

Оригинальная статья / Original article

УДК 556.51:556.16

DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-140-152

Гидрологический режим трансграничной реки Ульдза и бессточных Торейских озер в условиях антропогенного воздействия

Марина А. Кашницкая¹, Михаил В. Болгов²

¹Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета», Москва, Россия

²Институт водных проблем РАН, Москва, Россия

Контактное лицо

Марина А. Кашницкая, ученый секретарь,
Научно-исследовательский центр космической
гидрометеорологии «Планета»; 123242 Россия,
г. Москва, Большой Предтеченский переулок,
д. 7.

Тел. +74992520356

Email Marina-Sosnina1993@yandex.ru

ORID <https://orcid.org/0000-0001-7312-3296>

Формат цитирования

Кашницкая М.А., Болгов М.В. Гидрологический режим трансграничной реки Ульдза и бессточных Торейских озер в условиях антропогенного воздействия // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 4. С. 140-152.
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-140-152

Получена 11 августа 2022 г.

Прошла рецензирование 14 сентября 2022 г.

Принята 20 сентября 2022 г.

Резюме

Цель. Оценить изменение гидрологического режима Торейских озер на основе вероятностного прогноза параметров водного баланса данных водоемов, в том числе с учетом антропогенного влияния.

Материалы и методы. В исследовании использованы материалы государственной наблюдательной сети Росгидромета, данные дистанционного зондирования Земли, материалы исследований научных организаций и другие источники информации, находящиеся в открытом доступе. Применялись методы статистического анализа данных, математического моделирования, гидрологических расчетов, включая водобалансовый метод, а также методы обработки и дешифрирования спутниковой информации.

Результаты. При реализации планируемого водохозяйственного проекта, сопровождаемого дополнительным безвозвратным потреблением воды, в Монголии последствия для водного режима Торейских озер могут быть значительными, особенно в маловодную фазу цикла водности, когда понижение уровня в озере Барун-Торей составит в среднем 70 см, в Зун-Торей – 80 см. При этом отагается более быстрое высыхание озер, в среднем на 2–3 года ранее.

Выводы. Экологические системы региона «Даурия» характеризуются процессом циклической сукцессии и преимущественно адаптированы к современному климатическому циклу увлажненности. Для этих экосистем принципиально важны какие-либо изменения внешних факторов, так как они способны привести к необратимости природных процессов в них. На основе результатов, полученных в настоящем исследовании, возможно провести комплексный анализ антропогенного влияния на состояние Торейских озер и близкорасположенных экосистем.

Ключевые слова

Торейские озера, водный баланс озер, бессточные водоемы, многолетние колебания, трансграничная река, река Ульдза.

Hydrological regime of the transboundary Uldza River and terminal Torey Lakes under conditions of anthropogenic impact

Marina A. Kashnitskaya¹ and Mikhail V. Bolgov²

¹Planeta Scientific-Research Centre for Space Hydrometeorology, Moscow, Russia

²Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Principal contact

Marina A. Kashnitskaya, Academic Secretary,
Planeta Scientific-Research Centre for Space
Hydrometeorology, 7 Bolshoy Predtechensky St,
Moscow, Russia 123242.

Tel. +74992520356

Email Marina-Sosnina1993@yandex.ru

ORID <https://orcid.org/0000-0001-7312-3296>

How to cite this article

Kashnitskaya M.A., Bolgov M.V. Hydrological regime of the transboundary Uldza River and terminal Torey Lakes under conditions of anthropogenic impact. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 4, pp. 140-152. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-140-152

Received 11 August 2022

Revised 14 September 2022

Accepted 20 September 2022

Abstract

Aim. Assess the change in the hydrological regime of the Torey Lakes based on a probabilistic forecast of the parameters of the water balance of these reservoirs, taking into account anthropogenic influence.

Material and Methods. The study used materials from the state observation network of Roshydromet, Earth remote sensing data, research materials from scientific organisations and other sources of information that are in the public domain. Methods of statistical data analysis, mathematical modeling, hydrological calculations, including the water balance method and methods of processing and decoding satellite information were used.

Results. With the implementation of the planned water management project, accompanied by additional non-returnable water consumption in Mongolia, the consequences for the water regime of the Torey Lakes can be significant, especially in the low-water phase of the water cycle, when the level decrease in the Barun-Torey Lake will average 70 cm and in Zun-Torey – 80 cm. Through this project, the faster drying of the lakes, on average 2–3 years earlier, will be avoided.

Conclusions. The ecological systems of the Dauria region are characterized by a process of cyclic succession and are mainly adapted to the contemporary climatic moisture cycle. For these ecosystems, any changes in external factors are fundamentally important, since they can lead to the irreversibility of natural processes. Based on the results obtained in this study, it is possible to conduct a comprehensive analysis of the anthropogenic impact on the state of the Torey Lakes and nearby ecosystems.

Key Words

Torey lakes, water balance of lakes, terminal reservoirs, long-term fluctuations, transboundary river, Uldza river.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее исследование содержит материалы и результаты диссертационной работы Кашницкой Марины Алексеевны, выполненной под научным руководством Болгова Михаила Васильевича [1; 2].

В аридной климатической зоне Восточного Забайкалья на границе с Монголией расположено множество бессточных озер с глубинами до 5 м. В последний многоводный период климатической водности их количество составило 1245 водоемов, а в маловодный период – 124. Самыми крупными озерами данной территории являются Торейские озера – система водоемов, состоящая из озер Барун-Торей и Зун-Торей, соединённых между собой протокой.

Торейские озера и примыкающая к ним территория образуют экологический регион «Даурский», для которого характерна чрезвычайная динамичность природных процессов, обусловленная изменениями климата. За два последних столетия Торейские озера неоднократно высыхали и наполнялись с периодичностью около 30 лет [3]. Вследствие непрерывной смены гидрологических циклов на территории Торейских озер обеспечиваются условия обитания, подходящие для птиц с различными требованиями к окружающей среде. На одном участке в зависимости от стадии гидрологического цикла могут гнездиться утки, потом – кулики, затем – жаворонки [4], что говорит о крайне высоком значении состояния Торейских озер для общего видового разнообразия флоры и фауны в Даурском экологическом регионе. Благодаря этому на базе Торейских озер в 1987 году был создан государственный природный заповедник «Даурский», целью которого явилось сохранение природных комплексов Даурии и мирового биоразнообразия, а в 1994 году был создан российско-монгольско-китайский заповедник «Даурия». Кроме этого Торейские озера являются объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО – «Ландшафты Даурии» [5] и имеют статус водно-болотных угодий международного значения в соответствии с Рамсарской конвенцией [6] в частности благодаря тому, что через Торейские озера проходит Восточно-Азиатско-Австралийский путь миграции десятков видов перелётных птиц.

В результате спутникового мониторинга Земли на территории Монголии в июле 2020 года обнаружено строительство плотины в начальной стадии на реке Ульдза, являющейся основным притоком Торейских озер. Строительство началось без согласования с представителями Российской Федерации. На изображении высокого пространственного разрешения, полученном с космического аппарата Аист-2Д 14 июля 2022 года, отчетливо прослеживается русло реки Ульдза, его изменение и создаваемая плотина (рис. 1). Из открытых источников информации известно, что строительство данного водохранилища предусмотрено проектом «План управления бассейном реки Ульдза-Гол», в результате которого планируется создание водохранилищ в бассейне реки, регулирующих ее сток. Данный проект является составной частью монгольской программы «Хух морь». Программа предусматривает перераспределение стока наиболее полноводных северомонгольских рек, трансграничных с Россией, на засушливый юг и юго-восток Монголии (регион Гоби). Кроме того, предусмотрена их стыковка с водными ресурсами Автономной Внутренней Монголии –

сопредельного с Монголией обширного региона Китая [7].

По предварительным оценкам создание данного водохранилища и впоследствии изъятие воды из реки, необходимого для его заполнения, а также испарение с его водной поверхности, может привести к увеличению продолжительности маловодных периодов и сокращению многоводных, а также, в целом, к более низким отметкам уровня воды в Торейских озерах. Нарушение гидрологических циклов водности реки и озер приведет к неблагоприятным экологическим последствиям, заключающимся в затруднение миграции водных организмов и реколонизация пересыхающих водоемов, изменение продуктивности водоемов, изменение миграционных потоков и мест гнездования птиц с волнообразным сокращением их численности [9], что впоследствии может привести к утрате статуса Торейских озер как объекта Всемирного наследия.

Для анализа воздействия антропогенной нагрузки на Даурский экологический регион необходимо выявить влияние сокращения притока реки Ульдза на гидрологический режим Торейских озер на основе восстановления и моделирования водного баланса озер, что в настоящее время возможно выполнить с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

Территория исследования

Озеро Барун-Торей представляет собой бессточный водоем неправильной формы, вытянутой с севера на юг. Глубина озера Барун-Торей относительно небольшая – около 4 м, длина 50,5 км, средняя ширина 11,1 км, площадь водной поверхности достигает 600 км². На восточном берегу озеро Барун-Торей соединяется протокой с озером Зун-Торей. Поступление воды из озера Барун-Торей в Зун-Торей начинается при уровне воды в Барун-Торее 596,1 м БС. Озеро Зун-Торей имеет меньшие размеры, но при этом более глубокое: максимальная глубина озера Зун-Торей составляет около 7 м, длина озера – 22,6 км, средняя ширина 13 км при площади водной поверхности – 300 км². В озеро Барун-Торей впадают трансграничные реки Ималка и Ульдза со среднегодовыми расходами 0,43 и 5,46 м³/с, соответственно (рис. 2).

Река Ульдза берет начало в восточных отрогах хребта Хэнтэй и протекает преимущественно по степным равнинам северо-восточной части Монголии, впадает в озеро Барун-Торей, образуя обширную дельту, на территории Российской Федерации в Забайкальском крае. Длина реки составляет 425 км, из них 409 км расположены в Монголии. В Российской Федерации находится лишь устьевая часть реки длиной 16 км. Площадь водосбора – 26 900 км², 95% из которых приходится на Монголию. Река Ульдза имеет определяющее значение в водном балансе Торейских озер и природы Даурского степного экологического региона.

Река Ималка берет начало на хребте Эрмана в Монголии. Длина реки составляет 156 км, из которых 96 км протекают по территории Монголии. Верховье и устье данной реки находятся в Российской Федерации. Площадь водосбора – 1480 км², из которых 43% приходится на территорию Забайкальского края. Средний годовой сток в устье 0,018 км³. Река периодически пересыхает и ежегодно перемерзает.



Рисунок 1. Район расположения строительства плотины на реке Ульдза (Источником спутниковых данных является РКЦ «Прогресс» (<https://www.samspace.ru>) [8], их обработка выполнена в НИЦ «Планета»)

Figure 1. Location of the construction of the dam on the Uldza River (The source of satellite data is the Progress RCC (<https://www.samspace.ru>) [8]; their processing was performed at the Planeta Research Centre)

Водный режим рек Ульдза и Ималка характеризуются неравномерным распределением стока в течение года. Это обусловлено особенностями питания, в котором преобладает дождевой тип. В зимние месяцы в связи с промерзанием рек до дна сток отсутствует. Его возобновление происходит в начале апреля. Со второй декады апреля до середины мая проходит весеннее половодье. В связи с тем, что высота снежного покрова в этом районе невелика и значительная его часть испаряется к моменту вскрытия рек, весеннее половодье обычно уступает по объему летним паводкам. В многоводные и средней водности годы межень часто отмечается с середины мая до конца июня. В летний период наблюдаются дождевые паводки, наиболее высокие из них формируются в период с июля по сентябрь. Они отличаются как по количеству пиков, так и по величине расхода воды. Осенняя межень начинается в ноябре, затем реки промерзают, сток рек прекращается. На долю летне-осеннего периода приходится большая часть стока – около 85–95% в многоводные и маловодные года, в годы средней водности – 70%.

Климат исследуемого региона

Юг-Восточное Забайкалье, включая территорию бассейна Торейских озер, расположено в области резко континентального климата в зоне недостаточного увлажнения. По результатам, изложенным в работе [10], с середины XX века по настоящее время на исследуемой территории наблюдается потепление по данным станций наземной наблюдательной сети Росгидромета (Акша, Александровский Завод, Кайластуй, Сретенск, Борзя, Соловьевск, Газимурский Завод, Нерчинский Завод, Мангут). Однако в последние три десятилетия отмечено замедление роста температуры воздуха. В период с 1951 по 1990 год рост средней годовой температуры составлял в среднем 0,26°C/10 лет, а в период с 1990 по 2019 год – 0,09°C/10 лет. Вследствие роста температуры воздуха наблюдается уменьшение увлажненности территории Торейских озер, которое произошло в результате повышения испарения [11]. В изменении атмосферных осадков прослеживается четко выраженная внутривековая цикличность. В анализируемом периоде авторы выделяют два таких цикла: с 1955 по 1982 год и

с 1983 по 2011 год. Атмосферные осадки, превышающие многолетнюю норму, наблюдались с 1955 по 1963 и с 1983 по 1998 гг., а в периоды

1964–1982 гг. и 1999–2011 гг. преобладали годы с осадками ниже нормы.

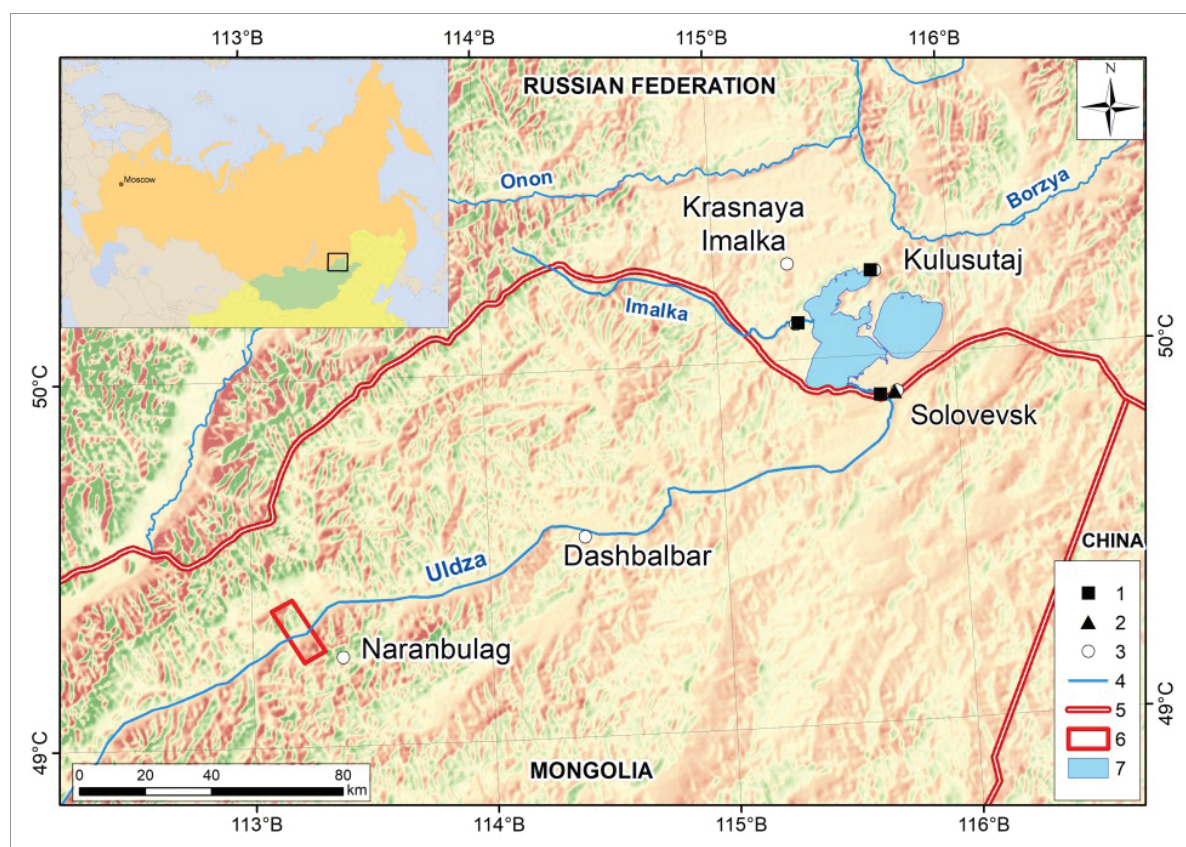


Рисунок 2. Схема расположения Торейских озер и проектируемого водохранилища (1 – гидрологические посты, 2 – метеорологические станции, 3 – населенные пункты, 4 – реки, 5 – государственные границы, 6 – гидротехническое сооружение, 7 – Торейские озера)

Figure 2. Map of the location of the Torey Lakes and the projected reservoir (1 – hydrological posts, 2 – meteorological stations, 3 – settlements, 4 – rivers, 5 – state borders, 6 – hydraulic structure, 7 – Torey Lakes)

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наземные систематические гидрологические наблюдения за озером Барун-Торей проводилось в период 1965–1978 гг. Вследствие интенсивного уменьшения акватории озера в 1979–1980 гг., а в 1981–1982 гг. пересыхания обширной прибрежной зоны озера (до 8–15 км) наблюдения за уровнем и температурой воды были прекращены. Поэтому объективным и независимым источником информации о состоянии Торейских озер на сегодняшний день являются спутниковые данные, позволяющие определять морфометрические и гидрологические характеристики озер, в том числе площадь водного зеркала.

В период с 1989 по 2020 гг., когда наземные наблюдения за озёрами не проводились, гидрологический режим Торейских озер восстановлен с использованием цифровой модели рельефа местности и данных дистанционного зондирования Земли космических аппаратов серий Landsat и Sentinel-2 с пространственным разрешением 30 и 10 м, соответственно, за безлэдоставный период. Проанализированы все доступные мультиспектральные спутниковые изображения – 113 спутниковых сцен. Используемые спутниковая информация находятся в открытом доступе (earthexplorer.usgs.gov) и имеет

стандартный уровень обработки Level 1. Учитывая линейные размеры Торейских озер, исходные спутниковые данные являются приемлемыми для исследования.

С помощью автоматизированного метода обработки спутниковых данных – спектрального индекса MNDWI, наиболее точно определяющего границу «суша-вода» на исследуемой территории [12–16], получены значения площади водной поверхности Торейских озер за период с 1989 по 2020 гг.

Анализ информации космических аппаратов, включая вычисление площади водной поверхности Торейских озер посредством расчета MNDWI, производились в web-сервисе Bera-Science, который является составной частью Цента коллективного пользования ИКИ-Мониторинг [17–19]. Площади водной поверхности Торейских озер, полученные за один год, усреднялись для того, чтобы нивелировать сезонную изменчивость озер внутри года.

В результате сопоставления площадей Торейских озер, полученных по данным ДЗЗ, с графиками зависимости уровня воды озер от их площади водной поверхности и объема $H=f(S)$, $H=f(W)$, построенными по ЦМР, восстановлен уровенный

режим Торейских озер за период с 1989 по 2020 гг. (рис. 3).

Для восстановления гидрологического режима Торейских озер за период 1965–2018 гг. авторы настоящей статьи разработали модель водного баланса Торейских озер на языке программирования Python с использованием возможностей проекта Jupyter Notebook [20; 21]. В основу модели положено решение уравнения водного баланса для бессточных водоемов за годовой интервал времени:

$$P+Y-E-Z=\Delta H,$$

где P – осадки на водную поверхность, Y – суммарный приток рек Ималка и Ульдза в озеро Барун-Торей, E – испарение, Z – дополнительные потери, учитывающие рассеивание стока. Исходные данные для расчета составляющих водного баланса приняты по данным наблюдений на станциях сети Росгидромета (оз. Барун-Торей – с. Кулусутай (1965–1978 гг.), р. Ульдза – с. Соловьевск (1965–2018 гг.), р. Ималка – н.п. Красная Ималка (1965–2018 гг.), с. Соловьевск (1965–2019 гг.)). Испарение рассчитано по методике ГГИ [22].

При решении уравнения водного баланса Торейских озер учитывалась особенность расположения данных озер и нижнего течения реки Ульдза в зоне «рассеивания» стока [23], в которой потери воды на фильтрацию из русел и испарение существенно превышают местный сток. Поэтому, по сравнению с соседними водосборами, маловодные периоды в притоке к озеру носят более выраженный, затяжной характер, что также отражается на водном балансе самого озера, увеличивая потери на фильтрацию при росте уровня воды.

Для калибровки модели водного баланса Торейских озер использовались данные об уровнях водоемов, полученные в результате наземных измерений (1965–1978 гг.), восстановленные по спутниковой информации (1989–2020 гг.) и график изменения уровня озера Барун-Торей, полученный Обязовым В.А. за период 1965–2009 гг. [24]. В процессе калибровки модели установлены поправочные коэффициенты, которые заключаются в увеличении испарения на 5% и уменьшении притока на 28%, что хорошо объясняется характерной для исследуемой территории потерей воды на рассеивание стока.

Модерирование гидрологического режима Торейских озер за период большой продолжительности осуществлено с помощью имитационного моделирования с использованием Марковской цепи первого порядка.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным предложенной модели водного баланса в многолетнем изменении уровня Торейских озер прослеживается цикличность (рис. 2). В 1965 г. отмечался высокий уровень озер. В последующие годы происходило уменьшение уровня воды с достижением минимальных значений в 1982–1983 гг. Затем наблюдалось наполнение озер с достижением максимального значения уровня в Барун-Торее в 1999 г., а в Зун-Торее в 1998 г. Затем на озерах отмечалось уменьшение уровня воды, которое происходит до настоящего времени. По спутниковым данным в период 2009–2020 гг. регулярно отмечалось практическое полное высыхание котловины озера Барун-Торей, а с 2017 – озера Зун-Торей. Информация, получаемая с космических аппаратов, позволяет отслеживать

наполнение котловины озер, обусловленное выпадением атмосферных осадков. Относительно стабильное наполнение озера Барун-Торей началось в сентябре 2020 г. [25; 26].

Для количественной оценки влияния антропогенной нагрузки на водные ресурсы бассейна Торейских озер проанализирована проектируемая водохозяйственная система на реке Ульдза, так как ее функционирование является основной частью антропогенной нагрузки на исследуемые озера. На официальном сайте о государственных закупках в техническом задании, размещенном в проектной документации к тендеру, заявлены следующие характеристики возводимого водохранилища на реке Ульдза: высота – 12 м, длина около 700 м, объем 27 млн. м³, площадь до 10 км², функция – экологическое восстановление реки путем стабилизации стока [27]. В работе [28] рассчитаны санитарные попуски для проектируемого водохранилища (0,018 км³/год) и дана информация о том, что ниже по течению реки Ульдза от проектируемого водохранилища построена ирригационная система площадью около 2100 га. Применяя данные норм водопотребности, разработанные для сельского хозяйства, получены значения безвозвратного потребления воды на орошение сельскохозяйственного поля [29]. Численность поголовья крупного рогатого скота в районе расположения проектируемого водохранилища получена по данным Монгольского статистического управления, а безвозвратные изъятия воды на их нужды рассчитаны с помощью норм расхода воды на поение крупного рогатого скота [30] (табл. 1). Для модельных расчетов рассмотрены два сценария изменения водохозяйственной обстановки в бассейне Торейских озер (табл. 1) отдельно рассматривался ряд наполнений озера в маловодные по притоку периоды.

Оценка последствий реализации комплекса водохозяйственных мероприятий в бассейне реки Ульдза на гидрологический режим Торейских озер осуществлена с помощью имитационных экспериментов на основе расчета рядов уровней Торейских озер за продолжительный период 10 тыс. лет в соответствие с представленными сценариями. Для этого в качестве исходных данных использованы данные об осадках, испарении и притоке за период 1965–2018 гг. Так как в бассейне Торейских озер значимая корреляционная связь между притоком, осадками и испарением с водной поверхности отсутствует (табл. 2), то данные процессы смоделированы как независимые последовательности. В результате анализа параметров распределения основных гидрологических характеристик (табл. 3) принято решение моделировать искусственные ряды осадков и испарения методом имитационного моделирования с помощью Марковской цепи первого порядка. Для моделирования притока использована схема, учитывающая маловодную и многоводную фазы цикла водности Торейских озер. Для каждой фазы определены параметры распределения (табл. 4) и методом имитационного моделирования с использованием Марковской цепи первого порядка получены независимые искусственные ряды значений. Образование ряда данных притока за период большой продолжительности осуществлено путем комбинации этих двух последовательностей.

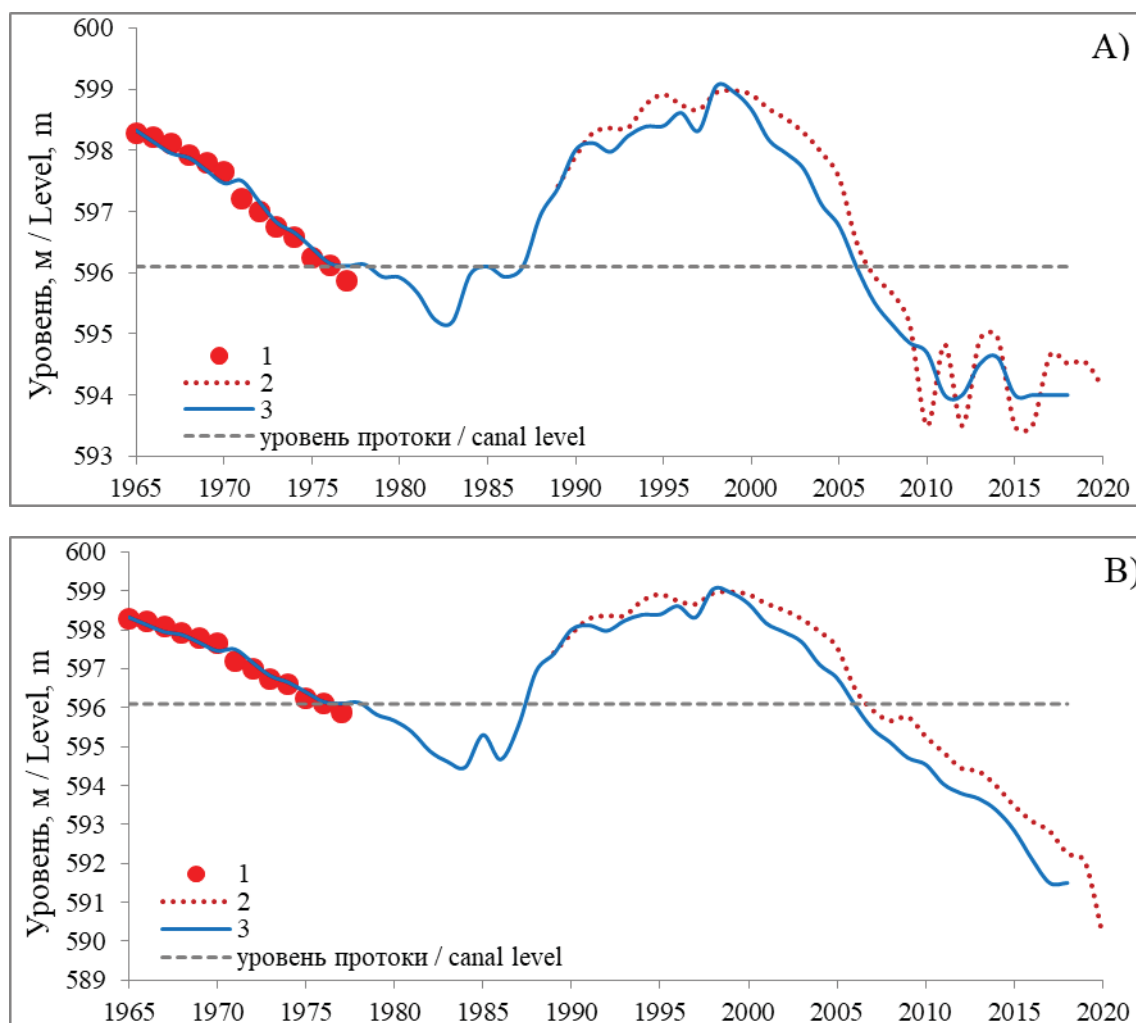


Рисунок 3. Изменения уровней озер Барун-Торей (А) и Зун-Торей (В), восстановленные по данным ДЗЗ (2) и модели водного баланса (3). Графики дополнены данными наземных наблюдений (1)

Figure 3. Changes in the levels of Lakes Barun-Torey (A) and Zun-Torey (B) reconstructed from remote sensing data (2) and a water balance model (3). Graphs are supplemented with data from ground-based observations (1)

Таблица 1. Возможные сценарии изменения водохозяйственной обстановки в бассейне Торейских озер
Table 1. Possible scenarios for changing the water management situation in the Torey Lakes basin

Вариант расчета Calculation option	Условия функционирования водохозяйственной системы и оценка безвозвратных потерь Conditions for the functioning of the water management system and assessment of irretrievable losses
Вариант № 1 Option № 1	Естественные условия Natural conditions
Вариант № 2 Option № 2	Водохранилище наполнено. Водные ресурсы затрачиваются на фильтрацию и испарение с поверхности водохранилища. Дополнительные расходы осуществляются для поддержания санитарных выпусков в размере 0,018 км ³ /год; для орошения сельскохозяйственных полей площадью 2100 га с учетом нормы орошения равной 1630 м ³ /га и возвратных вод; для нужд скотоводческого хозяйства в количестве 26,7 тыс. голов крупного рогатого скота при норме суточного потребления 51,3 л/сут. The reservoir is full. Water resources are spent on filtration and evaporation from the surface of the reservoir. Additional expenditures are made so as to maintain sanitary releases in the amount of 0.018 km ³ /year; for irrigation of agricultural fields with an area of 2100 hectares, taking into account the irrigation rate equalling up to 1630 m ³ /ha and return waters; for the needs of livestock farming in the amount of 26.7 thousand heads of cattle at a daily consumption rate of 51.3 l/day
Вариант № 3 Option № 3	Расчет уровней производится для маловодной фазы цикла. Учитываются изъятия воды, предусмотренные во втором варианте Levels are calculated for the low-water phase of the cycle. Water withdrawals provided for in the second option are taken into account

Таблица 2. Матрица парных коэффициентов корреляции между параметрами водного баланса Торейских озер за период 1965–2018 гг.**Table 2.** Matrix of paired correlation coefficients between the parameters of the water balance of the Torey Lakes for the period 1965–2018

	Осадки Precipitation	Приток Inflow	Испарение Evaporation
Осадки / Precipitation	1		
Приток / Inflow	0,5	1	
Испарение / Evaporation	-0,4	-0,3	1

Таблица 3. Параметры распределения вероятностей основных гидрологических характеристик за период с 1965 по 2018 гг. в бассейне Торейских озер**Table 3.** Parameters of the probability distribution of the main hydrological characteristics for the period from 1965 to 2018 in the basin of the Torey Lakes

Гидрологическая характеристика Hydrological characteristic	Параметры распределения Distribution Options			
	Среднее Mean	Cv	Cs	r(1)
Приток к Торейским озерам / Inflow to the Torey Lakes	186,4*10 ⁶ м ³	1,39	2,02	0,60
Осадки на поверхность озер / Precipitation on the surface of lakes	291,7 mm	0,27	0,27	0,01
Испарение с поверхности озер / Evaporation from the surface of lakes	573,6 mm	0,17	1,13	0,25

Таблица 4. Параметры распределения вероятностей рядов годового притока Торейских озер за разные фазы цикла водности**Table 4.** Probability distribution parameters of the series of annual inflows of the Torey Lakes for different phases of the water cycle

Приток Торейских озер Inflow to the Torey Lakes	Параметры распределения Distribution Options				
	N, лет N years	Среднее, м ³ Mean, m ³	Cv	Cs/Cv	r(1)
Весь ряд данных / Full data series	54	186,4*10 ⁶	1,39	1,45	0,60
Многоводный период / High water period	16	490,0*10 ⁶	0,60	1,1	0,00
Маловодный период / Low water period	38	58,4*10 ⁶	1,13	1,1	0,85

Смоделированные таким образом ряды осадков, испарения и комбинированный ряд данных притока были поданы на вход разработанной водобалансовой модели, осуществлен расчет уровенного режима Торейских озер за период большой продолжительности, в том числе в соответствии с представленными сценариями. На рисунке 4 рассчитанные уровни воды Торейских озер представлены на графиках кривых обеспеченностей, по которым легко определяются уровни воды данных водоемов заданной обеспеченности.

Анализ результатов имитационных экспериментов показывает, что при реализации монгольской стороной новых водохозяйственных проектов, сопровождаемых дополнительными безвозвратными потерями стока, уровень воды в Торейских озерах будет ниже, чем при естественных условиях. Уменьшение уровня воды составит в озере Барун-Торей в среднем 0,4 м (составляет 8,5% от значений максимального уровня), в Зун-Торее – 0,5 м (7,7%). Наибольшее влияние изъятий воды будет проявляться в периоды маловодной фазы водности: в озере Барун-Торей понижение уровня составит в среднем 0,7 м (14,9%), в Зун-Торее – 0,8 м (12,3%). При этом наблюдается более быстрое высыхание озер, в среднем на 2–3 года. После окончания маловодной фазы наполнение озер происходит в тот же год, что и при естественных условиях.

Обсуждение возможных экологических последствий строительства водохранилища на реке Ульдза на экологический регион «Даурский»

Сотрудниками международного биосферного заповедника «Даурский» и Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН неоднократно анализировались изменения, происходящие во флоре и фауне Даурского региона при понижении уровня Торейских озер [4; 31–36]. Так, обмеление Торейских озер сопровождается высыханием других мелких водоемов, расположенных в экорегионе «Даурский» – обширные озерно-степные регионы Монголии, Китая, находящиеся южнее Торейских озер, и междуречья Онона и Аги – с юга. Кроме этого, на исследуемой территории понижение уровней водных объектов наблюдается при наступлении климатических засух, за которыми следуют изменения растительного покрова, выражающиеся в его оскудении, приводящие в свою очередь к уменьшению численности и видового разнообразия животного населения на всех уровнях экосистемы региона Торейских озер, включая перелетных птиц. Другим следствием уменьшения уровня Торейских озер является увеличение минерализации воды, она становится горько-соленой, и это приводит к изменению численности и видового состава гидробионтов. Происходит сокращение околородной растительности, в частности тростника, обеспечивающей кормовую базу и место обитания уток, лысух и других видов птиц.

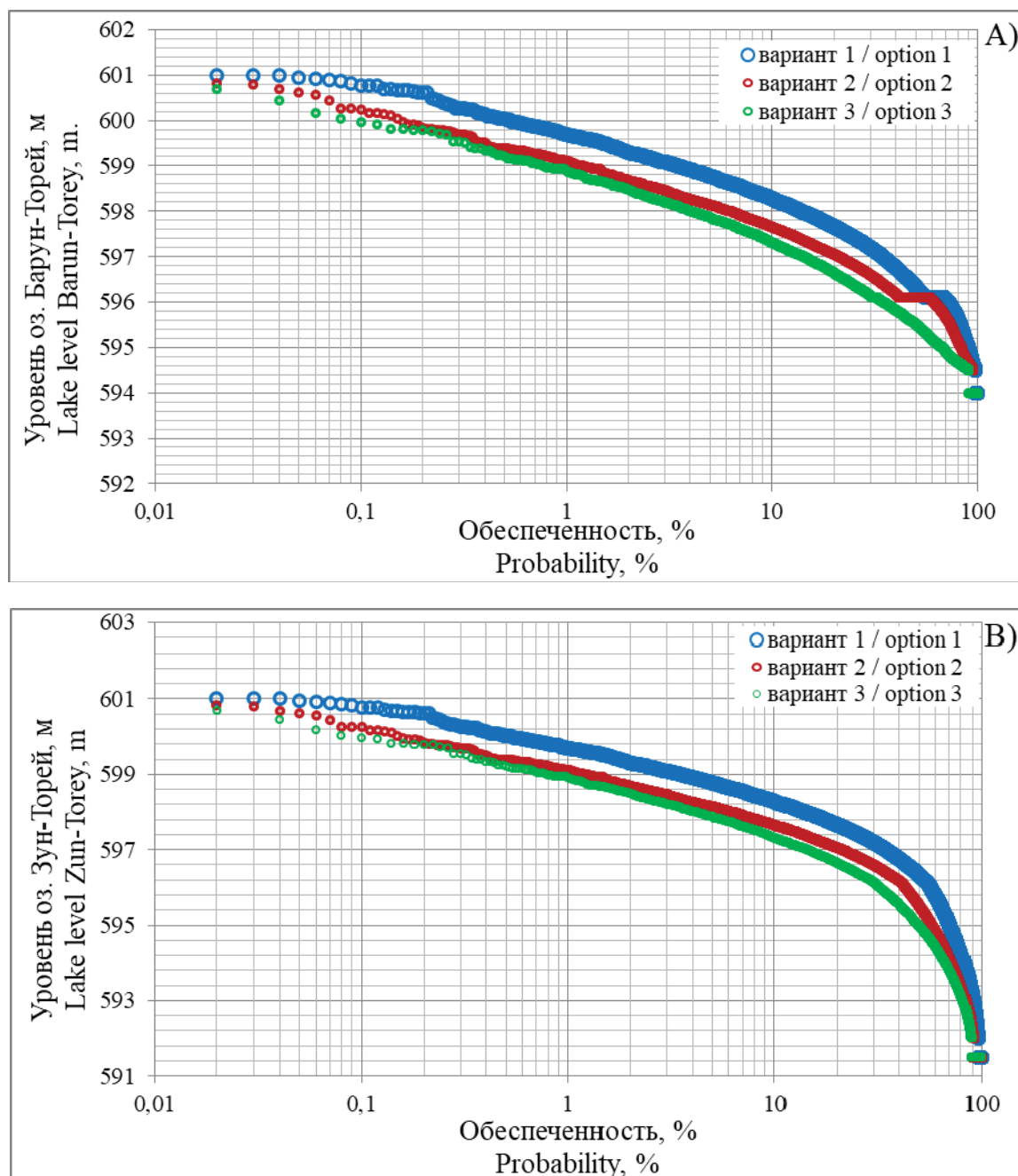


Рисунок 4. Кривые обеспеченности уровней озер Барун-Торей (А) и Зун-Торей (В) в соответствии со сценариями развития водохозяйственной деятельности

Figure 4. Curves of levels of Lakes Barun-Torey (A) and Zun-Torey (B) in accordance with scenarios for the development of water management actions

Увеличение продолжительности маловодной фазы гидрологического цикла Торейских озер способно привести к изменению миграционных путей водоплавающих птиц. Например, в период 1999–2009 гг. численность уток в степной зоне Забайкальского края, в том числе в регионе Торейских озер, сократилась в 59 раз, когда миграционный путь сместился на восток к Предгорью Большого Хингана и на запад – в район Хэнтэя [37].

Наполнение Торейских озер в начале многоводной фазы сопровождается появлением мелководных островов, которые в дальнейшем затопляются при подъеме уровня воды. Затопливается заросшее степной растительностью дно озер, которое преобразовывается в идеальное место

для гнездования и вскармливания многих птиц. При среднем уровне Торейских озер сотрудниками заповедника «Даурский» отмечается оптимальное соотношение минерализации и объема воды, при котором наблюдался максимальный и разнообразный запас кормовой базы для животных [31]. Поэтому в годы средней водностикратно возрастает численность птиц, в частности сухоносов, лебедей, даурских журавлей, стерехов и др.

В работе [38] сделан вывод о том, что естественное динамическое состояние экологических систем региона «Даурия» определяется как состояние циклических сукцессий, отличительной особенностью которых является возврат экосистем к условиям, близким к исходным через определенные промежутки

времени [39]. При этом авторы уточняют, что увеличение влияния каких-либо факторов на экосистему способно привести к необратимости природных процессов в ней. Известно [38], что растительность и животное население Даурского региона преимущественно адаптированы к современному климатическому циклу увлажненности продолжительностью 30 лет. На сегодняшний день вопрос о надежной количественной оценке степени влияния прогнозируемого уменьшения уровня Торейских озер и стока трансграничной реки Ульдза на флору и фауну Даурского региона остается открытым.

ВЫВОДЫ

Торейские озера представляют собой уникальный водный объект, являясь сложной гидрологической системой замкнутых озер, входят в состав объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО. Под влиянием климатических колебаний изменяется водный режим исследуемых озер: с периодичностью около 30 лет водоёмы высыхают, а затем наполняются. Циклический характер водного режима Торейских озер обеспечил на берегах и островах водоемов благоприятные условия для обитания различных видов птиц, в том числе, занесенных в Красную книгу. Однако, наземные наблюдения за гидрологическим режимом Торейских озер прекращены в 1980 г. В настоящее время строится гидротехническое сооружение на трансграничной реке Ульдза, питающей данные озера, реализация деятельности которого может привести к сложным и необратимым последствиям для всего экологического региона Торейских озер.

В целях оценки влияния планируемых водохозяйственных мероприятий на монгольской части реки Ульдза на гидрологический режим Торейских озер разработана модель водного баланса Торейских озер, которая адекватно восстанавливает уровни воды в данных озерах. По литературным сведениям и информации, находящейся в открытом доступе, проанализирована возможная хозяйственная деятельность на строящемся водохранилище, предложены сценарии развития водохозяйственной обстановки в бассейне Торейских озер, включая рассмотрение этого влияния отдельно на маловодный период Торейских озер.

Анализ результатов имитационных экспериментов показал, что при реализации монгольской стороной планируемого водохозяйственного проекта, сопровождаемого дополнительным безвозвратным потреблением воды, последствия для водного режима Торейских озер могут быть значительными, особенно в маловодную фазу цикла водности, когда понижение уровня в озере Барун-Торей составит в среднем 0,7 м, в Зун-Торее – 0,8 м. При этом по модельным расчетам отаеется более быстрое высыхание озер, в среднем на 2–3 года ранее.

Экологические системы региона «Даурия» характеризуются процессом циклической сукцессии и преимущественно адаптированы к современному климатическому циклу увлажненности. Для этих экосистем принципиально важны какие-либо изменения внешних факторов, так как они способны привести к необратимости природных процессов в них. На основе полученных результатов возможно провести комплексный анализ антропогенного влияния на состояние Торейских озер и близкорасположенных экосистем.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Результаты исследования получены при поддержке Российско-китайского гранта РФФИ №21-55-53017 «Linkages between surface-groundwater interaction and riparian evapotranspiration processes under climate variability: a comparative analysis between arid and humid environments» и опубликованы при поддержке гранта РГО «Международная конференция «Трансграничные геоэкологические проблемы и вопросы природопользования в бассейне рек Внутренней Евразии в связи с изменением климата».

ACKNOWLEDGMENT

The results of the study were obtained with the support of the Russian-Chinese grant of the Russian Foundation for Basic Research No. 21-55-53017 "Linkages between surface-groundwater interaction and riparian evapotranspiration processes under climate variability: a comparative analysis between arid and humid environments" and published with the support of the RGS grant "International Conference" Transboundary Geoecological Problems and Issues of Nature Management in the Basin of the Rivers of Inner Eurasia in Connection with Climate Change.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кашницкая М.А. Гидрологический режим бессточных озер в степной зоне Забайкалья (на примере Торейских озер). Дис. ... канд. геогр. наук. Москва, 2022. 126 с.
2. Кашницкая М.А. Гидрологический режим бессточных озер в степной зоне Забайкалья (на примере Торейских озер). Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук. Москва, 2022. 19 с.
3. Обязов В.А. Связь колебаний водности озер степной зоны Забайкалья с многолетними гидрометеорологическими изменениями на примере Торейских озер // Известия Русского географического общества. 1994. Т. 126. N 5. С. 48–54.
4. Кирилук О.К. Даурия и Аргунь вчера и сегодня. Будет ли завтра? // Степной бюллетень. 2009. N 27. С. 22–24.
5. Буторин А.А. Ландафты Даурии – новый российский объект Всемирного наследия // Вестник Комиссии РФ по делам ЮНЕСКО. 2017. N 32. С. 83–88.
6. Torey Lakes. URL: <https://rsis Ramsar.org/ris/683> (дата обращения: 16.04.2021)
7. На российско-монгольской границе может возникнуть зона экологического бедствия // Сайт Института географии РАН, 2021. URL: <http://www.igras.ru/news/2864> (дата обращения 15.05.2021)
8. РКЦ «Прогресс». URL: <https://www.samspace.ru> (дата обращения 14.07.2022)
9. Симонов Е.А., Кирилук В.Е. Ход «Синим конем»: трансграничные риски стратегий климатической адаптации и «климатических обязательств» на примере Монголии // Материалы международной конференции СВО ВЕКЦА «Трансграничное водное сотрудничество в странах ВЕКЦА: извлеченные уроки и направления будущего развития». Ташкент, Узбекистан, 2021. С. 46–61.
10. Обязов В.А., Кирилук В.Е., Кирилук А.В. Торейские озера как индикатор многолетних изменений увлажненности Юго-Восточного Забайкалья и Северо-Восточной Монголии // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2021. Т. 3. Вып. 3. С. 204–232. DOI: 10.34753/HS.2021.3.3.204
11. Носкова Е.В., Вахнина И.Л., Курганович К.А. Характеристика увлажненности территории бессточных озер Торейской равнины с использованием метеорологических данных // Вестн. Забайкал. Гос. Ун-та.

2019. Т. 25. N 3. С. 22–30. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-3-22-30
12. Кашницкая М.А. Исследование динамики площадей водной поверхности озёр степной зоны Восточного Забайкалья на основе данных дистанционного зондирования Земли // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2021. Т. 18. N 3. С. 242–253. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-3-242-253
13. Курганович К.А., Носкова Е.В. Использование водных индексов для оценки изменения площадей водного зеркала степных содовых озер юго-востока Забайкалья, по данным дистанционного зондирования // *Вестник Забайкальского государственного университета*. 2015. N 6 (121). С. 16–24.
14. Feyisa G.L., Meilby H., Fensholt R., Proud S.R. Automated water extraction index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery // *Remote Sensing of the Environment*. 2014. N 140. P. 23–35.
15. Gao B.C. NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space // *Remote Sensing of the Environment*. 1996. V. 58. P. 257–266.
16. Rokni K., Ahmad A., Selamat A., Hazini S. Water Feature Extraction and Change Detection Using Multitemporal Landsat Imagery // *Remote Sensing of the Environment*. 2014. N 6. P. 4173–4189.
17. Лупян Е.А., Бурцев М.А., Балашов И.В., Барталев С.А., Ефремов В.Ю., Кашницкий А.В., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Суднева О.А., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2015. Т. 12. N 5. С. 263–284.
18. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Кашницкий А.В., Балашов И.В., Барталев С.А., Константинова А.М., Кобец Д.А., Мазуров А.А., Марченков В.В., Матвеев А.М., Радченко М.В., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2019. Т. 16. N 3. С. 151–170. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170
19. Loupian E.A., Bourtsev M.A., Proshin A.A., Kashnitskii A.V., Balashov I.V., Bartalev S.A., Konstantinova A.M., Kobets D.A., Radchenko M.V., Tolpin V.A., Uvarov I.A. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System // *Remote Sensing*. 2022. V. 14. N 1. P. 77.
20. Кашницкая М.А., Болгов М.В. Бессточные Торейские озера: можно ли дать прогноз изменений гидрологического режима? // *Метеорология и гидрология*. 2021. N 5. С. 95–98. DOI: 10.3103/S1068373921050095
21. Кашницкая М.А., Болгов М.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022612620. «Water balance model of the Torey lakes»: № 2022612170: заявл. 17.02.2022; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-Исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета».
22. Указания по расчету и испарения с поверхности водоемов. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 85 с.
23. Болгов М.В. Дождевые паводки водотоков Монгольской народной республики // *Метеорология и гидрология*. 1985. N 8. С. 83–88.
24. Обязов В.А. Изменение климата и гидрологического режима рек и озер в Даурском экорегионе // *Проблема адаптации к изменению климата в бассейне рек Даурии: экологические и водохозяйственные аспекты*. Чита: Экспресс-издательство, 2012. С. 24–45.
25. Кашницкая М.А. Водный режим Торейских озер в условиях антропогенного влияния // *Известия Иркутского государственного университета*. Серия «Науки о Земле». 2022. Т. 39. С. 44–55. DOI: 10.26516/2073-3402.2022.39.45
26. Кашницкая М.А., Болгов М.В. Оценка влияния строительства гидротехнического сооружения на гидрологический режим трансграничной реки Ульдза (Российская Федерация и Монгольская Народная Республика) // *Материалы всероссийской научно-практической конференции «Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана», Новочеркасск, 20–25 сентября, 2021. С. 179–185.*
27. Улз голын урсцыг нэмэгдүүлэх "Онон-Улз". URL: <https://www.tender.gov.mn/en/invitation/detail/1570643029346> (дата обращения: 15.05.2021)
28. Кирилюк В.Е., Обязов В.А., Шаликовский А.В., Курганович К.А., Босов М.А., Никитина О.И., Горшко О.А. Предварительная оценка влияния на экосистему Торейских озер плотины, строящейся на трансграничной реке Ульдза в Монголии // *Материалы всероссийской научно-практической конференции «Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана», Новочеркасск, 20–25 сентября, 2021. С. 185–191.*
29. Укрупненные нормы водопотребности для орошения по природно-климатическим зонам СССР. М.: Минводхоз, 1984. 346 с.
30. Ведомственные нормы технологического проектирования: ВНТП-Н-97. Нормы расходов воды потребителей систем сельскохозяйственного водоснабжения. М.: Союзводпроект, 1997.
31. Кирилюк В.Е., Горшко О.А., Сараева Л.И., Синица С.М., Бородин Т.И., Ткаченко Е.Э., Бриних В.А. Биосферный заповедник «Даурский». Чита: Экспресс-издательство, 2009. 104 с.
32. Куклин А.П., Цыбекмитова Г.Ц., Горлачева Е.П. Состояние водных экосистем озер Онон-Торейской равнины за 1983-2011 годы (Восточное Забайкалье) // *Аридные экосистемы*. 2013. Т. 19. N 3 (56). С. 16–26.
33. Ткачук Т.Е., Жукова О.В. Результаты мониторинга растительности на стационарном геоботаническом профиле в Даурском заповеднике // *Природоохранное сотрудничество: Россия, Монголия, Китай*. 2010. N 1. С. 290–294.
34. Bazarova V.B., Tashlykova N.A., Afonina E.Yu., Kuklin A.P., Matafonov P.V., Tsybekmitova G.Ts., Gorlacheva E.P., Itigilova M.Ts., Afonin A.V., Butenko M.N. Long-term fluctuations of the aquatic ecosystems in the Onon-Torey plain (Russia) // *Acta Ecologica Sinica*. 2019. V. 39. N 2. P. 157–165.
35. Bazhenov Yu.A. Population of Small Mammals in the Vicinity of the Torey Lakes (Southeast Transbaikalia) during the Dry Climatic Phase: Dynamics and Connection with Precipitation // *Contemporary Problems of Ecology*. 2019. V. 12. N 1. P. 23–33.
36. Kirilyuk V.E., Obyazov V.A., Tkachuk T.E., Kirilyuk O.K. Influence of climate change on vegetation and wildlife in the Daurian Eco-region. – Eurasian steppes. Ecological problems and livelihoods in a changing world. Springer. Dordrecht. 2012. P. 397–424.
37. Горшко О.А. Влияние многолетних климатических циклов на орнитокомплексы Даурии // *Материалы научной конференции «Эволюция биогеохимических систем (факторы, процессы, закономерности) и проблемы природопользования» и симпозиума «Геоэкологические, экономические и социальные проблемы природопользования»* посв. 30-летию ИПРЭК СО РАН. Чита, 27–30 сентября, 2011 г. С. 141–143.
38. Кирилюк В.Е., Ткачук Т.Е., Кирилюк О.К. Влияние изменений климата на местообитания и биоту в Даурии //

Проблема адаптации к изменению климата в бассейне рек Даурии: экологические и водохозяйственные аспекты. Чита: Экспресс-издательство, 2012. С. 46–62.

39. Исаков Ю.А. Казанская Н.С., Тишков А.А. Зональные закономерности динамики экосистем. Москва: Наука, 1986. 150 с.

REFERENCES

- Kashnitskaya M.A. *Gidrologicheskii rezhim besstochnykh ozer v stepnoi zone Zabaikal'ya (na primere Toreiskikh ozer)*. Diss. kand. geog. nauk [Hydrological regime of terminal lakes in the steppe zone of Transbaikalia (on the territory of the Torey lakes). Candidate of Geographical Sciences dissertation]. Moscow, 2022, 126 p.
- Kashnitskaya M.A. *Gidrologicheskii rezhim besstochnykh ozer v stepnoi zone Zabaikal'ya (na primere Toreiskikh ozer)*. Avtoref. Dis. Kandid. Geogr. Nauk [Hydrological regime of terminal lakes in the steppe zone of Transbaikalia (on the territory of the Torey lakes). Abst. Dissert. Cand. Geogr. Sci.]. Moscow, 2022, 19 p.
- Obyazov V.A. Relationship between fluctuations in the water content of lakes in the steppe zone of Transbaikalia and long-term hydrometeorological changes on the example of the Torey lakes. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva [Izvestiya of the Russian Geographical Society]*. 1994, vol. 126, no. 5, pp. 48–54. (In Russian)
- Kirilyuk O.K. Dauria and Argun yesterday and today. Will there be tomorrow? *Stepnoi byulleten'* [Steppe Bulletin]. 2009, no. 27, pp. 22–24. (In Russian)
- Butorin A.A. *Landshafty Daurii – novyi rossiiskii ob"ekt Vsemirnogo naslediya*. Landscapes of Dauria – a new Russian World Heritage Site. *Vestnik Komissii RF po delam YuNESKO [Bulletin of the Commission of the Russian Federation for UNESCO]*. 2017, no. 32, pp. 116–143. (In Russian)
- Torey Lakes. Available at: <https://rsis Ramsar.org/ris/683> (accessed 16.04.2021)
- Na rossiisko-mongol'skoi granitse mozhet vozniknut' zona ekologicheskogo bedstviya* [An ecological disaster zone may arise on the Russian-Mongolian border]. Available at: <http://www.igras.ru/news/2864> (accessed 15.05.2021)
- RCC "Progress". Available at: <https://www.samspace.ru> (accessed 07.14.2022)
- Simonov E.A., Kirilyuk V.E. *Khod «Sinim konem»: transgranichnye riski strategii klimaticheskoi adaptatsii i «klimaticheskikh obyazatel'stv» na primere Mongolii* [The “Blue Horse” move: transboundary risks of climate adaptation strategies and “climate commitments” on the example of Mongolia]. *Materialy mezhdunarodnoi konferentsii SVO VEKTSa «Transgranichnoe vodnoe sotrudnichestvo v stranakh VEKTSa: izvlechennye uroki i napravleniya budushchego razvitiya», Tashkent, Uzbekistan, 2021* [Proceedings of the NWO EECCA International Conference “Transboundary Water Cooperation in the EECCA Countries: Lessons Learned and Directions for Future Development”. Tashkent, Uzbekistan, 2021]. Tashkent, 2021, pp. 46–61. (In Russian)
- Obyazov V.A., Kirilyuk V.E., Kirilyuk A.V. Torey lakes as an indicator of long-term changes in moisture content in Southeastern Transbaikalia and Northeastern Mongolia. *Gidrosfera. Dangerous processes and phenomena*, 2021, vol. 3, no. 3, pp. 204–232. (In Russian) DOI: 10.34753/HS.2021.3.3.204
- Noskova E.V., Vakhnina I.L., Kurganovich K.A. Moisture characteristics of the territory of endorheic lakes of the Torey Plain using meteorological data. *Vestn. Transbaikal. State. University*, 2019, vol. 25, no. 3, pp. 22–30. (In Russian) DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-3-22-30
- Kashnitskaya M.A. The study of the dynamics of the water surface areas of lakes the steppe zone of the Eastern Trans-Baikal area on the basis of remote sensing of the Earth. *Current*

Problems in Remote Sensing of the Earth from Space, 2021, vol. 18, no. 3, pp. 242–253. (In Russian) DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-3-242-253

- Kurganovich K.A., Noskova E.V. The use of water indices to assess the change in the area of the water surface of the steppe soda lakes in the southeast of Transbaikalia, according to remote sensing data. *Vestnik Zabaikal'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of the Transbaikalian State University]. 2015, no. 6 (121), pp. 16–24. (In Russian)
- Feyisa G.L., Meilby H., Fensholt R., Proud S.R. Automated water extraction index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of the Environment*. 2014, no. 140, pp. 23–35.
- Gao B.C. NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of the Environment*. 1996, vol. 58, pp. 257–266.
- Rokni K., Ahmad A., Selamat A., Hazini S. Water Feature Extraction and Change Detection Using Multitemporal Landsat Imagery. *Remote Sensing of the Environment*. 2014, no. 6, pp. 4173–4189.
- Lupyan E.A., Burtsev M.A., Balashov I.V., Bartalev S.A., Efremov V.Yu., Kashnitskii A.V., Mazurov A.A., Matveev A.M., Sudneva O.A., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A. Center for Collective Use of Systems for Archiving, Processing and Analysis of Satellite Data of IKI RAS for Solving the Problems of Studying and Monitoring the Environment. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Current problems in Remote Sensing of the Earth from Space]*. 2015, vol. 12, no. 5, pp. 263–284. (In Russian)
- Lupyan E.A., Proshin A.A., Burtsev M.A., Kashnitskii A.V., Balashov I.V., Bartalev S.A., Konstantinova A.M., Kobets D.A., Mazurov A.A., Marchenkov V.V., Matveev A.M., Radchenko M.V., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A. Experience in the operation and development of a center for collective use of systems for archiving, processing and analysis of satellite data (TsKP "IKI-Monitoring"). *Current problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 2019, vol. 16, no. 3, pp. 151–170. (In Russian) DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170
- Loupiyan E.A., Bourtsev M.A., Proshin A.A., Kashnitskii A.V., Balashov I.V., Bartalev S.A., Konstantinova A.M., Kobets D.A., Radchenko M.V., Tolpin V.A., Uvarov I.A. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System. *Remote Sensing*. 2022, vol. 14, no. 1, pp. 77.
- Kashnitskaya M.A., Bolgov M.V. Closed Torey lakes: is it possible to predict changes in hydrological regime? *Russian Meteorology and Hydrology*, 2021, vol. 46, pp. 341–344. (In Russian) DOI: 10.3103/S1068373921050095
- Kashnitskaya M.A., Bolgov M.V. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EVM «Water balance model of the Torey lakes»* [Certificate of state registration of the computer program “Water balance model of the Torey lakes”]. Certificate RF, no. 2022612620, 2022.
- Ukazaniya po raschetu ispareniya s poverkhnosti vodoemov* [Guidelines for calculating evaporation from the surface of water bodies]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1969, 85 p. (In Russian)
- Bolgov M.V. Rain floods of the watercourses of the Mongolian People's Republic. *Meteorologiya i gidrologiya [Russian Meteorology and Hydrology]*. 1985, no. 8, pp. 83–88. (In Russian)
- Obyazov V.A. *Izmenenie klimata i gidrologicheskogo rezhima rek i ozer v Daur'skom ekoregione* [Climate Change and Hydrological Regime of Rivers and Lakes in the Daurian Ecoregion]. Chita, Express Publ., 2012, pp. 24–45. (In Russian)
- Kashnitskaya M.A. The water regime of the Torey Lakes under anthropogenic influence. *The bulletin of Irkutsk state university. Series Earth Sciences*, 2022, vol. 39, pp. 45–55. (In Russian) DOI: 10.26516/2073-3402.2022.39.45

26. Kashnitskaya M.A., Bolgov M.V. Otsenka vliyaniya stroitel'stva gidrotekhnicheskogo sooruzheniya na gidrologicheskii rezhim transgranichnoi reki Ul'dza (Rossiyskaya Federatsiya i Mongol'skaya Narodnaya Respublika) [Assessment of the impact of the construction of a hydraulic structure on the hydrological regime of the transboundary river Ul'dza (Russian Federation and the Mongolian People's Republic)]. *Materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Transgranichnye vodnye ob'ekty: ispol'zovanie, upravlenie, okhrana», Novochoerkassk, 20–25 sentyabrya 2021* [Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Transboundary Water Bodies: Use, Management, Protection", Novochoerkassk, 20–25 September 2021]. Novochoerkassk, 2021, pp. 179–185. (In Russian)
27. *Ulz golyn urstsyg nemegdyylekh "Onon-Ulz"* [Ulz golyn urstsyg nemegdyylekh "Onon-Ulz"]. Available at: <https://www.tender.gov.mn/en/invitation/detail/1570643029346> (accessed 15.05.2021)
28. Kirilyuk V.E., Obyazov V.A., Shalikovskii A.V., Kurganovich K.A., Bosov M.A., Nikitina O.I., Goroshko O.A. Predvaritel'naya otsenka vliyaniya na ekosistemu Toreiskikh ozer plotiny, stroyashcheysya na transgranichnoi reke Ul'dza v Mongolii [Preliminary assessment of the impact on the ecosystem of the Torey lakes of the dam being built on the transboundary river Ul'dza in Mongolia]. *Materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Transgranichnye vodnye ob'ekty: ispol'zovanie, upravlenie, okhrana», Novochoerkassk, 20–25 sentyabrya 2021* [Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Transboundary Water Bodies: Use, Management, Protection", Novochoerkassk, 20–25 September 2021]. Novochoerkassk, 2021, pp. 185–191. (In Russian)
29. *Ukrupnennye normy vodopotrebnosti dlya orosheniya po prirodno-klimaticheskim zonom SSSR* [Enlarged norms of water demand for irrigation in the natural and climatic zones of the USSR]. Moscow, Minvodkhos Publ., 1984, 346 p. (In Russian)
30. *Vedomstvennye normy tekhnologicheskogo proektirovaniya: VNTP-N-97. Normy raskhodov vody potrebitel'ei sistem sel'skokhozyaystvennogo vodosnabzheniya* [Departmental norms of technological design: VNTP-N-97. Norms of water consumption of consumers of agricultural water supply systems]. Moscow, Soyuzvodproekt Publ., 1997. (In Russian)
31. Kirilyuk V.E., Goroshko O.A., Saraeva L.I., Sinitsa S.M., Borodina T.I., Tkachenko E.E., Brinikh V.A. *Biosfernyi zapovednik «Daur'skii»* [Biosphere Reserve "Daur'sky"]. Chita, Express Publ., 2009, 104 p. (In Russian)
32. Kuklin A.P., Tsybekmitova G.Ts., Gorlacheva E.P. Gorlacheva E.P. The state of aquatic ecosystems of the lakes of the Onon-Torey Plain for 1983–2011 (Eastern Transbaikalia). *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems]. 2013, vol. 19, no. 3 (56), pp. 16–26. (In Russian)
33. Tkachuk T.E., Zhukova O.V. The results of vegetation monitoring on a stationary geobotanical profile in the Daur'sky Reserve. *Prirodookhrannoe sotrudnichestvo: Rossiya, Mongoliya, Kitai* [Nature Protection Cooperation: Russia, Mongolia, China]. 2010, no. 1, pp. 290–294. (In Russian)
34. Bazarova B.B., Tashlykova N.A., Afonina E.Yu., Kuklin A.P., Matafonov P.V., Tsybekmitova G.Ts., Gorlacheva E.P., Itigilova M.Ts., Afonin A.V., Butenko M.N. Long-term fluctuations of the aquatic ecosystems in the Onon-Torey plain (Russia). *Acta Ecologica Sinica*. 2019, vol. 39, no. 2, pp. 157–165. (In Russian)
35. Bazhenov Yu.A. Population of Small Mammals in the Vicinity of the Torey Lakes (Southeast Transbaikalia) during the Dry Climatic Phase: Dynamics and Connection with Precipitation. *Contemporary Problems of Ecology*. 2019, vol. 12, no. 1, pp. 23–33.
36. Kirilyuk V.E., Obyazov V.A., Tkachuk T.E., Kirilyuk O.K. Influence of climate change on vegetation and wildlife in the Daurian Eco-region. *Eurasian steppes. Ecological problems and livelihoods in a changing world*. Springer. Dordrecht. 2012, pp. 397–424.
37. Goroshko O.A. Vliyanie mnogoletnikh klimaticheskikh tsiklov na ornitokompleksy Daurii [Influence of long-term climatic cycles on the ornithocomplexes of Dauria]. *Materialy nauchnoi konferentsii «Evolutsiya biogeokhimicheskikh sistem (faktory, protsessy, zakonomernosti) i problemy prirodopol'zovaniya» i simpoziuma «Geoekologicheskie, ekonomicheskie i sotsial'nye problemy prirodopol'zovaniya» posv. 30-letiyu IPREK SO RAN»*. Chita, 27–30 sentyabrya 2011 [Proceedings of the scientific conference «Evolution of biogeochemical systems (factors, processes, patterns) and problems of nature management " and the symposium "Geoenvironmental, economic and social problems of nature management" dedicated to. 30th Anniversary of IPREC SB RAS». Chita, 27–30 September 2011]. Chita, 2011, pp. 141–143. (In Russian)
38. Kirilyuk V.E., Tkachuk T.E., Kirilyuk O.K. *Vliyanie izmenenii klimata na mestoobitaniya i biotu v Daurii* [Impact of climate change on habitats and biota in Dauria]. Chita, Express Publ., 2012, pp. 46–62. (In Russian)
39. Isakov Yu.A., Kazanskaya N.S., Tishkov A.A. *Zonal'nye zakonomernosti dinamiki ekosistem* [Zonal patterns of ecosystem dynamics]. Moscow, Nauka Publ., 1986, 150 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Марина А. Кашницкая и Михаил В. Болгов собрали, обобщили и проанализировали данные, написали рукопись. Оба автора в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Marina A. Kashnitskaya and Mikhail V. Bolgov collected, summarized, analysed the data and wrote the manuscript. Both authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Марина А. Кашницкая / Marina A. Kashnitskaya <https://orcid.org/0000-0001-7312-3296>
Михаил В. Болгов / Mikhail V. Bolgov <https://orcid.org/0000-0003-3193-6488>