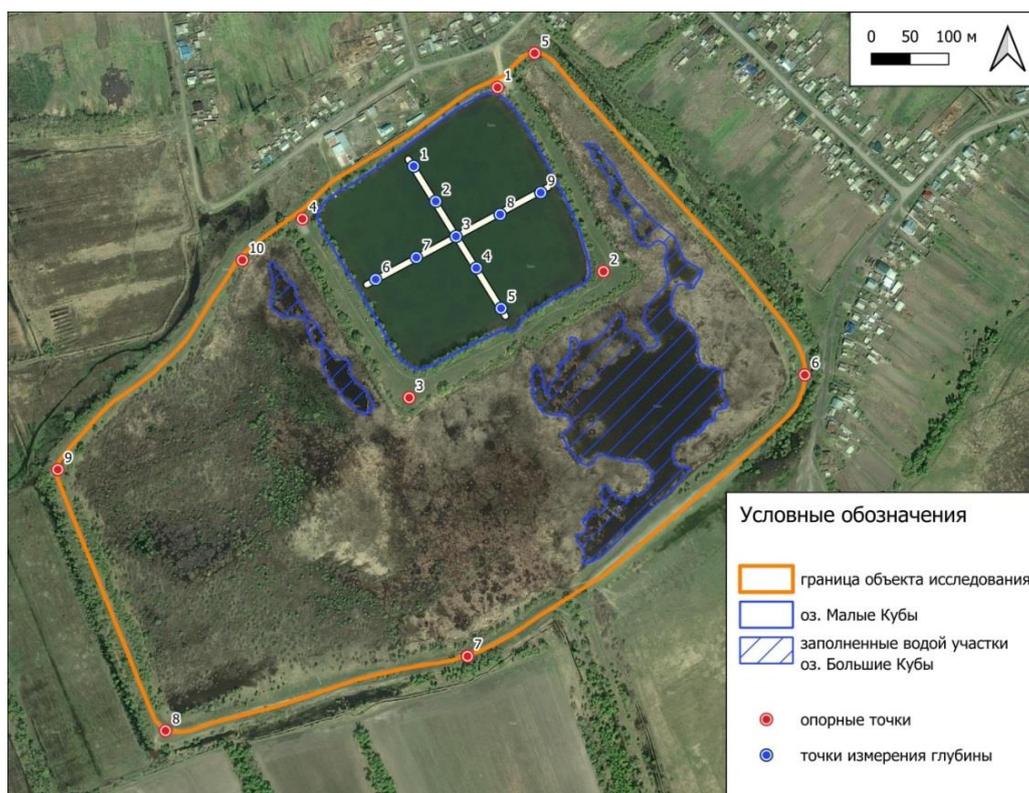


Рисунок 1 – Современное состояние озера Кубы и ключевые точки исследования (основа – Google maps)

Таблица 1 – Морфометрические характеристики озера Кубы

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

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

### Результаты и обсуждение

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

Таблица 2 – Средние многолетние значения метеопараметров и их изменение

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

Примечание: «-» – расчеты не производятся.

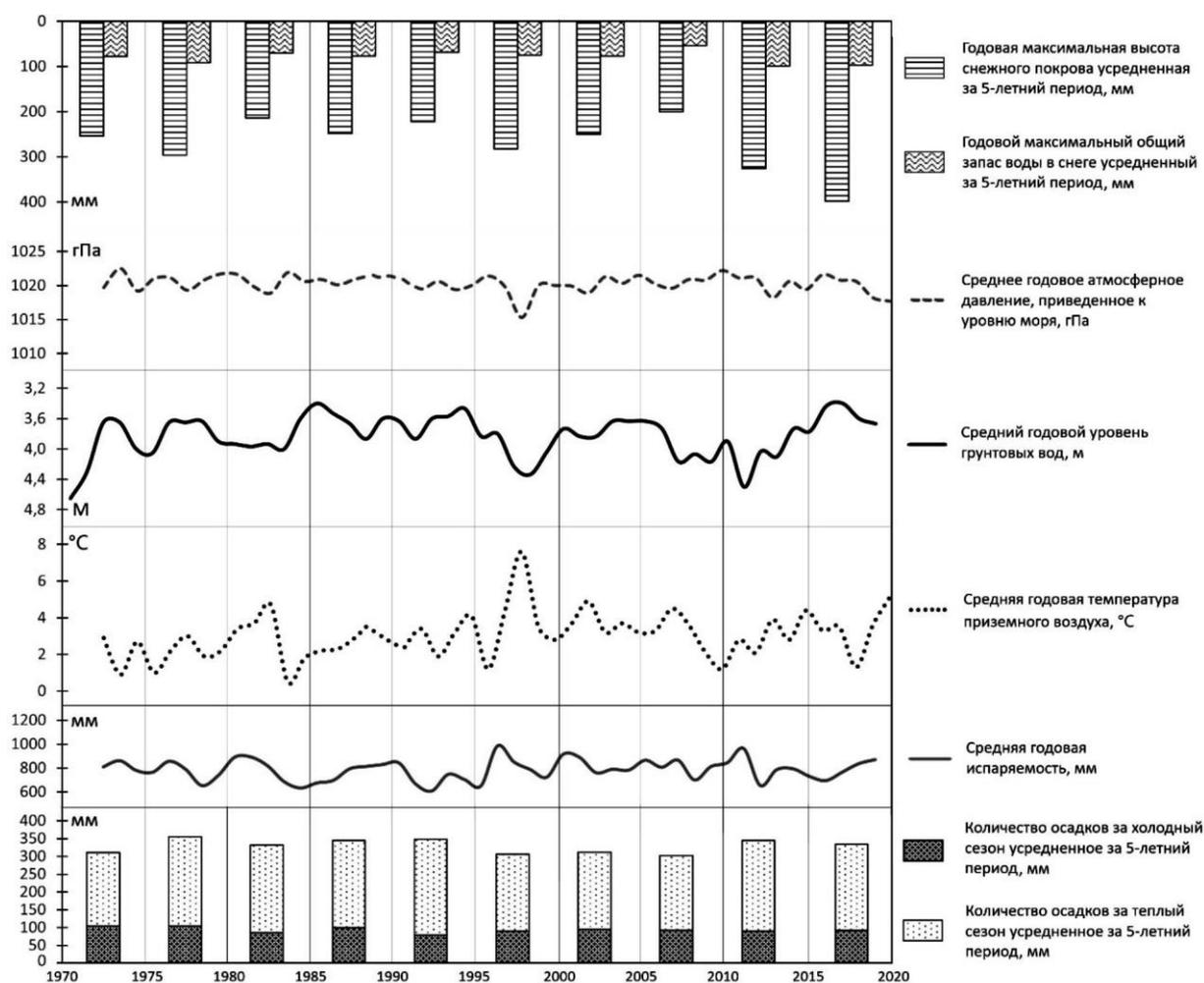


Рисунок 2 – Многолетняя изменчивость метеорологических параметров (метеостанция Родино) и уровня грунтовых вод

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

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

Таблица 3 – Элементы водного баланса водосбора озера Кубы, тыс. м<sup>3</sup> (год)

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

Примечание: «-» – данные отсутствуют.

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

**Негативные последствия предыдущих реабилитационных мероприятий.** До 1900-х годов озеро располагалось в естественном понижении рельефа, в котором происходило временное скопление талых и атмосферных вод. Во время катастрофической засухи 1900-1901 гг. озеро практически пересохло. В 1901 году был составлен проект о сооружении на месте усыхающего озера своеобразного «водохранилища (резервуара)» объемом в 6900 куб. сажень (~ 67020 м<sup>3</sup>). Проектом предусматривалась выемка грунта, обвалование «резервуара» насыпкой, выравнивание и задерновывание валов, огораживание и озеленение «водохранилища». В 1903 г. сооружение «водохранилища» было завершено. Береговая линия водоема фактически приобрела геометрическую форму, и появилось название «Кубы».

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

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

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

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

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

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

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

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

*1-й вариант* характеризуется проведением дноуглубительных работ до отметки 153,0 м Балтийской системы высот (БС). При этом средняя глубина расчистки составит 0,6 м, а общий объем вынимаемого грунта – 45 тыс. м<sup>3</sup> (рис. 4а, б).

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

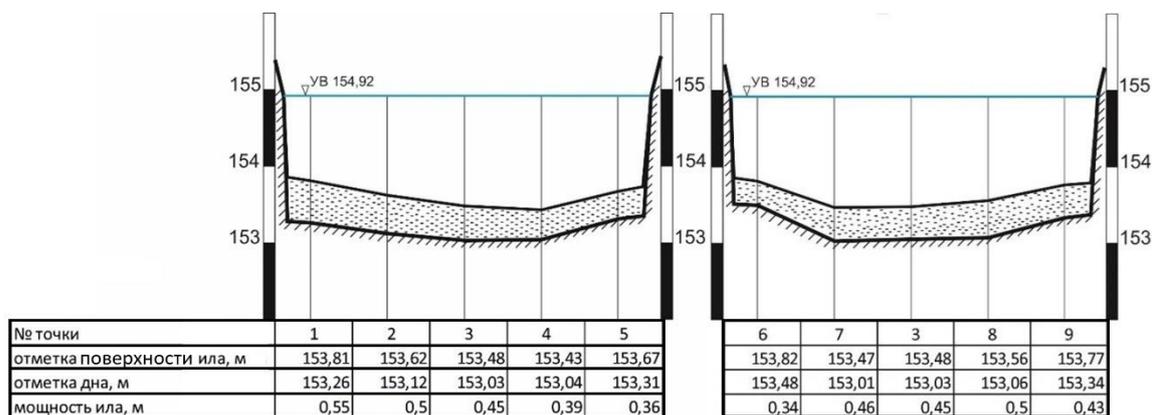


Рисунок 3 – Профиль донных отложений на озере Малые Кубы (номера точек профиля представлены на рис. 2)

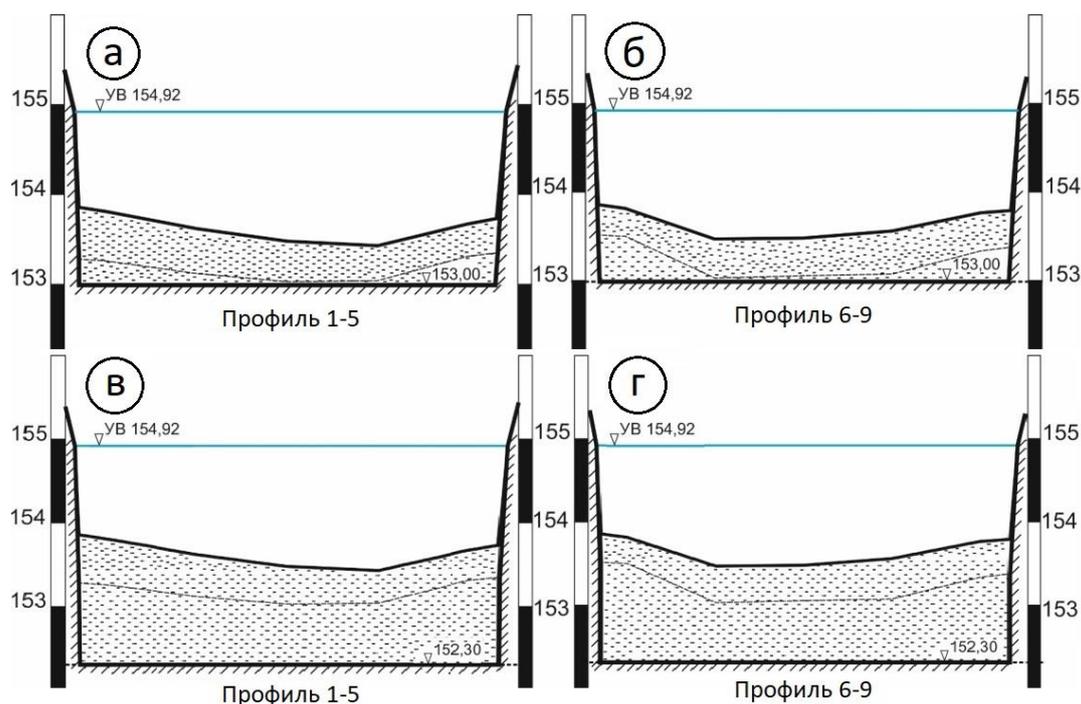


Рисунок 4 – Схема профилей при проведении дноуглубительных работ по 1-му варианту (а, б) и по 2-му варианту (в, г)

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

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

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

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

### Выводы

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

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

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

### Благодарности

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

### Список литературы

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

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

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

Поступила в редакцию 03.10.2024  
Принята к публикации 04.03.2025

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

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

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

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

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

### References

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

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

#### Сведения об авторах:

Головин Антон Владимирович

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

ORCID 0000-0003-0946-9393

Golovin Anton

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

Орлова Елена Сергеевна

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

ORCID 0009-0004-0650-4055

Orlova Elena

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

Губарев Михаил Сергеевич

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

ORCID 0000-0003-0693-6371

Gubarev Mikhail

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

Резников Виктор Фёдорович

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

ORCID 0009-0003-3681-6802

Reznikov Victor

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

Рыбкина Ирина Дмитриевна

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

ORCID 0000-0002-0081-9652

Rybkina Irina

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

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