

современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны / Материалы V Международного научного семинара. Минск, 2024. С. 36-38.

Денисенков В.П. Стратиграфия торфяных залежей болот юго-восточной части Дарвинского государственного заповедника // Труды Дарвинского гос. заповедника. 1968. Вып. IX. С. 79–93.

Денисенков В.П. Растительность и стратиграфия залежи болот Дарвинского заповедника: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Л., 1969. 23 с.

Денисенков В.П. Растительность и торфяная залежь всплывших торфяных островов Рыбинского водохранилища // Вестн. ЛГУ. 1981. Сер. Геология. География. Вып. 3., № 18. С. 70–77.

Методы исследования торфяных болот / Под ред. М. И. Нейштадт. В 2-х частях // Труды центральной торфяной опытной станции. М., 1939. Ч. 1. 171 с.; ч. 2. 319 с.

Мухин А.К. Влияние Рыбинского водохранилища на положение уровня грунтовых вод на примере Мшичинского экологического профиля Дарвинского заповедника // Материалы Вологод. обл. науч.-практ. конф. 2015. Вып. 11. С. 102–109.

## **FORMATION OF SMALL MIRES IN THE DARWIN NATURE RESERVE (VOLOGDA REGION)**

O.V. Galanina, M.E. Legotin, P.A. Chernenko

This article is dedicated to mires and mire vegetation studies in the Darwin State Nature Reserve. The formation and development of small swamps occur in conditions of water fluctuating levels of the Rybinsk Water Reservoir. These small mires are often can be found near the coast and some of them have connection to the reservoir. But according to our data they are might be located at a considerable distance from the reservoir shore, which is up to 1.2 km. The tiny size and shallow peat deposits allow us to consider these natural objects as examples of modern dryland swamping.

## **РАЗВИТИЕ ОЗЕР В ВЫСОКОГОРЬЕ ГОРНОГО МАССИВА ТАВАН-БОГДО-ОЛА (АЛТАЙ) ОБСЛОВЛЕННОЕ ДИНАМИКОЙ ЛЕДНИКОВ**

**Д.А. Ганюшкин**

*Санкт-Петербургский государственный университет*

Анализ разновременных космических снимков, дополненный данными полевых наблюдений позволил выявить увеличение количества (в 1,6 раз) и площади (в 3,2 раз) озер в высокогорье (в пределах зоны бывшего распространения ледников в максимум малого ледникового периода). горного массива Таван-Богдо-Ола в период с 1968 по 2020 гг. Изменения преимущественно связаны с возникновением и развитием приледниковых озер за счет таяния и сокращения ледников.

Новейшая тенденция к возникновению новых приледниковых озер, в горных районах Земли (Shugar et al, 2020), способствующая учащению опасных гидрологических процессов, отмечается и на территории Алтая (Пряхина и др., 2021; Пряхина и др., 2024; Распутина и др., 2022; Распутина и др., 2024). Общий тренд к деградации ледников здесь проявляется с окончания малого ледникового периода (МЛП). В горном массиве Таван-Богдо-Ола с МЛП ледники потеряли около 161 км<sup>2</sup> площади (Ganyushkin et al, 2022). Освободившиеся от ледников поверхности неустойчивы как в силу активной эрозии, так

и термокарста по погребенным льдам, формирующиеся у краёв отступающих ледников озера имеют, соответственно, изменчивые очертания. Цель данного исследования - оценка изменений озёр в интервале 1968-2020 гг. в пределах зоны дегляциации после максимума МЛП массива Таван-Богдо-Ола.

Данная работа представляет развитие более ранних исследований (Ганюшкин, 2023) современной динамики высокогорных озёр. Для всего массива проведен анализ космических снимков Согопа (1968/08/10, пространственное разрешение 1,8 м), Spot 5 (2010/08/31, пространственное разрешение 2,5 м) и Sentinel 2 (2020/06/17, пространственное разрешение 10 м). Также для отдельных озёр рассматривались аэрофотоснимки (1962/07/31) снимки Landsat 7 (2000 г.) Sentinel 2 (2024/08/15). Для снимков Sentinel 2 использовалась комбинация каналов «естественные цвета» (432). Использованные в работе оценки масштабов оледенения массива на максимум МЛП, 1968, 2010 и 2020 гг. были нами получены ранее (Ganyushkin и др., 2022). Также использовались результаты полевых многолетних исследований массива в период 1999-2021: повторные фотографии и GPS привязки озёр северного склона массива. Дешифрирование озёр производилось в ручном режиме. Выделенные озёра по морфологии были отнесены к 3 типам: термокарстовые, приледниковые и моренно-подпрудные, представляющие собой следующую фазу развития приледниковых озёр при потере ими контакта с отступающими ледниками. При каталогизации озёр использовалась SRTM 3 (The NASA Version 3.0 SRTM Global 1 arcsecond). Она получена по состоянию на 2000 г., больше соответствуя реконструируемым прошлым временным срезам.

Объект исследования - горный массив Таван-Богдо-Ола (главная вершина г. Кийтын, 4374 м н.у.м., 87° 49' в.д. и 49° 09' с.ш.). Ближайшая метеостанция Бертек (высота 2200 м) действовала в период 1959-1982 гг., по ее данным у подножья массива климат холодный и аридный (средняя летняя температура 8/2°C, среднегодовое количество осадков 200,6 мм), в высокогорье массива количество осадков составляет от 300-400 мм на востоке до более 850 мм на западе (Ганюшкин и др., 2017). В ряде восстановленных средних летних температур для мст. Бертек за период с конца 1930-х по 2020 г. (Ганюшкин, 2023) выделяется скачок летних температур в конце 1990-х году, после чего они стабилизировались на высоком уровне. В отношении количества осадков, согласно данным расположенной к северо-западу от массива действующей мст. Кара-Тюрек, после 2010 отмечается снижение годовой суммы осадков (Ганюшкин, 2023).

К 1968 г. площадь оледенения массива Таван-Богдо-Ола по отношению к максимуму МЛП сократилась на 74,4 км<sup>2</sup> (на 21%). Если отнести максимум МЛП к 1850 г., то средняя скорость сокращения оледенения была относительно низкой (0,63 км<sup>2</sup>/год или 0,18%/год). Большая часть ледников слабо отступила от своих позиций в МЛП, только фронты крупных долинных ледников отодвинулись на 800-1500 м. Всего было картировано 76 озёр суммарной площадью 0,301 км<sup>2</sup>. На 1968 г. отношение площади озёр к площади дегляциации массива после МЛП составило 0,0040.

В период с 1968 г. по 2010 г. площадь ледников сократилась на 77,98 км<sup>2</sup> (на 28%), средняя скорость сокращения ледников составляла 1,86 км<sup>2</sup>/год (0,67%/год). Число озёр возросло до 103, а суммарная площадь до 0,681 км<sup>2</sup>, отношение площади озёр к площади дегляциации после МЛП также возросло (0,0045).

С 2010 по 2020 гг. площадь ледников массива уменьшилась на 8,59 км<sup>2</sup> (4,3%), т.е. на 0,86 км<sup>2</sup>/год (0,67%/год). Несмотря на замедление дегляциации, число озёр возросло до 124, а суммарная площадь до 0,961 км<sup>2</sup>. Таким образом, площадь озёр выросла на 41%. Отношение площади озёр к площади зоны дегляциации после МЛП увеличилось до 0,0060.

Доля термокарстовых озёр в суммарной площади озёр за весь период исследования существенно не менялась: в 1968 г. она составляла 6 %, в 2010 г. 5,4%, в 2020 г. 5,5%, что

подтверждает рост площадей озер данного типа (за счет развития термокарста по погребенным и мертвым ледниковым льдам). В то же время соотношение между моренно-подпрудными и приледниковыми озерами резко менялось: доля площади моренно-подпрудных озер в 1968 г. составляла - 44,2%, в 2010 г. - 73,8%, в 2020 г. - 63,2%; приледниковых - 48,9%, 20,9% и 31,2%, соответственно. Это колебание отражает скорость деградации: в 1968 г. большинство ледниковых озер только формировались, не потеряв контакта с ледниками, соответственно, преобладали приледниковые озера. Ускорение отступление на следующем этапе вызвало потерю контакта с ледниками и переход множества озер в разряд моренно-подпрудных. В 2010-2020 гг. скорость сокращения ледников несколько уменьшилась, в то же время появились новые приледниковые озера.

Рост площади озер происходил как за счет развития уже существовавших озер, так и формирования новых озер. Так в период с 2010 г. по 2020 г. возникло 33 новых озера, из них 14- приледниковые, 6- моренно-подпрудные, 13- термокарстовые, суммарная площадь появившихся озер составила 0,074 км<sup>2</sup>, при этом 55% от данной площади приходилась на долю приледниковых озер. Напротив, исчезло 4 озера суммарной площадью 0,001 км<sup>2</sup>, все они относились к термокарстовым.

Большинство озер со временем увеличивались в размерах (рис. 1). Так у озер, существовавших в 2010 году, суммарная площадь к 2020 г. выросла на 30%. Основные механизмы роста озер: увеличение озерной котловины за счет отступления ледников, расширение термокарстовых котловин при дальнейшем вытаивании подземных льдов и просадках грунта, заполнение уже существующих котловин за счет роста ледникового стока.

В некоторых случаях происходил регресс озер, когда озеро, достигнув максимальных размеров либо прорывалось, либо снижало уровень из-за сокращения ледникового стока по мере удаления от него ледников. Последнее, например, справедливо для озера Барсово (северный склон массива, басс. р. Аргамджи), данное озеро было спущено в 2022 г. (рис. 2).

Распределение площадей озер по высоте в 1968 г. имело 3 максимума: 2800-2850 м (наибольшая площадь озер среди всех высотных интервалов), 2950-3000 и 3050-3100 м. К 2020 году эти максимумы сохранились, но два верхних стали очень размытыми и неявными в связи с формированием множества новых озер в диапазоне высот 2950-3100 м. Есть основания предполагать, что в перспективе основной максимум распределения площадей озер. В распределении числа озер по высоте в 1938 г. выделялось 2 четких равнозначных максимума: 2750-2800 и 2900-2950 м. К 2020 г. максимум распределения сместился на высоту 3000-3050 м, он стал носить размытый характер. Это также связано с формированием большинства новых озер в интервале высот 2950-3100 м.

Диапазон высот распространения озер изменился с 1968 г. по 2010 г. от 674 м до 507 м. Основной вклад в это изменение внесло появление термокарстовых озер в нижней части диапазона, отсутствие существенных изменений верхнего предела развития озер было связано с тем, что новые приледниковые озера появлялись на относительно низко расположенных ледниках.

Выявленное нами увеличение числа, а также абсолютной и относительной площади озер района исследования обусловлено изменением климата: потепление вызвало интенсификацию отступления ледников и развитие термокарстовых процессов. Вторая причина увеличения озёрности – увеличение таяния ледников. Согласно расчетам абляции, проведенным для высоты границы питания (3380 м) для ледника Аргамджи-2 (Ганюшкин, 2023) (рис. 3) начиная с 1998 года таяние ледников резко возросло, причем в 2010-2020 гг. таяние еще увеличилось.

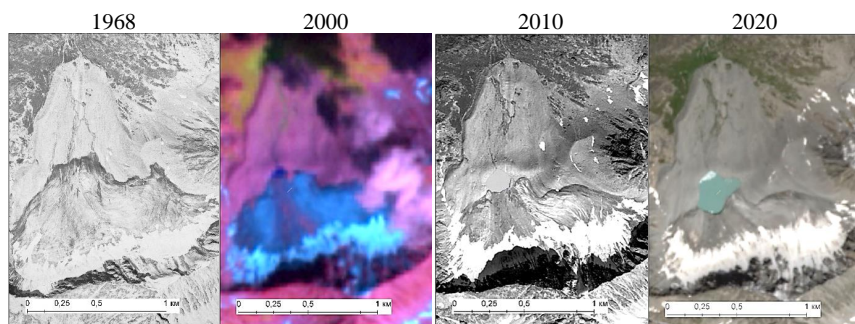


Рис. 1. Рост приледникового озера в бассейне р. Поштых, западный склон массива

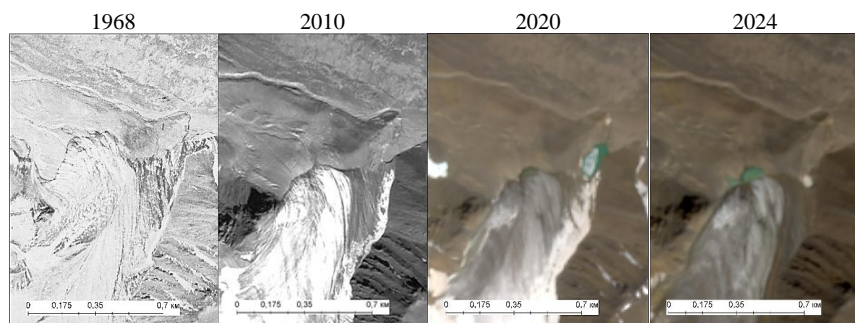


Рис. 2. Эволюция озера Барсово

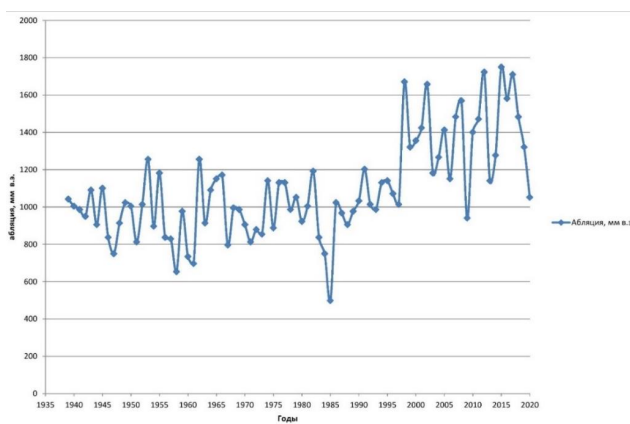


Рис. 3. Результаты расчетов абляции для ледника Аргамджи-2

Анализ спутниковых снимков по части массива на 2024 г. позволяет предполагать еще большее ускорение процесса формирования и роста приледниковых озер.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 22-67-00020*

### **Литература**

Ганюшкин Д. А. Динамика озер в высокогорье горного массива Таван-Богдо- Ола (Алтай) // Пятые Виноградовские чтения. Гидрология в эпоху перемен / Сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского ученого Ю.Б. Виноградова. СПб: ООО «Издательство БВМ», 2023. С. 132–137.

Shugar D.H., Burr A., Haritashya U.K., Kargel J.S., Watson C.S., Kennedy M.C., Bevington A.R., Betts R.A., Harrison S., Stratman K. Rapid worldwide growth of glacial lakes since 1990 // Nature climate change. 2020. Vol. 10. P. 939-945.

### **DEVELOPMENT OF LAKES IN THE HIGHLANDS OF THE TAVAN BOGDO MOUNTAIN MASSIF (ALTAI) CAUSED BY GLACIER DYNAMICS**

D.A. Ganyushkin

Analysis of multi-temporal space images, supplemented by field observation data, revealed an increase in the number (by 1.6 times) and area (by 3.2 times) of lakes in the highlands (within the zone of former glacier distribution during the Little Ice Age maximum). of the Tavan Bogdo mountain range in the period from 1968 to 2020. The changes are mainly associated with the emergence and development of periglacial lakes due to the melting and shrinkage of glaciers.

### **ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЁР ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

**А.Т. Горшкова, В.П. Горбунова, Р.А. Рыков, Н.В. Бортникова, Д.А. Семанов**

*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ*

В статье рассматриваются пространственно-временные изменения количества и морфометрических характеристик озёр Республики Татарстан, их генезис и современные экологические проблемы. Представлены данные об изменении озёрного фонда республики за последние 55 лет, причины деградации природных водоёмов, влияние антропогенных факторов и климатических изменений. Особое внимание уделяется инвентаризации водоёмов с применением ГИС-технологий и оценке качества поверхностных вод. Предложены рекомендации по сохранению и мониторингу состояния озёр.

Пространственно-гидрографический анализ распределения озёр по территории Республики Татарстан стартовал на 75 лет позже изучения более богатой водными ресурсами речной сети. Директории базы данных автоматизированной системы оценки водных ресурсов (БД АСОВР) территории Республики Татарстан по рекам содержат сведения с периода их изучения конца XIX в., когда профессором Иваном Леваковским была предпринята первая попытка оценки водности по густоте речной сети Казанской Губернии. Основное внимание уделялось тогда крупным судоходным рекам (Волга, Кама и Вятка), на которых в этот период открывались урочные посты (Верхний Услон, Камское Устье, Тетюши, Вязовые, Икское Устье, Елабуга, Соколы Горы, Лаишево,