

УДК 91(082)
ББК 26.8я43
С 23

Под редакцией: к.г.н. Банцев Д.В.; к.г.н. Болтрамович С.Ф.; Волков И.В.; к.г.н. Житин Д.В.; Зиновьев А.С.; к.г.н. Каледин В.Н.; к.г.н. Каледин Н.В.; Костромина Н.А.; к.г.н. Морачевская К.А.; Недбаев И.С.; Нестерова Н.В.; Осипенко Н.С.; Позднякова Н.А.; к.г.н. Рубченя А.В.; д.г-м.н. Рыбалко А.Е.; к.г.н. Сидорина И.Е.; к.э.н. Тестина Я.С.; Чернышова А.В.

Отв. Редактор: Краснов А.И.

Компьютерная верстка: Акулов Д.А.; Алексеева Е.А.; Алексейкова А.С.; Володченко А.О.; Горлышева С.А.; Демченко А.Ю.; Куклина П.П.; Логвинов И.А.; Лутовинова Д.Д.; Сагамонов С.Г.; Чиканов Н.А.

Оригинал-макет: Логвинов И.А.

С 23 Сборник материалов участников XVIII Большого географического фестиваля, посвящённого 150-летию со дня рождения российского кругосветного путешественника, исследователя Дальнего Востока В.К. Арсеньева (1872-1930 гг.), 80-летию со дня рождения российского эконом-географа, заведующего кафедрой экономической и социальной географии СПбГУ А.А. Анохина (1942-2021 гг.) и 100-летию со дня рождения выдающегося географа-ландшафтоведа, основоположника экологической географии А.Г. Исаченко (1922-2018 гг.). — Санкт-Петербург: Свое издательство, 2022. — 909 с. [Электронное издание].

ISBN 978-5-4386-2125-6

В международном Большом географическом фестивале 2022 приняли участие студенты, аспиранты и молодые учёные из 47 городов России и зарубежных стран.

В работах участников рассматриваются проблемы естественной и общественной географии, геоэкологии, гидрометеорологии, картографии и ГИС; вопросы практического применения географических наук для решения актуальных проблем современного мира и способы применения в научной работе современных методов исследования.

УДК 91(082) ББК 26.8я43

© Авторы статей, 2022



978-5-4386-2125-6

Сборник материалов
УЧАСТНИКОВ
XVIII БОЛЬШОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО
ФЕСТИВАЛЯ



Посвященного 150-летию со дня рождения
российского кругосветного путешественника,
исследователя Дальнего Востока В.К. Арсеньева
(1872-1930 гг.), 80-летию со дня рождения
российского эконом-географа, заведующего
кафедрой экономической и социальной географии
СПбГУ А.А. Анохина (1942-2021 гг.) и 100-летию
со дня рождения выдающегося географа-
ландшафтоведа, основоположника экологической
географии А.Г. Исаченко (1922-2018 гг.)

При рассмотрении всего периода будет получен результат о состоянии ледового покрова и его динамике, что особенно важно в условиях изменяющегося климата, а также выявлено влияние нажимных ветров на образование навальных явлений за последние 15 лет XXI века.

Таким образом, любая деятельность в водах Арктического бассейна, не только добыча углеводородов – это преодоление экстремальных природно-климатических условий. Ледовые условия Печорского моря значительно затрудняют деятельность на зимний период, а образование льдов навального типа, что нередко наблюдается в данном районе вследствие определенных погодных условий (температура воздуха в зимний период, направление и сила ветра), представляют опасность для судоходства и стационарных технических конструкций.

Список литературы:

- [1] Думанская, И.О. Ледовые условия морей европейской части России [Текст]: научно-справочное пособие / Ю. Н. Синюрин – Обнинск: СООЦИН, 2014. – 608 с.
- [2] Тематический отчет №2 по ледовым условиям Печорского моря [Текст]: научный отчет / С. В. Рябченко [и др.]; Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2020. – 40 с.
- [3] Исследование ледовой экзарации дна морей западного сектора Российской Арктики [Текст]: отчет о НИР/НИОКР / Арктический и Антарктический НИИ (ААНИИ); Данилов А.И., Клепиков А.В. и [др.]. – Санкт-Петербург, 1997.
- [4] Архив погоды в Варандее [Электронный ресурс]. URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Варандее (дата обращения 01.03.2022 г.).
- [5] Волчек Г. Инженерное чудо «на краю света» [Электронный ресурс]. URL: <http://neftianka.ru/inzhenernoe-chudo-na-krayu-zemli/> (дата обращения 05.02.2022 г.).
- [6] Время Арктики. Проект освоения Приразломного месторождения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2016-may/1113344/> (дата обращения 27.02.2022 г.).
- [7] История 2008 г. Первые крупнотоннажные отгрузки нефти через Варандейский терминал [Электронный ресурс]. URL: <https://lukoil.ru/PressCenter/Medialibrary/Mediateka?mfid=21225> (дата обращения 27.02.2022 г.).
- [8] Критерии опасных явлений [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sevmeteo.ru/weather/i/criteria-arh.pdf> (дата обращения 26.02.2022 г.).
- [9] Платформа «Приразломная» [Электронный ресурс]. URL: https://shelf.gazprom-neft.ru/business/mlsp_prirazlomnaya/ (дата обращения 26.02.2022 г.).
- [10] Сухин Н. А. Структура течений и дрейфа льда в Печорском море [Электронный ресурс]. URL: <https://docplayer.com/69273822-Struktura-techeniy-i-dreyfa-lda-v-pechorskomore.html> (дата обращения 26.02.2022 г.).

УДК 550.3

КРАТКИЙ ОБЗОР ПОДЛЕДНИКОВЫХ ВОДОЁМОВ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ

A BRIEF REVIEW OF SUBGLACIAL RESERVOIRS OF OUR PLANET

*Немчинова Анастасия Владимировна
Nemchinova Anastasia Vladimirovna
г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет
Saint-Petersburg, Saint-Petersburg State University
nemchinova02@mail.ru*

Научный руководитель: д. г-м.н., Попов Сергей Викторович

Аннотация: В данной статье освещена тема подледниковых озёр нашей планеты, рассказано о способах их изучения и причинах возникновения. Более подробно представлены данные по озеру Восток, расположенному в Восточной Антарктиде.

Abstract: This article highlights the topic of subglacial lakes of our planet, describes how to study them and the causes of their formation. More detailed data are presented for Lake Vostok, East Antarctica.

Ключевые слова: Арктика, Антарктида, подледниковые водоёмы, донное таяние, математическое моделирование

Key words: Arctic, Antarctica, subglacial reservoirs, bottom melting, mathematical modeling

Подледниковые водоёмы являются уникальными природными объектами. Первые из них были открыты в Антарктиде в 1967 г. в ходе аэрорадиолокационных исследований, выполненных в районе станции Советская [20]. В настоящее время по всему миру, как в Антарктида, так и в Арктике, насчитывается 773 подледниковых озёр, 675 из которых расположены под ледниковым покровом Антарктиды, 64 в Гренландии, 6 в Исландии, 2 в Канаде, на острове Девон, и 26 на острове Ливингстон на Южных Шетландских островах [9,16,21]. Однако лишь после открытия подледникового озера Восток в 1993 году [18] субгляциальные гидрологические объекты и процессы, связанные с их формированием и развитием, привлекли к себе широкое внимание научного мира [8]. Схема расположения известных на момент настоящей публикации подледниковых водоёмов приведена на рисунке 1.

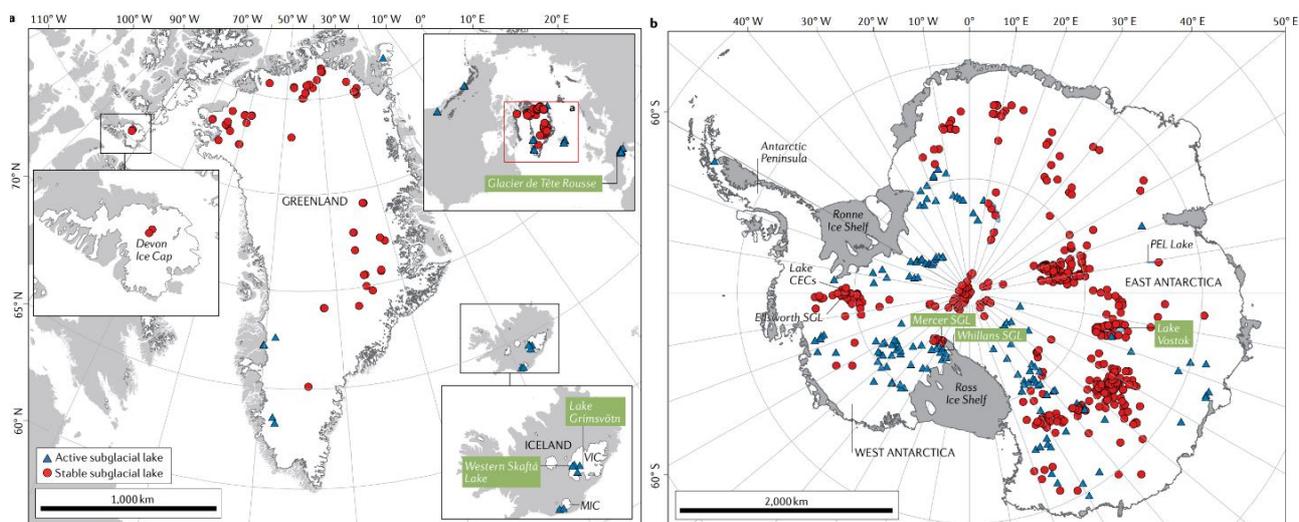


Рисунок 1. Схематическое обозначение подледниковых озёр в северном (а) и южном полушарии (б). Красные точки – стабильные озёра, выявленные при помощи радиолокационных исследований. Синие треугольники – активные озёра, у которых хотя бы раз за все время наблюдения было изменение объема воды [16]

Опыт показывает, что наиболее эффективным методом выявления подледниковых водоёмов являются аэрорадиолокационное профилирование и спутниковая альтиметрия. Первый способ является наиболее надёжным, поскольку выявление этих объектов осуществляется по характеру отражённых электромагнитных импульсов [1, 6, 10, 21]. Однако в последние годы успехи разработок спутниковых систем позволили существенно повысить их точностные характеристики. Это, в свою очередь, привело не только к возможности выявления малых подледниковых водоёмов по анализу данных спутниковой альтиметрии [16], но и выяснения характера их дальнейшего развития. Раньше предполагалось, что

подледниковые водоёмы достаточно стационарные объекты, и практически не меняются с течением времени. Однако, спутниковые наблюдения показали, что высота поверхности ледника над некоторыми из них вдруг начинает меняться. Это натолкнуло исследователей на мысль о возможных периодических прорывах озёр под ледником [23]. Такие водоёмы стали называть «активными» [14]. Их положение также показано на рисунке 1.

Подледниковое озеро Восток, о котором упоминается в начале, является уникальным природным объектом нашей планеты. Площадь его водного зеркала составляет 15,79 тыс. км², и по своим размерам оно сопоставимо с такими крупными озёрами, как Ладожское и Онежское. Средняя глубина озера составляет около 400 м, а максимальная превышает 1200 м; объём воды в озере оценивается в 6100 км³. Мощность ледникового покрова над его акваторией изменяется приблизительно от 3600 до 4350 м [6]. Однако подледниковый водоём столь значительных размеров единственный на нашей планете. Все остальные существующие меньше: их средние линейные размеры составляют первые десятки километров [16, 21]. Следующая уникальность озера Восток заключается в том, что начиная с 1970 г. здесь выполняется керновое бурение, а в 2012 году произошло проникновение в водную толщу [5]. Впервые в мировой истории человечество получило пробы воды из водоёма, который на протяжении миллионов лет был изолирован от остального мира. Озеро Восток располагается в серпообразной впадине, которая является частью внутриконтинентального рифта [3, 15]. Таким образом, формированию озера способствовал повышенный тепловой поток из недр Земли в этом районе.

Следует отметить, что ещё в начале планомерного изучения Антарктиды, в 60-х годах прошлого века было выдвинуто предположение о теоретической возможности таяния на ложе ледника и последующего формирования подледниковых водоёмов путём заполнения талой водой отрицательных форм подлёдного рельефа. Данная гипотеза была высказана английским гляциологом *Г. Робинсом*. В своей работе [19] он рассматривал перенос тепла в одномерном стационарном леднике на основе решения уравнения теплопроводности с конвективным членом, учитывающим вертикальное движение льда за счёт оседания ледника при его растекании. Отечественный гляциолог *И.А. Зотиков* в своих работах, рассмотрев более детально этот процесс, получил соотношение для критической толщины ледника T_{CR} в зависимости от скорости накопления осадков на его поверхности w_s , и температуры на глубине затухания сезонных колебаний t_s :

$$T_{CD} = \frac{2\lambda}{\Lambda_g \sqrt{2\pi}} (\theta_F - \theta_S) \sqrt{\frac{T w_s}{a}} \left[\operatorname{erf} \sqrt{\frac{T w_s}{a}} \right]^{-1},$$

где $\operatorname{erf}(z)$ – функция ошибок Гаусса; λ – коэффициент теплопроводности льда, $\lambda = 2,1$ Вт/(м·°C); a – коэффициент температуропроводности льда, $a = 1,15 \times 10^{-6}$ м²/с; Λ_g – величина геотермического потока; T – мощность льда [1, 2].

Результаты моделирования показали, что практически для всей центральной части Антарктиды характерно донное таяние. Этим и объясняется формирование подледниковых водоёмов. Несмотря на то, что модель, предложенная *И.А. Зотиковым* является одномерной, она остается актуальной до сих пор для выполнения предварительных оценок.

На сегодняшний день наибольший научный интерес представляют те процессы, которые происходят на контакте ледника и каменного основания, а также в самих подледниковых водоёмах, включая причины и факторы их образования. Изучение озера Восток в этом плане представляется наиболее значимым для мировой науки. Фундаментом таких работ является математическое моделирование, основанное на результатах натурных измерений. В частности, важным научным направлением является изучение прорывов подледниковых водоёмов [7, 11, 12, 13, 17], поскольку это непосредственно связано не только с вопросами субгляциальной гидрологии, но и субгляциальной геоморфологии ввиду того, что движение вод приводит к изменению подлёдного ландшафта.

При изучении озера Восток вероятно наиболее важным вопросом является выяснение особенностей циркуляции воды. Первые представления об этом опубликованы в работах [4, 22], но упомянутые исследования далеки от завершения, а создание комплексной модели движения воды в подледниковых водоёмах, и в озере Восток в частности – дело будущего.

Изучение озера Восток является приоритетом отечественных работ в Антарктиде. Это нашло своё отражение в «*Стратегии развития деятельности Российской Федерации в Антарктике до 2030 года*», утверждённой Распоряжением Правительства РФ №2143-р от 21 августа 2020 года.

Список литературы:

- [1] Зотиков И.А. О температурах в толще ледников Антарктиды // Антарктика, 1963. С. 61-105.
- [2] Зотиков И.А. Тепловой режим ледника Центральной Антарктиды // Бюлл. САЭ, 1961. № 28. С. 16-21.
- [3] 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, 45–50.
- [4] Казко Г.В., Саватюгин Л.М., Сократова И.Н. Моделирование циркуляции воды в антарктическом подледниковом озере Восток // Лед и снег. 2012. №. 4. С. 86–91.
- [5] Лукин В.В. Путь к изучению вод озера Восток открыт // Проблемы Арктики и Антарктики. Т. 91. № 1. 2012. С. 5–19.
- [6] Попов С.В., Масолов В.Н., Лукин В.В. Отечественные геофизические исследования подледникового озера Восток, Восточная Антарктида // Вопросы географии, 2020. № 150, С. 212–224.
- [7] Попов С.В., Пряхина Г.В., Боронина А.С. Оценка расхода воды в процессе развития прорывного паводка ледниковых и подледниковых водоёмов // Криосфера Земли, 2019, Т. XXIII, № 3, С. 25–32.
- [8] Попов С.В., Пряхина Г.В. Прикладные и фундаментальные научные аспекты субгляциальных гидрологических исследований в современных условиях // Сборник докладов международной научной конференции «Четвертые Виноградовские чтения. Гидрология: от познания к мировоззрению», 2020, С. 1112-1117.
- [9] Попов С.В. Подлёдный рельеф и подледниковые водоёмы Антарктиды // Вопросы географии, 2020. № 150, С. 198-211.
- [10] Попов С.В. Радиолокационное зондирование неглубоких подледниковых водоёмов: теоретические предпосылки и практические результаты // Лёд и снег, 2010, №4(112), 5–14.
- [11] Björnsson H. Subglacial lakes and jökulhlaups in Iceland // Glob. Planet. Change, 2002, V. 35, No 3-4, P. 255–271. doi:10.1016/S0921-8181(02)00130-3.
- [12] Clarke G.K.C. Hydraulics of subglacial outburst floods: New insights from the Spring-Hutter formulation // J. Glaciol., 2003, V. 49, No 165, P. 299–314. doi:10.3189/172756503781830728.
- [13] Fowler A.C. Dynamics of subglacial floods // Proc. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci., 2009, V. 465, No 2106, P. 1809–1828. doi:10.1098/rspa.2008.0488.
- [14] Fricker HA, Scambos T, Bindschadler R and Padman L (2007) An active subglacial water system in West Antarctica mapped from space. Science 315(5818), 1544–1548. doi: 10.1126/science.1136897.
- [15] Leitchenkov G.L., Antonov A.V., Luneov P.I., Lipenkov V.Y. Geology and environments of subglacial Lake Vostok // Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci. 2016. V. 374. No 2059. P. 20140302.
- [16] Livingstone S.J., Li Y., Rutishauser A., Sanderson R.J. et al. 2022. Subglacial lakes and their changing role in a warming climate // Nat. Rev. Earth Environ. 2022. V. 3. P. 106-1

[17] Pattyn F. Investigating the stability of subglacial lakes with a full Stokes ice-sheet model // J. Glaciol. 2008. V. 54. No 185. P. 353–361.

[18] Ridley J.K., Cudlip W., Laxon W. Identification of subglacial lakes using ERS-1 radar altimeter // Journ. of Glaciology. 1993. V. 73. № 133. P. 625-634.

[19] Robin G. Ice movement and temperature distribution in glaciers and ice sheets // J. Glaciol., 1955. Vol. 2. No 18. P. 523-532.

[20] Robin G.Q., Swithinbank C.W.M., Smith B.M.E. Radio echo exploration of the Antarctic ice sheet // Int. Assoc. Sci. Hydrol. Publ. 1970. V. 86. P. 97-115.

[21] Siegert M.J. A 60-year international history of Antarctic subglacial lake exploration // Geol. Society London. Spec. Publ. 2018. V. 461. No 1. P. 7-21.

[22] Thoma M., Grosfeld K., Mayer C. Modelling mixing and circulation in subglacial Lake Vostok, Antarctica // Ocean Dynamics. 2007. V. 57. No 6. P. 531–540.

[23] Wingham D.J., Siegert M.J., Shepherd A., Muir A.S. Rapid discharge connects Antarctic subglacial lakes // Nature, 2006, V. 440, No 7087, P. 1033–1036. doi:10.1038/nature04660

УДК 504.45

ВЛИЯНИЕ ПРИТОКОВ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ НИЖНЕГО ДОНА

INFLUENCE OF TRIBUTARIES ON THE WATER QUALITY OF THE LOWER DON

*Нужная Марина Геннадиевна
Nuzhnaya Marina Gennadiyevna
г. Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет
Rostov-on-Don, Southern Federal University
nuzhnaya-m@mail.ru*

*Научный руководитель: к.г.н. Решетняк Ольга Сергеевна
Research advisor: PhD Reshetnyak Olga Sergeevna*

Аннотация: Существенный вклад в формирование качества воды вносит химическое загрязнение. Бассейн Нижнего Дона подвергается значительному антропогенному воздействию. В данной статье рассмотрено качество воды по величине УКИЗВ. Проведен анализ влияния притоков на качество воды в Нижнем Дону. Представлены характерные загрязняющие вещества р. Дон и его притоков.

Abstract: Chemical pollution makes a significant contribution to the formation of water quality. The Lower Don basin has long been subjected to significant anthropogenic impact. This article considers the quality of water according to the value of SCWPI. The analysis of the influence of inflows on the quality of water in the Lower Don was carried out. The characteristic pollutants of the Don River and its tributaries are presented.

Ключевые слова: качество воды, УКИЗВ, Нижний Дон

Key words: water quality, SCWPI, Lower Don

Введение: «Характерная особенность территории, на которой расположен бассейн Дона, - высокая концентрация водоемких отраслей хозяйства и интенсивное использование водных ресурсов особенно в условиях засушливого климата (бассейн нижнего течения реки). В бассейне Нижнего Дона состояние водных ресурсов близко или уже достигло критического уровня» [2, с. 109].

«Река Дон и его притоки являются основным источником водоснабжения городов и населенных пунктов крупного экономического региона России, водопользователей различных