

РАЗДЕЛ II

ЭКОЛОГИЯ. БИОРАЗНООБРАЗИЕ

[ECOLOGY. BIODIVERSITY]

УДК: 556.314

DOI: 10.24411/2658-4441-2022-1-37-47

О.И. КАЛЬНАЯ, О.Д. АЮНОВА

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ В РАЙОНЕ ОЗЕРА ДУС-ХОЛЬ (СВАТИКОВО), ЦЕНТРАЛЬНАЯ ТУВА

Гидрохимический состав озера Дус-Холь и родников, впадающих в него, изучался достаточно длительное время Е.В. Пиннекером, Л.Н. Высотиной, К.М. Рычковой, О.И. Кальной и др. исследователями. В настоящей статье приводятся данные ретроспективного анализа химического и экологического состояния вод озера, а также подземных вод в районе водоёма, включая последние работы 2021 г., которые проводились в рамках проекта, выполнявшегося по заказу Министерства природных ресурсов Республики Тыва сотрудниками Тувинского научного центра с привлечением специалистов ТувИКОПР СО РАН. В ходе последних исследований выявлено загрязнение вод озера нефтепродуктами и анионными поверхностно-активными веществами. Их содержание не превышает предельно-допустимых концентраций для данного водоёма культурно-бытового водопользования. Вместе с тем, присутствие в воде загрязняющих компонентов хоть и в незначительных количествах, свидетельствует о начале техногенного загрязнения озера. В ходе выполнения работ в 2021 г. были разработаны рекомендации по сохранению озера Дус-Холь как памятника природы.

Ключевые слова: озеро Дус-Холь, источники, подземные воды, гидрохимический состав, экологическое состояние, загрязняющие компоненты, антропогенная нагрузка.

Рис. 2. Табл. 3. Библ. 11 назв. С. 37–47.

Работа выполнена при поддержке проекта МПР Республики Тыва «Разработка научно-обоснованных методических рекомендаций по определению предельно допустимых и оптимальных рекреационных нагрузок на особо охраняемую природную территорию — памятник природы «Озеро Дус-Холь» в Тандинском кожууне и его охранную зону», а также в рамках государственного задания ТувИКОПР СО РАН: Проект АААА-А17-117072710021-1

**RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE
ECOLOGICAL-HYDROCHEMICAL STATE OF SURFACE AND
GROUNDWATERS IN THE AREA OF LAKE DUS-KHOL
(SVATIKOVO), CENTRAL TUVA**

The hydrochemical composition of the Dus-Khol Lake and the springs flowing into it has been studied for quite a long time by E.V. Pinneker, L.N. Vysotina, K.M. Rychkova, O.I. Kalnaya et al. The present article presents data from a retrospective analysis of the chemical and ecological state of the lake waters, as well as groundwaters in the reservoir area including the latest work in 2021 within the project of the Ministry of Natural Resources of the Republic of Tuva by employees of the Tuva Scientific Center with the involvement of specialists of TuVIENR SB RAS. Recent studies have revealed contamination of lake waters with petroleum products and anionic surfactants. Their contents do not exceed the maximum permissible concentrations for this reservoir of cultural and general water use. At the same time, the presence of polluting components in the water, albeit in small quantities, indicates the beginning of man-made pollution of the lake. Recommendations were developed for the preservation of the Dus-Khol Lake as a natural monument within 2021 work's results.

Keywords: the Dus-Khol Lake, springs, groundwater, hydrochemical composition, ecological condition, polluting components, anthropogenic impact.

Figures 2. Tables 3. References 11. P. 37–47.

ВВЕДЕНИЕ. Озеро Дус-Холь (Сватиково) (далее — оз. Дус-Холь) расположено в пределах Улуг-Хемской котловины, занимающей центральное положение на территории Республики Тыва (рис. 1), в шаговой доступности от столицы нашей республики и является одним из основных мест летнего отдыха и лечения как жителей нашего края, так и многочисленных гостей из соседних регионов и областей. Асфальтированная автомобильная дорога до самого озера упростила посещение этого водоёма, в том числе и на личном автотранспорте.

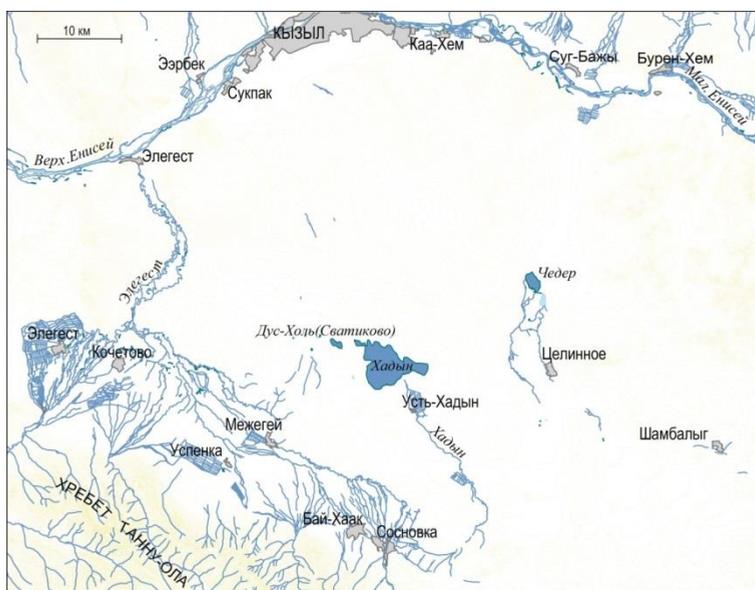


Рисунок 1. Обзорная карта расположения озера Дус-Холь

В настоящее время озеро и прилегающая береговая зона испытывают значительную антропогенную нагрузку. С целью выявления степени данной нагрузки и нару-

шения природной среды в районе озера, Тувинским научным центром с привлечением сотрудников ТувИКОПР СО РАН по заданию Министерства природных ресурсов Республики Тыва (МНР) были выполнены работы в рамках проекта «Разработка научно-обоснованных методических рекомендаций по определению предельно допустимых и оптимальных рекреационных нагрузок на особо охраняемую природную территорию — памятник природы «Озеро Дус-Холь» в Тандинском кожууне и его охранную зону».

МЕТОДИКА РАБОТ. При работе над статьёй были использованы данные о состоянии поверхностных и подземных вод, изложенные как в изданной, так и в фондовой литературе, и применён сравнительный анализ полученной информации. Кроме этого, в 2021 г. проводились полевые исследования оз. Дус-Холь, источников, питающих озеро, и скважин, пробуренных в районе водоёма, в т. ч. отбор водных проб и их лабораторный анализ.

Пробы воды отбирались в соответствии с требованиями ГОСТ 31861-2012 (2019). Вода исследовалась в аналитической лаборатории ООО «Тувинская ГРЭ», аттестат аккредитации № ААС.А.00164, действителен до 25.07.2022 г. В пробах воды определялись органолептические показатели (вкус, цвет, запах, мутность), основные катионы и анионы, в т. ч. азотсодержащие компоненты (аммоний-ион, нитраты, нитриты), углекислота свободная, жёсткость общая, карбонатная и некарбонатная, двуокись кремния, водородный показатель pH, минерализация, тяжёлые металлы (цинк, медь, свинец, кадмий, никель, марганец, кобальт, хром, стронций), загрязняющие компоненты (нефтепродукты, анионные поверхностно-активные вещества — АПАВ), сероводород.

Результаты химических исследований подземных вод (в т. ч. вод родников) анализировались в соответствии с СанПиН 2.1.4.1175-02 (2003).

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ. Физико-географические условия района озера Дус-Холь (Сватиково) подробно изложены в работах (Пиннекер, 1996; Высотина, 2008; Кальная и др., 2015; Кирова, Кальная, 2015; Рычкова и др., 2017; Кирова и др., 2018; Кальная, Аюнова, 2022).

Обратимся непосредственно к гидрохимическому состоянию водных объектов.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ. Озеро Дус-Холь располагается в пределах водосборного бассейна реки Верхний Енисей и «подвешено» над этим бассейном на высоте около 100–110 м. Водосборная площадь озера не имеет непосредственного выхода в долину Верхнего Енисея. Абсолютная отметка уреза воды в водоёме в 2008 г. составляла 700,88 м (Высотина, 2008). Форма озера овальная, длина — 1,6 км, ширина — 0,3–0,7 км, площадь акватории — 0,55 км². Наибольшая глубина отмечается в северо-западной части — 3–4 м, а минимальная — в юго-восточной его половине (не более 2 м) (Пиннекер, 1986).

Гидрохимический состав озера, как уже было сказано ранее, изучался достаточно длительное время. Последние исследования были проведены в 2021 г. Точки отбора водных проб отображены на *рисунке 2*.

Как показал анализ полученных в 2021 г. результатов химического исследования вод озера, минерализация рапы в озере неравномерна по его акватории и колеблется от 103,26 (в восточной части) до 139,51 мг/л (в западной части). Изменение минерализации может быть связано с опреснением озера в результате разгрузки грунтовых вод, которая происходит в северо-восточной части водоёма. Здесь вдоль береговой линии наблюдаются заболоченные участки с близким залеганием уровня грунтовых вод, которые разгружаются в озеро.



Рисунок 2. Схема расположения точек отбора в 2021 г. водных проб (поверхностных и подземных вод) в районе озера Дус-Холь

Также воды в пределах акватории несколько разнятся по химическому составу. Анионный состав по всей акватории озера хлоридный, а катионный состав меняется. В западной и центральной частях воды по катионному составу магниевно-натриевые, в восточной части озера — магниевые, в юго-западной части — натриевые. Объединённая формула солевого состава воды оз. Дус-Холь на период обследования (июнь 2021 г.) имеет вид:

$$M_{103,23-139,5} \frac{Cl(97-98)SO_4 2HCO_3(0-1)}{(Na+K)(1-96)Mg(3-98)Ca(0-1)}$$

Данные современных исследований химического состояния водоёма, а также результаты предыдущих работ приведены в *таблице 1*.

Таблица 1. Сравнительная характеристика гидрохимического состава воды оз. Дус-Холь

Автор исследования	Дата исследования	pH	Минерализация, г/л	Формула солевого состава	Химический состав воды
Пиннекер Е.В.	1966	7,9	127,5	$M_{127,5} \frac{Cl186SO_4 13}{Na 62Mg37}$	Хлоридная магниевно-натриевая
Высотина Л.Н.	20.10.2007	–	192,8	$M_{192,8} \frac{Cl95SO_4 5}{(Na+K)57Mg42Ca1}$	Хлоридная магниевно-натриевая
Кальная О.И.	2018	7,98	159,79	$M_{159,79} \frac{Cl93SO_4 6HCO_3 1}{(Na+K)62Mg37Ca1}$	Хлоридная магниевно-натриевая
Тувинский научный центр	июнь 2021	7,78	139,51	$M_{139,51} \frac{Cl97SO_4 2HCO_3 1}{(Na+K)59Mg41}$	Хлоридная магниевно-натриевая

Как видно из таблицы, вода озера Дус-Холь представляет собой рассол (рапу) с минерализацией в пределах 127,5–192,8 г/л. Химический состав в озере остаётся практически постоянным: вода имеет хлоридный магниевно-натриевый состав с незначительными изменениями содержания компонентов.

По данным предыдущих исследований (Высотина, 2008) минерализация рапы непостоянна по площади и заметно увеличивается с глубиной, достигая максимума у дна. Предел колебаний минерализации — от 100 до 280 г/л. Из микрокомпонентов отмечаются калий (0,410 г/л), бор (HBO_2 — 0,011 г/л), литий (до 0,0003 г/л), стронций (0,010 г/л), цезий (0,005 г/л), йод (0,002 г/л), фтор (0,002 г/л). В 2018 г. исследованиями О.И. Кальной выявлены следующие содержания микрокомпонентов: мышьяк — 0,053 мг/л; йод — 0,045 мг/л; бром — 397,70 мг/л.

В 2021 г. содержания нефтепродуктов в водах озера колеблются от «не обнаружено» в западной, юго-западной частях водоёма до 0,008 мг/л в восточной части и 0,011 мг/л в центральной части озера. В соответствии с «Перечнем предельно-допустимых концентраций показателей загрязнения в воде водоёмов рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» (Правила охраны..., 1991) содержание нефтепродуктов для водоёмов культурно-бытового водопользования, к которым относится озеро Дус-Холь, не должно превышать 0,30 мг/л.

Анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ) определяются от «не обнаружено» (юго-западная часть озера) до 0,099–0,102 м/л на остальной акватории озера. В соответствии с требованиями (Гидрохимические показатели..., 2007) содержания АПАВ для водоёмов культурно-бытового водопользования не должны превышать 0,5 мг/л.

Таким образом, обнаруженные содержания нефтепродуктов и АПАВ не превышают предельно-допустимых концентраций (ПДК) для данного водоёма культурно-бытового водопользования. Вместе с тем, присутствие в воде загрязняющих компонентов, хоть и в незначительных количествах, свидетельствует о начале техногенного загрязнения озера.

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ. В гидрогеологическом отношении Улуг-Хемская котловина (в составе Центрально-Тувинской котловины) представляет собой адартезианский бассейн второго порядка. Район оз. Дус-Холь располагается на южной окраине Улуг-Хемской котловины, выполненной преимущественно осадочными отложениями. Скальное основание котловины на рассматриваемом участке сложено юрскими угленосными толщами аргиллитов, алевролитов, песчаников, гравелитов и конгломератов, а также ниже-, средне- и верхнедевонскими терригенными, карбонатно-терригенными и вулканогенными породами. Сверху породы фундамента перекрыты рыхлыми неогеновыми пестроцветными песчанистыми глинами с линзами и маломощными прослоями песка и щебнисто-дресвяного материала. Отложения на дневную поверхность практически не выходят. На них плащеобразно залегают разновозрастные делювиально-пролювиальные и озёрные образования.

По данным из отчёта Гидрогеологической партии ТГРЭ (Высотина, 2008), в районе развиты следующие водоносные, слабоводоносные и водоупорные горизонты и комплексы:

1. *Слабоводоносный верхне-неоплейстоценовый озёрный комплекс (IQ_{III})* развит в центре озёрной котловины, приурочен к донным отложениям оз. Дус-Холь.
2. *Слабоводоносный средне-верхнеоплейстоценовый делювиально-пролювиальный горизонт (dpQ_{II-III})* распространён в понижениях рельефа, сложен делювиально-пролювиальными супесями, песками, глинами, суглинками с прослоями крупнозернистых песков, гравия.
3. *Безводный средне-верхнеоплейстоценовый делювиально-пролювиальный горизонт (dpQ_{II-III})* является продолжением предыдущего водоносного подразделения и имеет аналогичный вещественный состав.
4. *Водоупорный локально слабоводоносный ниже-неоплейстоценовый делювиально-пролювиальный горизонт (dpQ_I)* распространён под средне-верхнеоплейстоценовым делювиально-пролювиальным горизонтом и под озёрными образованиями, сложен глинами и суглинками с прослоями глинистых песков, песков, щебнисто-дресвяного материала.

5. *Водоупорный локально водоносный верхнеогеновый терригенный комплекс (N₂)* повсеместно слагает озёрные котловины под более молодыми рыхлыми отложениями. Заполняет карманы и впадины в рельефе пород фундамента на отдельных участках совместно с нижнеогеновым водоупорным комплексом. Мощность более 180 м. Водоупорные красноцветные глины в разрезе доминируют и составляют 60–80%. Водосодержащие породы в виде прослоев и линз песка. Воды чаще всего напорные.
6. *Водоупорный нижнеогеновый терригенный комплекс (N₁)*. В гидрогеологическом разрезе отложения комплекса залегают под верхнеогеновым комплексом. Породы представлены в основном пластичными глинами и суглинками с редкими линзами и прослоями грубообломочного материала (дресва, щебень, песок, гравий).
7. *Водоносный юрский угленосно-терригенный комплекс (J)* залегают под вышеперечисленными водоносными и локально водоупорными горизонтами и комплексами. Слагает верхний структурный этаж коренного фундамента. Юрские воды разгружаются родниками в озеро, питая последнее, и участвуют в формировании их химического состава.

Таблица 2. Характеристика гидрохимического состава подземных вод слабоводоносного средне-верхнеогенового делювиально-пролювиального горизонта (dpQ_{II-III}) и водоупорного локально водоносного верхнеогенового терригенного комплекса (N₂) в районе оз. Дус-Холь

№ пробы	Место отбора пробы	pH	Минерализация, г/л	Жёсткость, мг-экв/л	Формула солевого состава	Химический состав воды
5	Пансионат «Башкы»	7,19	11,97	83,0	$M_{11,97} \frac{Cl78SO_4 18HCO_3 4}{(Na + K)60Mg32Ca8}$	Хлоридный магниевонариевый
6	Пансионат «Центр здоровья»	7,46	2,01	17,0	$M_{2,01} \frac{Cl46HCO_3 29SO_4 25}{(Na + K)45Mg32Ca23}$	Сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридный кальциевомгниевонариевый
7	Пансионат «Майналыг»	7,43	2,78	20,0	$M_{2,78} \frac{Cl55SO_4 27HCO_3 18}{(Na + K)55Mg27Ca18}$	Сульфатно-хлоридный магниевонариевый
8	Пансионат «Дээрги»	7,17	2,95	21,0	$M_{2,95} \frac{Cl56SO_4 27HCO_3 17}{(Na + K)55Mg26Ca19}$	Сульфатно-хлоридный магниевонариевый
9	Пансионат «ФНС»	7,21	8,07	56,0	$M_{8,07} \frac{Cl87SO_4 7HCO_3 6}{(Na + K)60Mg32Ca8}$	Хлоридный магниевонариевый
10	Пансионат «Силбир»	7,29	2,19	14,0	$M_{2,19} \frac{Cl49HCO_3 36SO_4 14NO_3 1}{(Na + K)57Mg30Ca12NH_4 1}$	Гидрокарбонатно-хлоридный магниевонариевый
11	Пансионат «Родник»	7,34	2,70	20,0	$M_{2,70} \frac{Cl48HCO_3 29SO_4 23}{(Na + K)52Mg29Ca19}$	Сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридный магниевонариевый

В настоящее время на территории нескольких пансионатов пробурен ряд скважин, опробованных в 2021 г. К сожалению, отсутствуют данные о геологических разрезах скважин (паспорта скважин, пробуренных на участках пансионатов). Территориально скважины расположены в поле развития *слабоводоносного средне-верхнеогенового делювиально-пролювиального горизонта (dpQ_{II-III})*, под которым

вероятно залегание водоупорного локально водоносного верхнеогенового терригенного комплекса (N₂).

Краткая характеристика химического состава вскрытых подземных вод, приуроченных к вышеуказанным гидрогеологическим подразделениям, приведена в таблице 2.

Анализируя приведённые данные, можно сделать вывод, что подземные воды данных гидрогеологических подразделений характеризуются повышенной минерализацией — от 2,01 до 11,97 г/л (воды от солоноватых до солёных), очень высокой жёсткостью (от 14,0 до 83,0 мг-экв/л). В некоторых скважинах отмечается повышенное содержание таких тяжёлых металлов как марганец, медь, цинк, а также присутствие сероводорода, что недопустимо для питьевых вод (СанПиН 2.1.4.1175-02, 2003).

Вскрытые скважинами подземные воды данных гидрогеологических подразделений по химическим показателям непригодны для питьевых целей и могут быть использованы только для технических нужд.

Характеристика подземных вод водоносного юрского угленосно-терригенного комплекса (J) приводится по данным опробования родников, расположенных в береговой зоне оз. Дус-Холь на южном и юго-восточном берегах, а также проб воды из скважины 2501, пробуренной для водоснабжения базы отдыха «Сватиково» (см. рис. 2).

В таблице 3 приведена сравнительная характеристика химического состава вод родников в районе оз. Дус-Холь.

Таблица 3. Сравнительная характеристика гидрохимического состава вод родников в районе оз. Дус-Холь

Автор исследования	Дата исследования	pH	Минерализация, г/л	Формула солевого состава	Химический состав воды
Пиннекер Е.В. (родник юго-восточный)	1966	6,8	2,12	$M_{2,12} \frac{Cl_{136}SO_4_{35}HCO_3_{29}}{Na_{60}Mg_{28}Ca_{12}}$	Гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный магниевно-натриевый
Высотина Л.Н. (родник южный № 1)	2008	7,76	2,29	$M_{2,29} \frac{Cl_{150}SO_4_{26}HCO_3_{24}}{(Na + K)_{51}Mg_{31}Ca_{18}}$	Гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный магниевно-натриевый
Высотина Л.Н. (родник южный № 2)	2008	7,72	2,72	$M_{2,72} \frac{Cl_{143}SO_4_{34}HCO_3_{23}}{(Na + K)_{57}Mg_{33}Ca_{10}}$	Гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный магниевно-натриевый
Кальная О.И. родник южный	июнь 2018	7,50	1,25	$M_{1,25} \frac{HCO_3_{40}Cl_{35}SO_4_{19}CO_3_{6}}{(Na + K)_{60}Mg_{23}Ca_{17}}$	Хлоридно-гидрокарбонатный магниевно-натриевый
Кальная О.И. родник юго-восточный	июнь 2018	7,70	2,66	$M_{2,66} \frac{Cl_{145}SO_4_{31}HCO_3_{22}CO_3_{2}}{(Na + K)_{58}Mg_{27}Ca_{15}}$	Гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный магниевно-натриевый
Тувинский научный центр родник южный	июнь 2021	7,54	2,84	$M_{2,84} \frac{SO_4_{48}Cl_{27}HCO_3_{25}}{(Na + K)_{50}Mg_{34}Ca_{16}}$	Гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный магниевно-натриевый
Тувинский научный центр родник юго-восточный	июнь 2021	7,47	3,13	$M_{3,13} \frac{Cl_{144}SO_4_{31}HCO_3_{25}}{(Na + K)_{58}Mg_{27}Ca_{15}}$	Гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный магниевый

Как показал ретроспективный анализ приведённого материала, минерализация вод родников колеблется в незначительных пределах (в южном роднике от 1,25 г/л

до 2,84 г/л, в юго-восточном роднике от 2,12 г/л до 3,13 г/л) и может считаться практически постоянной. Незначительные колебания минерализации вод источников могут зависеть от водности года (количества атмосферных осадков, выпавших в период исследования родников). Химический состав воды также практически постоянен, преобладающий состав — гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный магниевно-натриевый. В отчёте ТГРЭ (Высотина, 2008) указывается, что в водах источников отмечается содержание фтора 1,1 мг/л, брома — 9 мг/л, ортоборной кислоты — 9,7 мг/л, свободной углекислоты — до 70,4 мг/л.

На основании величины минерализации, химического состава и содержания сопутствующих микроэлементов и химических соединений, воды родников отнесены к лечебным минеральным с содержанием специфических компонентов.

Вода из скважины № 2501 солоноватая с минерализацией 1,94–1,98 г/л, очень жёсткая (общая жёсткость составляет 15,0–16,0 мг-экв/л), по химическому составу гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридная магниевно-натриевая. В воде отмечается повышенное содержание ионов натрия и хлора, превышающее ПДК для питьевых вод. Данные воды не пригодны для питьевых целей и могут быть использованы только для технических нужд.

Выводы. Анализируя полученные материалы в 2021 г. по изучению гидрохимического и экологического состояния поверхностных вод оз. Дус-Холь, родников, питающих озеро, результаты исследования подземных вод, отобранных из скважин, пробуренных в районе пансионатов на озере, а также материалы, привлечённые в ходе предыдущих исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Озеро Дус-Холь является реликтовым, солёным с высокоминерализованной водой (рапой), относится к лечебным. Предел колебаний минерализации составляет 100–280 г/л. Из микрокомпонентов в воде отмечаются калий (0,410 г/л), бор (HBO_2 — 0,011 г/л), литий (до 0,0003 г/л), стронций (0,010 г/л), цезий (0,005 г/л), йод (0,002 г/л), фтор (0,002 г/л).

В 2021 г. в водах озера обнаружены загрязняющие компоненты — нефтепродукты и АПАВ. Их содержания не превышают ПДК для данного водоёма культурно-бытового водопользования. Вместе с тем, присутствие в воде загрязняющих компонентов свидетельствует о начале техногенного загрязнения озера.

2. Подземные воды *слабоводоносного средне-верхнеоплейстоценового делювиально-пролювиального горизонта (dpQ_{II-III}) и водоупорного локально водоносного верхнеогенового терригенного комплекса (N_2)* характеризуются повышенной минерализацией, очень высокой жёсткостью и по химическим показателям не пригодны для питьевых целей. Они могут быть использованы только для технических нужд.
3. Подземные воды *юрского угленосно-терригенного водоносного комплекса (J)* характеризуются по данным гидрохимического анализа вод родников, дренирующих данный водоносный горизонт, а также по данным гидрохимического анализа вод скважины № 2501, пробуренной для хозяйственно-питьевого водоснабжения баз отдыха.

Воды родников, питающих оз. Дус-Холь, являются лечебными минеральными с содержанием специфических компонентов. Их минерализация находится в пределах 1,25–3,13 г/л, по химическому составу воды хлоридно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные магниевно-натриевые.

Вода из скважины № 2501 солоноватая, с высокой жёсткостью и по химическим показателям не пригодна для питьевых целей. Может быть использована только для технических нужд.

На основании полученных результатов исследования экологического состояния водоёма научными сотрудниками ТувИКОПР СО РАН разработан ряд рекомендаций по рекреационному использованию поверхностных и подземных вод в районе озера Дус-Холь:

1. Необходимо обеспечить надёжную защиту водоохранной зоны побережья озера по всему периметру, не ограничиваясь одними информационными щитами. В соответствии с Водным кодексом РФ ширина водоохранной зоны для озера составляет 50 м.
2. Построить за пределами водоохранной зоны и водосборной площади озера стоянки для автотранспорта отдыхающих. Платные стоянки должны быть асфальтированы, обнесены соответствующим ограждением. Должна быть организована охрана стоянки. Бесплатные стоянки представляют собой спланированные (выровненные) участки территории.
3. Организовать строгий контроль за соблюдением правил поведения в водоохранной зоне (рейды полиции и добровольных народных дружин).
4. В случае нарушения требований поведения в водоохранной зоне (в частности, нахождения машин или других средств передвижения, находящихся в водоохранной зоне или непосредственной близости к ней) применять санкции, а именно: наложение штрафа, транспортировка машины на штрафплощадку, широкое оповещение в социальных сетях о недостойном поведении владельца автомашины.
5. Ограничить бесконтрольный вывоз лечебной воды озера и лечебной грязи отдыхающими.
6. Для сохранения популяции красных рачков *Artemia Salina* запретить использовать на озере надувные матрасы и другого инвентаря для плавания.
7. Организовать регулярный вывоз мусора из контейнеров, расположенных в пределах береговой зоны озера.
8. Проводить регулярные рейды санитарного состояния озера.
9. В целях восстановления рекреационной функции озера в ближайшие три года ограничить поток отдыхающих «диким способом».
10. Владельцам пансионатов, имеющих на своих территориях скважины, пробуренные для водоснабжения пансионатов, строго следить за исполнением мер по предотвращению загрязнения и истощения эксплуатируемых водоносных горизонтов. Не допускать загрязнения подземных вод компонентами техногенного характера (нефтепродуктами, АПАВ).

Озеро Дус-Холь является уникальным водоёмом, воды которого по минерализации и лечебным свойствам не уступают водам всемирно известного Мёртвого моря. Наша задача — сохранить это прекрасное озеро для будущих поколений.

Работа выполнена при поддержке проекта МПР Республики Тыва «Разработка научно-обоснованных методических рекомендаций по определению предельно допустимых и оптимальных рекреационных нагрузок на особо охраняемую природную территорию — памятник природы «Озеро Дус-Холь» в Тандинском кожууне и его охранную зону», а также в рамках государственного задания ТуВИКОПР СО РАН: Проект № АААА-А17-117072710021-1.

ЛИТЕРАТУРА

- Высотина Л.Н. Оценка запасов лечебных грязей в районе озёр Хадын и Дус-Холь Республики Тыва: Отч. Гидрогеологической партии по работам за 2007–2008 гг. с подсч. запасов лечебных грязей Хадынского и Дус-Хольского месторождений по состоянию на 01.01.2009 г. – Кызыл, 2008. – 157 с.
- Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: Справочные материалы / Под ред. Т.В. Гусевой. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 192 с.
- ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2019. – 48 с.
- Кальная О.И., Аюнова О.Д. Озеро Дус-Холь (Центральная Тува) — гидрохимия, экология, рекреация // Проблемы современного природопользования Восточно-Казахстанской области и сохранение природного наследия: Зап. Усть-Каменогорского фил. Казахского Географического Общества. Вып. 16: Материалы Междунар. науч.-практ. конф.

(24–25.03.2022, Усть-Каменогорск) / Отв. ред. докт. геогр. наук, проф. А.В. Егорина. – Усть-Каменогорск: ТОО «ВКПК АРГО», 2022. – С. 14–24.

Кальная О.И., Аюнова О.Д., Забелин В.И., Арчимаяева Т.П., Рычкова К.М. Бальнеологические свойства и экологические проблемы озёр Дус-Холь и Хадын // Курортная база и природные лечебно-оздоровительные местности Тувы и сопредельных регионов: опыт и перспективы использования в целях профилактики заболеваний, лечения и реабилитации больных: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (01–04.07.2015, база отдыха «Силбир», оз. Дус-Холь, Респ. Тыва). – Абакан, 2015. – С. 56–60.

Кирова Н.А., Кальная О.И. Рачок рода *Artemia SP* солёных озёр Чедер и Дус-Холь (Сватиково) // Курортная база и природные лечебно-оздоровительные местности Тувы и сопредельных регионов: опыт и перспективы использования в целях профилактики заболеваний, лечения и реабилитации больных: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (01–04.07.2015, база отдыха «Силбир», оз. Дус-Холь, Респ. Тыва). – Абакан, 2015. – С. 147–148.

Кирова Н.А., Кальная О.И., Аюнова О.Д. К вопросу о гидрохимии и биологии озера Дус-Холь (Тува) // Известия АО РГО. – 2018. – № 4. – С. 82–88.

Пиннекер Е.В. Минеральные воды Тувы. – Кызыл: Тув. кн. изд-во, 1968. – 106 с.

Правила охраны поверхностных вод (Типовые положения). – М., 1991. – 15 с.

Рычкова К.М., Кальная О.И., Аюнова О.Д. Исследования газогеохимических индикаторов сейсмической активности (Центральная Тува, оз. Дус-Холь) // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 12. – С. 241–245. – Режим доступа: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36636>, свободный.

СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников: Пост. Главного государственного санитарного врача РФ от 25 ноября 2002 г. № 40. – Дата введения: 1 марта 2003 г.

REFERENCES

Vysotina L.N. *Otsenka zapasov lechebnykh gryazey v rayone ozor Khadyn i Dus-Khol' Respubliki Tyva* [Estimation of reserves of therapeutic mud in the area of lakes Khadyn and Dus-Khol of the Republic of Tyva]: Report of the Hydrogeological Party during 2007–2008 years works with calculation reserves of therapeutic mud of the Khadynskoye and Dus-Kholskoye deposits as of 01.01.2009. Kyzyl, 2008. 157 p. (In Russ.)

Gidrokhimicheskiye pokazateli sostoyaniya okruzhayushchey sredy [Hydrochemical indicators of the state of the environment: Reference materials] / ed. by T.V. Guseva. – Moscow, FORUM: INFRA-M Publ., 2007, 192 p. (In Russ.)

GOST 31861-2012. *Voda. Obshchiye trebovaniya k otboru prob* [Water. General requirements for sampling]. Moscow, STANDARTINFORM Publ., 2019, 48 p. (In Russ.)

Kal'naya O.I., Ayunova O.D. Ozero Dus-Khol' (Tsentrallyaya Tuva) — gidrokimiya, ekologiya, rekreatsiya [Lake Dus-Khol (Central Tuva) — hydrochemistry, ecology, recreation]. *Problemy sovremennogo prirodopol'zovaniya Vostochno-Kazakhstanskoy oblasti i sokhraneniye prirodnogo naslediya: Zapiski Ust'-Kamenogorskogo filiala Kazakhskogo Geograficheskogo Obshchestva* [Problems of modern environmental management of the East Kazakhstan region and conservation of natural heritage: Notes of the Ust-Kamenogorsk branch of the Kazakh Geographical Society]. Is. 16: Proceedings of the International scientific and practical conference (24–25.03.2022, Ust-Kamenogorsk) / ed. by A.V. Egorina. Ust-Kamenogorsk, VKPK ARGO LLP Publ., 2022, pp. 14–24. (In Russ.)

Kal'naya O.I., Ayunova O.D., Zabelin V.I., Archimayeva T.P., Rychkova K.M. Bal'neologicheskiye svoystva i ekologicheskiye problemy ozor Dus-Khol' i Khadyn [Balneological properties and environmental problems of the Dus-Khol and the Khadyn lakes]. *Kurortnaya baza i prirodnyye lechebno-ozdorovitel'nyye mestnosti Tuvy i sopredel'nykh regionov: opyt i perspektivy ispol'zovaniya v tselyakh profilaktiki zabolevaniy, lecheniya i reabilitatsii bol'nykh* [Resort base and natural health-improving areas of Tuva and adjacent regions: experience and prospects for use for disease prevention, treatment and rehabilitation of patients]: Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference (01–07.04.2015, recreation center Silbir, lake Dus-Khol, the Republic of Tyva). Abakan, 2015, pp. 56–60. (In Russ.)

Kirova N.A., Kal'naya O.I. Rachok roda *Artemia SP* solonykh ozor Cheder i Dus-Khol' (Svatikovo) [Crustacea of the genus *Artemia SP* from the salt lakes of the Cheder and the Dus-Khol (Svatiko-

- vo)]. *Kurortnaya baza i prirodnyye lechebno-ozdorovitel'nyye mestnosti Tuvy i sopredel'nykh regionov: opyt i perspektivy ispol'zovaniya v tselyakh profilaktiki zabolevaniy, lecheniya i reabilitatsii bol'nykh* [Resort base and natural health-improving areas of Tuva and adjacent regions: experience and prospects for use for disease prevention, treatment and rehabilitation of patients]: Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference (01–07.04.2015, recreation center Silbir, lake Dus-Khol, the Republic of Tyva). Abakan, 2015, pp. 147–148. (In Russ.)
- Кирова N.A., Kal'naya O.I., Ayunova O.D. K voprosu o gidrokhimii i biologii ozera Dus-Khol' (Tuva) [The issue of hydrochemistry and biology of Lake Dus-Khol' (Tuva)]. *Izvestiya AO RGO* = *Izvestiya AO RGS*. 2018, no. 4, pp. 82–88. (In Russ.)
- Pinneker Ye.V. *Mineral'nyye vody Tuvy* [Mineral waters of Tuva]. Kyzyl, Tuva book publ. house, 1968, 106 p. (In Russ.)
- Pravila okhrany poverkhnostnykh vod (Tipovyye polozheniya)* [Rules for the Protection of Surface Waters (Model Provisions)]. Moscow, 1991, 15 p. (In Russ.)
- Rychkova K.M., Kal'naya O.I., Ayunova O.D. Issledovaniya gazogeokhimicheskikh indikatorov seismicheskoy aktivnosti (Tsentral'naya Tuva, oz. Dus-Khol') [Studies of gas geochemical indicators of seismic activity (Central Tuva, lake Dus-Khol')]. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya* = *Successes of modern natural sciences*. 2017, no. 12, pp. 241–245. Available at: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36636>. (In Russ.)
- SanPiN 2.1.4.1175-02. *Gigiyenicheskiye trebovaniya k kachestvu vody netsentralizovannogo vodoprovoda* [Hygienic requirements for the quality of non-centralized water supply. Sanitary protection of sources]: Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated November 25, 2002, no. 40. Date of introduction: March 1, 2003. (In Russ.)