

УДК 502.171
ББК 26.8
Р27

*Печатается по решению Ученого совета
географического факультета МГУ (протокол № 7 от 09.09.2022 г.)*

Редакционная коллегия:

д-р экон. наук, проф. *М.В. Слипенчук* (отв. ред.);
д-р экон. наук, проф. *С.Н. Кириллов* (координатор); д-р биол. наук, проф. *Е.И. Голубева*;
д-р геогр. наук, проф. *А.В. Евсеев*; д-р геогр. наук, проф. *Ю.Л. Мазуров*;
канд. геогр. наук, доц. *Т.А. Воробьева*; канд. геогр. наук, доц. *Т.Ю. Зенгина*;
канд. геогр. наук, доц. *А.А. Пакина*; канд. геогр. наук, вед. науч. сотр. *Г.Д. Мухин*;
канд. геогр. наук, ст. науч. сотр. *Е.В. Глухова*; канд. геогр. наук, ст. науч. сотр. *И.Ю. Каложная*;
канд. геогр. наук, ст. науч. сотр. *И.Л. Марголина*; канд. геогр. наук, ст. науч. сотр. *В.А. Топорина*

Рецензенты:

научный руководитель Института природно-технических систем,
д.г.н., член-корреспондент РАН *А.Б. Полонский*,
заведующий лабораторией биогеографии Института географии РАН,
д.г.н., член-корреспондент РАН *А.А. Тишков*

*Конференция проведена в рамках Программы развития Междисциплинарной
научно-образовательной школы Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды»*

Р27 Рациональное природопользование: традиции и инновации : Материалы
III Международной конференции (Москва, МГУ, 20–22 октября 2022 г.) /
Отв. ред. д-р экон. наук, проф. М.В. Слипенчук. – М.: Издательство
«Наука», 2022. – 554 с.
ISBN 978-5-907279-89-6

В книге представлены материалы III Международной конференции «Рациональное природопользование: традиции и инновации», посвященной 35-летию кафедры рационального природопользования географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Тематика конференции отражает комплексность, междисциплинарность и многовекторность проблем природопользования и подходов к их осмыслению на современном этапе. Редколлегия стремилась максимально сохранить авторскую редакцию публикуемых материалов.

Для специалистов в области географии, геоэкологии, теории и практики природопользования, охраны природы и экологической безопасности. Издание может представлять интерес для ученых и практиков сферы управления природопользованием, для преподавателей высших учебных заведений, аспирантов, студентов, а также для широкого круга лиц, заинтересованных в обсуждении и решении актуальных задач взаимодействия природы и общества в интересах устойчивого развития.

УДК 502.171
ББК 26.8

ISBN 978-5-907279-89-6

© Коллектив авторов, 2022
© Географический факультет МГУ, 2022

9. The World Bank Group. Indicators. Climate Change URL: <https://data.worldbank.org/indicator/> (Дата обращения: 06.09.2022).

10. Roach Stephen S. Sustainability with Chinese Characteristics. Project Syndicate. 2019. URL: <https://www.project-syndicate.org/commentary/china-demonstrating-climate-leadership-by-stephen-s-roach-2019-09/russian?barrier=accesspaylog> (Дата обращения: 06.09.2022).

D.L. Lopatnikov

PARADIGMS OF "SUSTAINABLE DEVELOPMENT" AND "GREEN ECONOMY" IN THE CONTEXT OF THE NEW GEODETERMINISM

Abstract. Never before in history have the theoretical issues of the relationship between nature and society been so closely connected with the practice of social life. The paradigms of "Sustainable development" and "Green Economy" should be considered in the context of the Theory of geographical determinism, which is not outdated or abolished in the XXI century, but is being modified.

Keywords: Geographical determinism, "Sustainable development", "Green economy".

В.В. Лукин^{1,2}, А.Н. Марков³, С.В. Попов^{2,4}

¹*Арктический и антарктический НИИ Росгидромета г. Санкт-Петербург, Россия*

²*Институт наук о Земле Санкт-Петербургского университета г. Санкт-Петербург, Россия*

³*Цзилиньский университет, Центр полярных исследований, г. Чанчунь, Китай*

⁴*Полярная и морская геологоразведочная экспедиция, г. Санкт-Петербург, Россия
(E-mail: lukin@aari.ru; am100@inbox.ru; spopov67@yandex.ru)*

ОТКРЫТИЕ И ИЗУЧЕНИЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОДЛЕДНИКОВОГО ОЗЕРА ВОСТОК. ПАМЯТИ ГЕОГРАФА А. П. КАПИЦЫ

Создателем и первым заведующим кафедры «Рациональное природопользование» Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова был известный отечественный географ член-корреспондент АН СССР и РАН Андрей Петрович Капица (1931-2011 гг.). Его труды по геоморфологии, гляциологии, физической географии, природопользованию и геоэкологии широко известны в нашей стране и за рубежом. Высшим достижением научной деятельности А.П. Капицы можно считать его участие в международном авторском коллективе, открывшем обширное подледниковое озеро Восток в восточной части Антарктиды. Этот уникальный водоем был обнаружен в результате комплексного анализа спутниковых альтиметрических съемок

дневной поверхности ледника, самолетных радиолокационных измерений его толщин и характера подстилающей поверхности, а также сейсмических зондирований ледникового щита в 1960-е – 1980-е годы советскими, британскими и американскими исследователями.

Первое публичное сообщение об этом уникальном природном феномене было сделано А.П. Капицей на Открытой конференции Научного комитета по антарктическим исследованиям (СКАР) в июле 1994 г. в г. Риме. Оно стало настоящей научной сенсацией, которая привлекла внимание всего международного антарктического сообщества. На следующий год в известном британском научном журнале «Nature» была опубликована первая статья международного авторского коллектива [7]. В 2000 г., на очередной конференции СКАР в г. Токио была создана международная программа SALE (Исследование подледниковых антарктических озер). В ее состав вошли представители научных кругов России, США, Соединенного Королевства, Франции, Германии, Бельгии, Италии, а в последующие годы – Китая и Японии. Эта программа активно проработала до 2010 г., национальные участники которой ежегодно представляли на ее форумах результаты своих полевых и теоретических разработок.

Наша страна приступила к целенаправленному изучению подледникового озера Восток, начиная с летнего сезона 1995-1996 гг. Специалисты Полярной морской геологоразведочной экспедиции Роснедр (г. Санкт-Петербург) стали ежегодно проводить сейсмические и наземные радиолокационные измерения характеристик озера Восток. В результате этих полевых работ к 2008 г. были определены основные характеристики и характер береговой черты этого подледникового озера. Оно представляет собой водное тело, находящееся в ложбине коренных пород с площадью водного зеркала 15,79 тыс. км². Его длина составляет до 250 км, а максимальная ширина около 50 км. Мощность ледника над озером изменяется от 3700 до 4350 метров. Максимальная измеренная толщина водного слоя 1200 м, а средняя – 400 м. Объем водного тела – 6100 км³. Толщина слоя донных отложений изменяется от 30–40 до 100–200 метров. Озеро простирается в направлении NNW-SSE. Южная часть озера, над которой расположена станция Восток - глубоководная, в то время, как его северная часть мелководна с толщиной водного слоя около 200 метров [5].

Открытие озера Восток побудило многих зарубежных исследователей с принципиально новых позиций рассмотреть результаты радиолокационных измерений толщин ледяного щита в различных районах Антарктиды. Это дало возможность обосновать наличие около 400 подобных подледниковых объектов [11]. Однако, пространственные размеры подобных водоемов, как правило не превышают нескольких километров и в них не измерена толщина водного слоя, что не дает возможности называть их озерами. Подледниковое озеро Восток является самым крупным и наиболее исследованным подобным природным объектом, что в значительной мере привлекло к нему внимание не только научных, но и политических кругов антарктического сообщества. Если ученых интересует геологическая история происхождения озера, уникальные физико-химические свойства реликтовой воды и донных отложений, условия

зарождения и обитания живых микроорганизмов в экстремальной хемотрофной среде, а также возможность тестирования различных технологий для поиска жизни на других объектах Солнечной Системы, то политиков привлекла возможность серьезного укрепления своего национального научно-технического престижа. В связи с этим, национальные антарктические программы вышеназванных стран начали активное изучение различных подледниковых озер в Антарктике. Одновременно, они предприняли значительные усилия для приостановки российских работ на озере Восток, активно используя для этого природоохранные мотивы. Дело в том, что к началу 1998 г. глубина глубокой ледяной скважины, пробуренной на российской станции Восток с целью палеоклиматического изучения ледяного керна и получения образцов подстилающих ледник горных пород, специалистами Санкт-Петербургского государственного горного университета (СПб ГГУ), уже составляла 3623 м, а по оценкам отечественных геофизиков общая толщина ледника в этом месте равнялась 3750 ± 30 м. Поэтому, летом 1998 г. на конференции СКАР было принято решение рекомендовать России остановить буровые операции на станции Восток до разработки экологически чистой технологии вскрытия озера. Она была создана совместным коллективом ААНИИ и СПб ГГУ и представлена международному сообществу на XXIV Консультативном совещании по Договору об Антарктике (КСДА) в 2001 г. в г. Санкт-Петербурге. В 2002 г. на очередном, XXV КСДА Россия представила Всестороннюю ОВОС на применение этой технологии, после чего потребовалось 10 лет напряженной работы для согласования российского проекта. Оно было получено в 2010 г. на XXXIII КСДА в Уругвае.

5 февраля 2012 г. состоялось историческое событие, когда российские буровики достигли границы раздела «лед-вода» на глубине 3769 м. Повторное вскрытие озера состоялось 25 января 2015 г. Для выполнения исследований водной толщи и слоя донных отложений озера требовалось сократить уровень подъема озерной воды в скважине и разработать специальное уникальное научное оборудование для изучения водной толщи, технические проекты и макетные образцы которого к этому моменту уже были созданы, но в 2018 г. работы по изучению озера Восток были приостановлены.

Попытки наших западных коллег самостоятельно осуществить проникновение в озеро Восток и подледниковое озеро Элсуорт в Западной Антарктиде с использованием американского метода быстрого бурения ледника горячей водой не увенчалось успехом, а для условий Востока этот метод был даже признан технически неосуществимым.

Таким образом, исследования уникальных природных объектов, какими являются подледниковые антарктические озера, по причинам различного характера оказались отложенными. 30 июня 2021 г. Распоряжением Правительства РФ №1767-р был утвержден План мероприятий по реализации Стратегии развития деятельности РФ в Антарктике до 2030 года. Пунктом 21 этого Плана предусматривается проведение «Комплексных исследований подледникового озера Восток в районе российской антарктической станции Восток».

К настоящему времени наиболее изученными природными объектами, определяющими состояние озера Восток, являются расположенное над ним толща ледника и озерная котловина. Вертикальная структура ледовой толщи была получена по данным гляциологических исследований ледяного керна из вышеназванной глубокой ледяной скважины. Было установлено, что ниже глубины 3535 м лед представляет собой замерзшую воду, в то время, как над ним он образован из уплотненного атмосферного снега [9]. Авторами настоящей статьи были выделены семь различных слоев ледника, отличающихся по своим характеристикам и динамическому происхождению. Эти результаты были представлены на открытой конференции СКАР в августе 2022 г. в Индии [10].

Характеристики озерной котловины были получены по данным специальных сейсмических исследований, а также геологической интерпретации аномалий магнитного и гравитационного полей этого района [3]. Согласно этим данным, котловина озера представляет собой грабен тектонического происхождения. Широко известным районом рифтогенеза в Восточной Антарктиде является рифт Ламберта-Эймери, который в гондванский период был связан с рифтом Пранхита-Годавари на полуострове Индостан. Котловина озера Восток может представлять собой продолжение этой рифтогенной системы или самостоятельный тектонический объект земной коры.

Эрозионные процессы горных систем на значительной территории вокруг озера, вероятно являются причиной накопления донных отложений озера и могут нести уникальную информацию о палеотектонической активности всего района. Однако, данные о физических, химических и биологических характеристиках водной толщи, а также слоя донных отложений требует организации работ по их изучению. Ссылка на возможность изучения структуры и свойств водного слоя озера по данным нижних слоев ледяного керна не объективна, т.к. она дает весьма ограниченную информацию исключительно о поверхностном слое вод озера, находящегося под влиянием процессов таяния - замерзания льда. В то же время, сейсмическая активность дна рифтовых разломов характеризуется активными геотермальными потоками, что может привести к образованию двухслойной структуры водной толщи озера, придонная часть которой будет обладать высокой температурой и большими значениями минерализации. Косвенным свидетельством этого является обнаружение в нижней части ледника молекул ДНК бактерий-термофилов, обитающих в водах с температурой около $+60^{\circ}\text{C}$ [6].

Указанные обстоятельства дают возможность использовать гипотезу о происхождении озера Восток в эпоху до оледенения Антарктиды, которая началась 30-35 млн. лет назад [1]. После открытия этого озера многие ученые полагали, что его водное тело является результатом таяния нижней поверхности ледника за счет внешних физических причин. Следует отметить, что в 2000 г. была сформулирована гипотеза происхождения озера Восток в доледниковую эпоху [1], однако, она не получила широкого распространения. Подтверждением доледникового происхождения озера могут стать результаты математического моделирования возможности промерзания водной толщи

озера до дна. Даже при самых фантастических задаваемых граничных условиях, результаты моделирования не указывают на такую возможность.

Образование озерных котловин в коренном рельефе неразрывно связано с тектоническими и гидрологическими природными процессами. В Антарктиде они активно существовали еще до периода ее оледенения. Таким образом, в озерном водном теле могут сохраняться биологические, гидрологические и геологические реликтовые компоненты, характеризующие доледниковый период.

С другой стороны, известно, что таяние базальных льдов в континентальной Антарктиде происходит из-за геотермального или фрикционного нагрева. В результате оно образует подледные гидрологические системы на обширной площади. Образовавшиеся воды могут накапливаться в отрицательных формах подледникового рельефа, образуя озёра, в водах которых могут содержаться лишь продукты местной гляциосферы периода её существования.

Изолированность Антарктиды от других материков и ее высокоширотное положение привело к формированию крайне сурового полярного климата и началу ее оледенения. Предшествующее продолжительное нахождение Антарктиды в умеренном климатическом поясе привело к формированию на ней древесной растительности, разнообразного животного мира, а также, традиционных для подобных регионов озер, рек и болот.

Эти рифовые зоны начали формироваться около 150-135 млн. лет назад в период общего рифтогенеза с Восточно-Африканской рифтовой системой. Морфология коренных горных пород озера Восток типична для рифтового грабена и представляет собой относительно узкую котловину с высокими отвесными бортами [4], приуроченными к глубинным разломам [2], а комплекс донного осадочного чехла озера Восток может быть сложен породами возрастом 150–135 млн лет [3].

Процесс рифтогенеза характеризовался высоким уровнем землетрясений и геотермического потока, образованного поднятием мантийных плюмов к поверхности Земли. В результате рифтогенеза котловина озера Восток эволюционировала в рифтовый грабен [3], оказалась надежно изолированной от других элементов этой тектонической структуры и получила свою индивидуальную гидрологическую систему аккумуляции донных осадков и водного тела, толщина которых достигает 30-200 м. Ниже располагаются осадочные породы кристаллического фундамента [8]. Наличие донных отложений является ярким свидетельством того, что грабен, к которому приурочено озеро Восток, сформировался задолго до начала оледенения.

Образованная в результате тектонических процессов в земной коре котловина стала заполняться атмосферными осадками, и, возможно, водами древних рек, существовавших на поверхности Антарктиды в период ее нахождения в умеренных климатических широтах.

Таким образом, важнейшим объектом дальнейших исследований озера Восток является строение и характеристики его водного тела, а также, слой донных отложений. Получение этих натурных данных связано с разработкой уникальных приборных средств зондирования и пробоотбора, которые по

своей инженерной сложности сравнимы с аналогичными образцами космической науки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зотиков И.А., Даксбери Н.С.* О генезисе озера Восток (Антарктида). // Доклады АН, 2000, т. 374, вып. 6, С. 824–826.
2. *Исанина Э.В., Крупнова Н.А., Попов С.В., Масолов В.Н., Лукин В.В.* О глубинном строении котловины Восток (Восточная Антарктида) по материалам сейсмологических наблюдений // Геотектоника. 2009. №3, С. 45–50.
3. *Лейченко Г.Л., Беляцкий Б.В., Попков А.М., Попов С.В.* Геологическая природа подледникового озера Восток в Восточной Антарктиде // Материалы гляциол. исслед. 2005. № 98, 81–91.
4. *Масолов В.Н., Попов С.В., Лукин В.В., Попков А.М.* Рельеф дна и водное тело подледникового озера Восток, Восточная Антарктида. // Доклад АН, 2010, т. 433, № 5, 693–698.
5. *Попов С.В., Масолов В.Н., Лукин В.В., Попков А.М.* Отечественные сейсмические, радиолокационные и сейсмологические исследования подледникового озера Восток // Лед и снег, 2012, Т. 52, №4, 31–38. doi.org/10.15356/2076-6734-2012-4-31-38.
6. *Bulat S.A., Alekhina I.A., Blot M. et al.* DNA signature of thermophilic bacteria from the aged accretion ice of Lake Vostok, Antarctica: implications for searching for life in extreme icy environments // Int. J. Astrobiology. 2004. V.3. P. 1-7.
7. *Kapitsa A.P., Ridley J.K., Robin G.D., Siegert M.J., Zotikov I.A.* A large deep freshwater lake beneath the ice of central East Antarctica // Nature. 1996. V. 381, No 6584. P. 684–686.
8. *Leitchenkov G.L., Antonov A.V., Luneov P.I., Lipenkov V.Y.* Geology and environments of subglacial Lake Vostok. // Phil. Trans. R. Soc. A. 2016. V. 374. No 2059. P. 20140302. doi: 10.1098/rsta.2014.0302.
9. *Lipenkov V. Ya., Ekaykin A. A., Alekhina I. A., Shibaev Y. A., Kozachek A. V., Vladimirova D. O., Vasilev N. I., Preobrazhenskaya A. V.* 2017. Evolution of climate, glaciation and subglacial environments of Antarctica from the deep ice core and Lake Vostok water sample studies (Key results of implementation of the Russian Science Foundation project, 2014–2016). Ice and Snow, 57(1), 133-141, doi: 10.15356/2076-6734-2017-1-133-141.
10. *V.V. Lukin, A.N. Markov, S.V. Popov.* Dynamics of glaciation of Antarctica in the area of subglacial Gamburtsev Mountains – Dome B – Lake Vostok. 10th SCAR Open Science Conference from 1st to 10th August 2022. Online/ India.
11. *Siegert M.J.* Antarctic subglacial lakes // Earth-Science Reviews. 2000. V. 50. No. 1-2. P. 29-50.

V.V. Lukin, A.N. Markov, S.V. Popov

DISCOVERY AND STUDY OF THE ANTARCTIC SUBGLACIAL LAKE VOSTOK. TO THE MEMORY OF GEOGRAPHER A.P. KAPITSA

Abstract. A well-known Russian geographer Andrey Kapitsa is one of the authors of discovery of the Antarctic subglacial Lake Vostok. From 1995 to 2015,

the Russian Antarctic Expedition carried out specialized seismic and ground radar studies of morphometric characteristics of this lake and continued drilling the deep ice borehole at Vostok station. In 2012 and 2015, the drilling operations reached the “ice-water” divide at a depth of 3769 m. In 2018, study of Lake Vostok was suspended with priority given to a search of the most ancient ice in Antarctica.

The most widespread hypothesis of the origin of lake water body is melting of the lower glacial surface. An analysis of rift-related origin of the lake valley, existence at the lake bottom of earthquakes and geothermal flows and a by-layer character of the glacial structure showed the lake water strata to exist even before the glaciation epoch of Antarctica more than 35 million years ago. Negative results of mathematical modeling of the possibility of lake through freezing to the bottom confirm this fact. Thus, water and bottom sediments of Lake Vostok are by their age more ancient than the glacier above them.

Key words: A.P. Kapitsa, Antarctica, Lake Vostok, morphometric characteristics, rift valley of the lake, water body, by-layer structure of the glacier, impossibility of lake through freezing, ancient origin of water and bottom sediments.

Ю.Л. Мазуров

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия (E-mail: jmazurov@yandex.ru)*

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ: ПОНЯТИЕ, СТАВШЕЕ ИДЕЕЙ

Введение. Появление и широкое распространение в научном обиходе в начале 1960-х годов термина «природопользование» стало знаковым событием в нашей стране. Практически сразу этот термин оказался активно вовлеченным в управление названной сферой. Об этом, в частности, свидетельствует его востребованность в законодательстве, нормативно-правовом регулировании, государственном управлении, в теоретических и прикладных исследованиях, в образовании и просвещении. Новое для того времени слово «природопользование» на удивление быстро было воспринято в обществе и стало названием важного для науки и практики понятия, относящегося к сфере взаимодействия природы и общества.

Понятие природопользования (П.) изначально воспринималось как своего рода модель использования человеком потенциала природной среды, предполагающая возможность перехода от хаоса и неэффективности, чреватых разного рода экономическими и экологическими кризисами различных масштабов, к оптимальному состоянию соответствующей сферы. Формирующийся междисциплинарный дискурс вокруг понятия П. порождал в обществе надежду на возможность согласования экономических и экологических интересов, преодоления противоречий между ними. Таким образом, формировалась новая идеология гармоничных отношений в