



Научная статья

УДК 556.5.06  
<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2022.39.45>

## Водный режим Торейских озер в условиях антропогенного влияния

М. А. Кашницкая\*

*Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета», г. Москва, Россия*

**Аннотация.** На основе предложенной модели водного баланса Торейских озер (расположенных в юго-восточной части Забайкальского края на границе с Монгольской Народной Республикой), использующей данные наземных наблюдений и спутниковой информации, дана оценка возможных изменений гидрологического режима Торейских озер за период 1965–2018 гг., в том числе при строительстве гидротехнического сооружения на р. Ульдза. Проанализировано изменение гидрологического режима Торейских озер с учетом строительства данного водохранилища, а также при сокращении притока на 10 и 20 %. По литературным данным рассмотрены возможные экологические последствия для региона Торейских озер строительства гидротехнического сооружения на реке.

**Ключевые слова:** Торейские озера, гидрологический режим, водный баланс озера, антропогенное воздействие.

**Для цитирования:** Кашницкая М. А. Водный режим Торейских озер в условиях антропогенного влияния // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2022. Т. 39. С. 45–55. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2022.39.45>

Original article

## The Water Regime of the Torey Lakes Under Anthropogenic Influence

М. А. Kashnitskaya\*

*State Research Center for Space Hydrometeorology “Planeta”, Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** The Torey lakes, located in the Transbaikalian Territory on the border with the Mongolian People's Republic, are a unique natural reservoir. They have an unstable hydrological regime due to climate change. The main inflow of the Torey Lakes is the transboundary Ul'dza River. A hydraulic structure is being built on the Mongolian part of this river, the activity of which can lead to significant changes in the water regime of the Torey lakes. Based on the proposed model of the water balance of the Torey lakes, the hydrological regime of these lakes for the period from 1965 to 2018 is characterized. Changes in the level of the Torey Lakes are analyzed, including taking into account the activity of a hydraulic structure. Changes in the hydrological regime of the Torey lakes are considered, taking into account the construction of this hydraulic structure in the form of a reduction in water inflow by 10 and 20%. Possible environmental consequences for the region of the Torey Lakes during the construction of a hydraulic structure on the river are considered.

**Keywords:** Torey lakes, hydrological regime, water balance of the lake, anthropogenic impact.

**For citation:** 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. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2022.39.45> (in Russian)

В юго-восточной части Забайкалья на границе с Монгольской Народной Республикой (МНР) расположены озера Барун-Торей и Зун-Торей, которые образуют собой систему бессточных озер – Торейские озера. Данные озера являются основой государственного природного биосферного заповедника «Даурский», через который проходит восточноазиатско-австралийский путь миграции десятков видов перелетных птиц. В 2017 г. Торейским озерам в составе заповедника «Даурский» присвоен статус объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО – «Ландшафты Даурии» [Буторин, 2017]. Также озера являются водно-болотным угодьем, имеющим международное значение в соответствии с Рамсарской конвенцией [Torey Lakes, 2021].

Озеро Барун-Торей представляет собой бессточный водоем неправильной формы, вытянутой с севера на юг. Глубина оз. Барун-Торей относительно небольшая – около 4 м, длина – 50,5 км, средняя ширина – 11,1 км, площадь водной поверхности достигает 600 км<sup>2</sup>. На восточном берегу Барун-Торей соединяется протокой с оз. Зун-Торей. Поступление воды из оз. 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 оно более глубокое: его максимальная глубина составляет около 7 м, длина – 22,6 км, средняя ширина – 13 км при площади водной поверхности 300 км<sup>2</sup>. В Барун-Торей впадают трансграничные реки Ималка и Ульдза со среднегодовыми расходами 0,43 и 5,46 м<sup>3</sup>/с соответственно (рис. 1). Река Ульдза (Улдз) берет начало в восточных отрогах хр. Хэнтэй и протекает преимущественно по степным равнинам северо-восточной части МНР, впадает в оз. Барун-Торей, образуя обширную дельту на территории Российской Федерации в Забайкальском крае. Длина реки составляет 425 км, из них 409 км расположены в МНР. В Российской Федерации находится лишь устьевая часть реки длиной 16 км. Площадь водосбора – 26 900 км<sup>2</sup>, 95 % которой приходится на МНР. Река Ульдза имеет определяющее значение в водном балансе Торейских озер и природы всего Даурского степного экологического региона в целом.

За последние 200 лет Торейские озера неоднократно высыхали и наполнялись с периодичностью около 30 лет. Непостоянный гидрологический режим исследуемых озер обусловлен циклическими изменениями климата [Обязов, 1996]. Бассейн Торейских озер расположен в области резко континентального климата в зоне недостаточного увлажнения. Подробный анализ климатических изменений, происходящих на территории Юго-Восточного Забайкалья с середины XX в. по настоящее время, выполнен В. А. Обязовым с коллективом авторов в [Обязов, Кирилюк, Кирилюк, 2021]. Авторами отмечается, что с 1951 г. на исследуемой территории по климатическим данным наблюдается потепление. Однако в последние три десятилетия происходит замедление роста температуры воздуха. В период с 1951 по 1990 г. рост средней годовой температуры составлял в среднем 0,26 °С/10 лет, а в период с 1990 по 2019 г. – 0,09 °С/10 лет. В изменении атмосферных осадков прослеживается четко выраженная внутривековая цикличность. В анализируемом периоде авторы выделяют два таких цикла: с 1955 по 1982 г. и с 1983 по 2011 г. При этом атмосферные осадки, превышающие многолетнюю норму, наблюдались с 1955 по 1963 и с 1983 по 1998 г. А в периоды 1964–1982 гг. и 1999–2011 гг. преобладали годы с осадками ниже нормы.



Рис. 1. Схема расположения Торейских озер и проектируемого водохранилища. 1 – населенные пункты, 2 – гидрологические посты, 3 – метеорологическая станция, 4 – государственная граница, 5 – гидрологическая сеть, 6 – Торейские озера, 7 – участок расположения гидротехнического сооружения

Торейские озера и нижнее течение р. Ульзда расположены в зоне «рассеивания» стока [Болгов, 1985], 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.

В результате спутникового мониторинга Земли на территории МНР в июле 2020 г. обнаружено начало строительства гидротехнического сооружения на р. Ульзда в 15 км от н. п. Наранбулаг. Строительство началось без согласования с российской стороной. По предварительным оценкам, строительство данного сооружения может вызвать существенное изменение гидрологического цикла реки, а в дальнейшем Торейских озер, что может привести к утрате Торейскими озерами статуса объекта Всемирного наследия.

По информации, находящейся в открытом доступе, известно, что строительство гидротехнического сооружения на р. Ульзда ведется в рамках реализации проекта «План управления бассейном реки Ульзда-Гол», в результате которого планируется создание в бассейне реки водохранилищ, регулирующих ее сток. Данный проект является составной частью монгольской программы «Хух морь», которая предусматривает перераспределение стока наиболее полноводных северомонгольских рек, трансграничных с Россией, на засушливый юг и юго-восток МНР (регион Гоби). Кроме того, предусмотрена

их стыковка с водными ресурсами Автономной Внутренней Монголии – сопредельного с МНР обширного региона Китая<sup>1</sup>. На официальном сайте о государственных закупках в техническом задании, размещенном в проектной документации к тендеру, заявлены следующие характеристики возводимого водохранилища на р. Ульдза: высота – 12 м, длина – около 700 м, объем – 27 млн м<sup>3</sup>, площадь – до 10 км<sup>2</sup>, функция – экологическое восстановление реки путем стабилизации стока [Улз голын урсцыг ... , 2021].

Создание водохранилища, впоследствии изъятие воды из реки для его заполнения, а также испарение с его водной поверхности – все это может привести к увеличению продолжительности маловодных периодов и сокращению многоводных, а также в целом к снижению уровня воды в Торейских озерах. Нарушение гидрологических циклов водности реки и озер повлечет неблагоприятные экологические последствия. Возможный эффект от создания плотины описан в [Симонов, Кирилук, 2021]: затруднение миграции водных организмов и реколонизация пересыхающих водоемов; сокращение стока наносов, изменение режимов накопления и выветривания солей (изменение продуктивности водоемов); вторичные локальные, региональные и континентальные экологические и водохозяйственные последствия (например, изменение миграционных потоков и мест гнездования птиц с волнообразным сокращением их численности).

Для оценки вероятных последствий гидротехнического строительства необходимо оценить влияние сокращения притока на гидрологический режим Торейских озер путем восстановления и моделирования водного баланса озер, что возможно сделать с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

### Материалы и методы исследования

Гидрологические наблюдения на оз. Барун-Торей проводились 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 основным источником информации на сегодняшний день являются спутниковые данные.

Данные наблюдений оз. Барун-Торей позволили В. А. Обязову рассчитать водный баланс за период 1965–1980 гг., а в дальнейшем с коллективом авторов, используя данные эпизодических измерений, выполнить расчет изменения уровня воды в озере до 2009 г. [Influence of climate ... , 2012].

Авторами настоящей статьи в [Kashnitskaya, Bolgov, 2021] решено уравнение водного баланса Торейских озер за период с 1965 по 2018 г. с использованием материалов наблюдательной 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.)) и данных дистанционного зондирования Земли космических аппаратов серий Landsat и

<sup>1</sup> На российско-монгольской границе может возникнуть зона экологического бедствия. URL: <http://www.igras.ru/news/2864> (дата обращения: 15.05.2021).

Sentinel-2 с пространственным разрешением 30 и 10 м соответственно за безледоставный период (1989–2020 гг.). Привлеченная спутниковая информация находится в открытом доступе ([earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov)) и имеет стандартный уровень обработки Level 1. Ввиду линейных размеров Торейских озер исходные спутниковые данные являются приемлемыми для исследования. Анализ данных космических аппаратов, включая вычисление площади водной поверхности с помощью спектрального индекса MNDWI, наиболее точно выделяющего границу «суша – вода» [Gao, 1996; Automated water ... , 2014; Water Feature Extraction ... , 2014; Кашницкая, 2021], производился в web-сервисе Vera-Science (<http://sci-vega.ru/>), который является составной частью Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» [Опыт эксплуатации и развития ... , 2019; Usage Experience and ... , 2022]. Проанализированы все доступные данные – 113 спутниковых изображений. Площади водной поверхности Торейских озер, полученные за один год, осреднялись для того, чтобы учесть сезонную изменчивость озер внутри года. На рис. 2 представлены изображения водного зеркала Торейских озер, полученные по данным спектрального индекса MNDWI, которые иллюстрируют изменение площади водной поверхности Торейских озер на протяжении 2017 г.

На основе вышеперечисленных данных создана модель водного баланса Торейских озер на языке программирования Python с использованием возможностей проекта Jupyter Notebook (<https://jupyter.org/>) и библиотеки scikit-learn (<https://scikit-learn.org/stable/modules/clustering.html>).

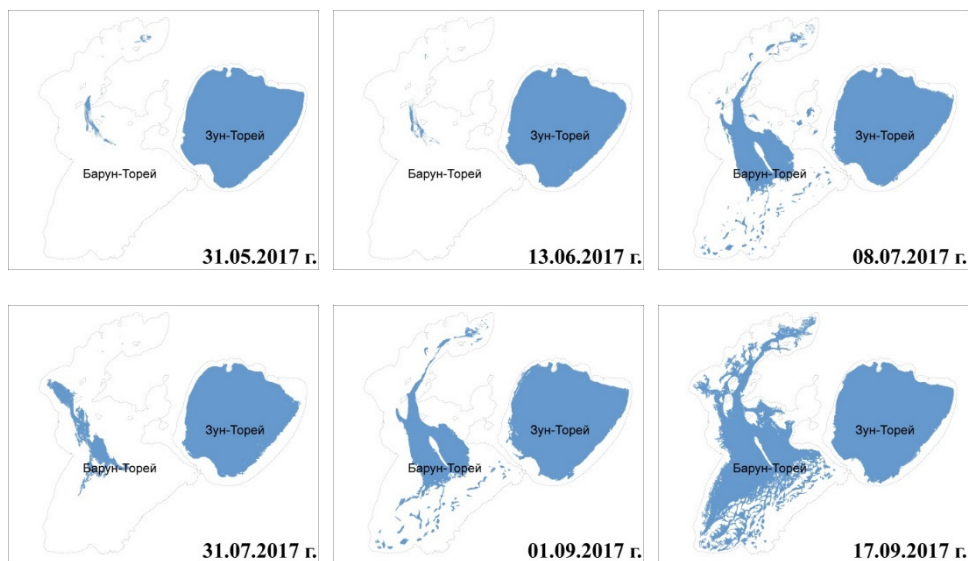


Рис. 2. Карта-схема динамики водной поверхности озер Барун-Торей и Зун-Торей в течение 2017 г., построенная по данным космических аппаратов серии Landsat и Sentinel-2

Калибровка модели водного баланса Торейских озер проведена по результатам работ В. А. Обязова [1996], а также с учетом представлений о возможных потерях воды в разные циклы водности.

Достоверность полученной модели водного баланса подтверждается совмещенным анализом графиков изменения уровня оз. Барун-Торей, построенных по данным наземных гидрологических измерений и спутникового мониторинга. Полученные данные позволили оценить изменения гидрологического режима Торейских озер, в том числе вызванные строительством гидротехнического сооружения на р. Ульда.

### Основные результаты и их обсуждение

По данным предложенной модели водного баланса, в многолетнем изменении уровня Торейских озер прослеживается цикличность. В 1965 г. отмечался максимальный уровень озер. В последующие годы происходило снижение уровня воды с достижением минимальных значений в 1982–1983 гг. После наблюдалось наполнение озер. Максимальное значение уровня в Барун-Торее было в 1999 г., а в Зун-Торее в 1998 г. Затем фиксировалось уменьшение уровня воды в озерах, которое длится до настоящего времени. Отметим, что по спутниковым данным, в период 2009–2020 гг. регулярно наблюдалось практически полное высыхание котловины оз. Барун-Торей, а с 2017 – оз. Зун-Торей. Информация, получаемая с космических аппаратов, позволяет отслеживать наполнение котловины озер, обусловленное выпадением атмосферных осадков. Относительно стабильное наполнение оз. Барун-Торей началось в сентябре 2020 г.

Для оценки влияния строящегося на р. Ульда водохранилища на гидрологический режим Торейских озер проведены расчеты с уменьшением притока на величину испарения с акватории данного водохранилища. Степень воздействия водохозяйственных изъятий из р. Ульда на гидрологический режим Торейских озер проанализирована посредством расчетов с сокращением притока на 10 и 20 % (рис. 3).

Результаты расчетов водного баланса Торейских озер с учетом испарения с поверхности водохранилища показывают снижение уровня в оз. Барун-Торей в среднем на 0,10 м, в Зун-Торее – на 0,15. Существенных изменений в циклах водности озер не происходит, однако в период маловодной фазы озера высыхают на 1 год ранее, чем наблюдалось в естественных условиях. При сокращении притока на 10 % наблюдается снижение уровня воды в оз. Барун-Торей на 0,27 м, в оз. Зун-Торей – на 0,44. При сокращении притока на 20 % отмечается снижение уровня в озерах: Барун-Торей – на 0,55 м, Зун-Торей – на 0,85. При этом сокращение притока на 10 и 20 % приводит к позднему наполнению озер после периода малой водности, в среднем на 1 год, и более быстрому высыханию озер в период маловодной фазы гидрологического цикла, следующий после многоводной фазы, на 2 и 3 года соответственно.

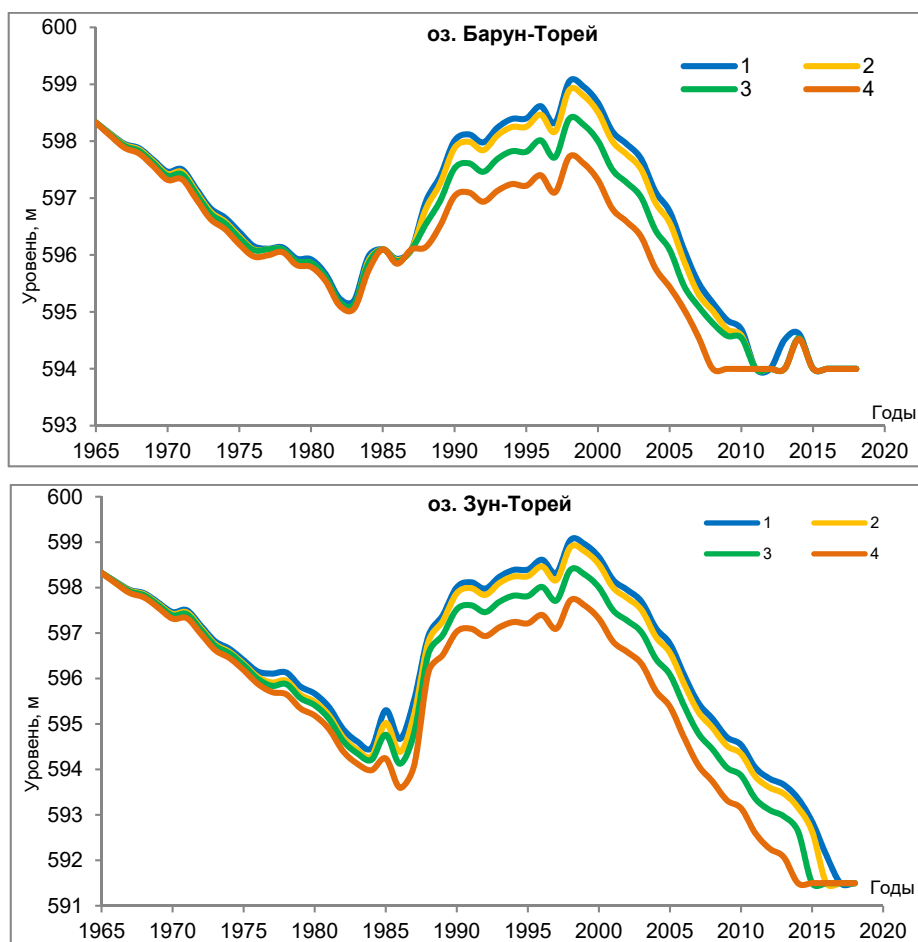


Рис. 3. Многолетние изменения уровня режима озер Барун-Торей и Зун-Торей с учетом вариации величины притока в озера:

1 – естественные условия; 2 – сокращена на величину испарения с поверхности водохранилища, 3 – сокращена на 10 %, 4 – сокращена на 20 %

Учитывая особенность уровня режима Торейских озер, заключающуюся в его цикличности, рассмотрено влияние водохранилища на уровень Торейских озер в различные фазы гидрологического цикла. Маловодная фаза на данных озерах наблюдалась с 1965 по 1982 г. и с 2000 по 2018 г. В эти периоды отмечается падение уровня воды в оз. Барун-Торей в среднем на 0,09 м, в Зун-Торее – на 0,15. В многоводный период, наблюдаемый с 1982 по 1999 г., среднее снижение уровня составило 0,11 м в оз. Барун-Торей и 0,17 м – в оз. Зун-Торей. Водохозяйственные изъятия, рассмотренные на примере сокращения притока на 10 и 20 %, способны привести к снижению уровня в оз. Барун-Торей в период маловодной фазы на 0,2 и 0,42 м соответственно, а в период многоводной фазы – на 0,42 и 0,85 м. Аналогичное сокращение притока приводит к уменьшению уровня в оз. Зун-Торей: в маловодную фазу – на 0,39 и 0,75 м, в многоводную фазу – на 0,54 и 1,08 соответственно.

Изменение и смещение во времени гидрологических циклов Торейских озер, а также уменьшение их водности способны привести к неблагоприятным последствиям для всего экологического региона Торейских озер. В период маловодной фазы сотрудниками Даурского заповедника и Института природных ресурсов, экологии и криологии (ИПРЭК СО РАН) как результат закономерного увеличения минерализации воды отмечено снижение видового разнообразия на всех уровнях экосистемы Торейских озер, вплоть до полного исчезновения гидробионтов и других водных организмов [Long-term fluctuations ... , 2019, Bazhenov, 2019], а также изменение видового состава водоплавающих и околоводных птиц, впоследствии – существенное сокращение их численности и видового состава [Кирилюк, Симонов, 2012].

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 хр. Хэнтэй [Горошко, 2011].

### **Выводы**

Торейские озера являются уникальным водным объектом, представляющим собой сложную гидрологическую систему замкнутых озер. Изменение водного режима данных озер носит циклический характер, обусловленный климатическими колебаниями. Однако наземные наблюдения за гидрологическим режимом Торейских озер прекращены в 1980 г. В настоящее время строится гидротехническое сооружение на трансграничной р. Ульдза, питающей эти озера, реализация деятельности которого может привести к сложным и необратимым последствиям для всего экологического региона Торейских озер.

В результате проделанной работы создана модель водного баланса Торейских озер, которая адекватно производит расчет уровней воды в исследуемых водоемах. На основе созданной модели получен гидрологический режим Торейских озер за период с 1965 по 2018 г., в том числе с учетом сокращения притока на 10 и 20 %, отражающего водохозяйственные изъятия воды.

Установлено, что в результате строительства проектируемого водохранилища потери объема воды, затрачиваемого на испарение с его поверхности, способны привести к снижению уровня воды в Торейских озерах в среднем на 0,1–0,15 м и высыханию озер ранее на 1 год в период маловодной фазы. В случае введения в эксплуатацию строящегося гидротехнического сооружения изъятия воды в объеме, равном 10 % от стока р. Ульдза, могут способствовать снижению уровня в озерах в среднем на 0,27 м в оз. Барун-Торей и 0,44 – в оз. Зун-Торей, а при объеме, равном 20 %, – на 0,55 и 0,85 м соответственно. При этом озера могут высыхать на 2 и 3 года ранее.

### **Список литературы**

Болгов М. В. Дождевые паводки водотоков Монгольской Народной Республики // Метеорология и гидрология. 1985. № 8. С. 83–88.



*Буторин А. А.* Ландшафты Даурии – новый российский объект Всемирного наследия // Вестник Комиссии РФ по делам ЮНЕСКО. 2017. № 32. С. 116–143.

*Горошко 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», посвящ. 30-летию ИПРЭК СО РАН. 27–30 сент. 2011 г., Чита, Россия. Чита : Изд-во ЗабГПУ. С. 141–143.

*Кашницкая М. А.* Исследование динамики площадей водной поверхности озер степной зоны Восточного Забайкалья на основе данных дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 3. С. 242–253. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-3-242-253>

*Кирилук О. К., Симонов Е. А.* Проблемы адаптации к изменению климата в бассейнах рек Даурии: экологические и водохозяйственные аспекты // Сборник научных трудов Государственного природного биосферного заповедника «Даурский». Вып. 5 / под ред.: О. К. Кирилук, Е. А. Симонова. Чита : Экспресс-издательство, 2012. 180 с.

*Обязов В. А.* Закономерности увлажнения степной зоны Забайкалья и их проявления в режиме озер (на примере Торейских озер) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Чита, 1996. 21 с.

*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. <https://doi.org/10.34753/HS.2021.3.3.204>

Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») / Е. А. Лупян, А. А. Прошин, М. А. Бурцев, А. В. Кашницкий, И. В. Балашов, С. А. Барталев, А. М. Константинова, Д. А. Кобец, А. А. Мазуров, В. В. Марченков, А. М. Матвеев, М. В. Радченко, И. Г. Сычугов, В. А. Толпин, И. А. Уваров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16, № 3. С. 151–170.

*Симонов Е. А., Кирилук В. Е.* Ход «Синим конем»: трансграничные риски стратегий климатической адаптации и «климатических обязательств» на примере Монголии // Трансграничное водное сотрудничество в странах ВЕКЦА: извлеченные уроки и направления будущего развития : материалы Междунар. конф. СВО ВЕКЦА. Ташкент, 2021, С. 46–61.

Automated water extraction index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery / G. L. Feyisa, H. Meilby, R. Fensholt, S. R. Proud // Remote Sensing of the Environment. 2014. N 140. P. 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>

*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, N 1. P. 23–33. <https://doi.org/10.1134/S1995425519010037>

*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. P. 257–266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)

Influence of climate change on vegetation and wildlife in the Daurian Eco-region / V. E. Kirilyuk, V. A. Obyazov, T. E. Tkachuk, O. K. Kirilyuk // Eurasian steppes. Ecological problems and livelihoods in a changing world. Springer. Dordrecht. 2012. P. 397–424.

*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. P. 341–344. <https://doi.org/10.3103/S1068373921050095>

Long-term fluctuations of the aquatic ecosystems in the Onon-Torey plain (Russia) / B. B. Bazarova, N. A. Tashlykova, E. Yu. Afonina, A. P. Kuklin, P. V. Matafonov, G. Ts. Tsybekmitova, E. P. Goralcheva, M. Ts. Itigilova, A. V. Afonin, M. N. Butenko // Acta Ecologica Sinica. 2019. Vol. 39, N 2. P. 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.08.003>

Torey Lakes. URL: <https://rsis.ramsar.org/rs/683> (дата обращения: 16.04.2021).

Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System / E. A. Loupian, M. A. Bourtsev, A. A. Proshin, A. V. Kashnitskii, I. V. Balashov, S. A. Bartaliev, A. M. Konstantinova, D. A. Kobets, M. V. Radchenko, V. A. Tolpin, I. A. Uvarov // Remote Sensing. 2022. Vol. 14, N 1. P. 77. <https://doi.org/10.3390/rs14010077>

Water Feature Extraction and Change Detection Using Multitemporal Landsat Imagery / K. Rokni, A. Ahmad, A. Selamat, S. Hazini // *Remote Sensing of the Environment*. 2014. N 6. P. 4173–4189.

УЛЗ ГОЛЫН УРСЦЫГ НЭМЭГДҮҮЛЭХ «ОНОН-УЛЗ». URL: <https://www.tender.gov.mn/en/invitation/detail/1570643029346> (дата обращения: 15.05.2021).

## References

Bolgov M.V. Dozhdevye pavadki vodotokov Mongolskoi narodnoi respubliki [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)

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)

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* [Proceedings of the scientific conference “Evolution of biogeochemical systems (factors, processes, patterns) and problems of nature management” and the symposium “Geoecological, economic and social problems of nature management” dedicated to 30th anniversary of IPREC SB RAS]. Chita, 2011, vol. 1, pp. 141-143. (in Russian)

Kashnitskaya M.A. Issledovanie dinamiki ploshchadei vodnoi poverkhnosti ozer stepnoi zony Vostochnogo Zabaikal'ya na osnove dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli [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]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space], 2021, vol. 18, no. 3, pp. 242-253. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-3-242-253> (in Russian)

Kirilyuk O.K., Simonov E.A. Problemy adaptatsii k izmeneniyu klimata v basseinakh rek Daurii: ekologicheskie i vodokhozyaistvennye aspekty [Problems of adaptation to climate change in the river basins of Dauria: environmental and water management aspects]. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika “Daurskii”* [Collection of scientific works of the State Natural Biosphere Reserve “Daursky”]. Chita, Ekspres-izdatel'stvo Publ., 2012, 180 p. (in Russian)

Obyazov V.A. *Zakonomernosti uvlazhneniya stepnoi zony Zabaikal'ya i ikh proyavleniya v rezhime ozer (na primere Toreiskikh ozer)* [Patterns of humidification of the steppe zone of Transbaikalia and their manifestations in the regime of lakes (on the example of the Torey lakes)]. Cand. sci. diss. abstr. Chita, 1996, 21 p. (in Russian)

Obyazov V.A., Kirilyuk V.E., Kirilyuk A.V. Toreiskie ozera kak indikator mnogoletnikh izmenenii uvlazhnenosti Yugo-Vostochnogo Zabaikal'ya i Severo-Vostochnoi Mongolii [Torey lakes as an indicator of moisture long-term changes in Southeastern Transbaikalia and Northeastern Mongolia]. *Gidrosfera. Opasnye protsessy i yavleniya* [Gidrosphere. Hazard processes and phenomena], 2021, vol. 3, no. 3, pp. 204-232. <https://doi.org/10.34753/HS.2021.3.3.204> (in Russian)

Loupian 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. Opyt ekspluatatsii i razvitiya tsentra kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovyykh dannykh (TsKP “IKI-Monitoring”) [Experience of development and operation of the IKI-Monitoring center for collective use of systems for archiving, processing and analyzing satellite data]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space], 2019, vol. 16, no. 3, pp. 151-170. (in Russian)

Simonov E.A., Kirilyuk V.E. Hod “Sinim konem”: transgranichnye riski strategij klimaticheskoy adaptatsii i “klimaticheskikh objazatel'stv” na primere Mongolii [The “Blue Horse” move: transboundary risks of climate adaptation strategies and “climate commitments” on the example of Mongolia.] *Materialy mezhdunarodnoj konferentsii SVO VEKCA “Transgranichnoe vodnoe sotrudnichestvo v stranah VEKCA: izvlechennyye uroki i napravleniya budushhego razvitiya”* [Proceedings of the NWO

EECCA International Conference “Transboundary Water Cooperation in the EECCA Countries: Lessons Learned and Directions for Future Development”]. Tashkent, 2021, pp. 46-61. (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. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>

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. <https://doi.org/10.1134/S1995425519010037>

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. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)

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.

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. <https://doi.org/10.3103/S1068373921050095>

Bazarova B.B., Tashlykova N.A., Afonina E.Yu., Kuklin A.P., Matafonov P.V., Tsybekmitova G.Ts., Goralcheva 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. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.08.003>

*Torey Lakes*. Available at: <https://rsis.ramsar.org/ris/683> (date of access: 16.04.2021).

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, vol. 14, no. 1, p. 77. <https://doi.org/10.3390/rs14010077>

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.

Улз голын урсцыг нэмэгдүүлэх “Онон-Улз”. Available at: <https://www.tender.gov.mn/en/in- vitation/detail/1570643029346> (date of access: 15.05.2021).

#### Сведения об авторе

**Кашницкая Марина Алексеевна**  
 младший научный сотрудник  
 Научно-исследовательский центр  
 космической гидрометеорологии  
 «Планета»  
 123242, г. Москва, Большой Предтеченский  
 переулок, 7  
 e-mail: [marina-sosnina1993@yandex.ru](mailto:marina-sosnina1993@yandex.ru)

#### Information about the author

**Kashnitskaya Marina Alekseevna**  
 Junior Scientist  
 State Research Center for Space  
 Hydrometeorology “Planeta”  
 7, Bolshoy Predtechensky st., Moscow, 123242,  
 Russian Federation  
 e-mail: [marina-sosnina1993@yandex.ru](mailto:marina-sosnina1993@yandex.ru)

Код научной специальности: 25.00.27

Статья поступила в редакцию 04.02.2022; одобрена после рецензирования 26.02.2022; принята к публикации 03.03.2022  
 The article was submitted February, 4, 2022; approved after reviewing February, 26, 2022; accepted for publication March, 3, 2022