

Санкт-Петербургский государственный университет
Институт наук о Земле
ООО «Водный центр СПбГУ»
МОО «Крымская Академия наук»

**ГЕОЛОГИЯ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ КРЫМА
ПОЛЕВЫЕ ПРАКТИКИ В СИСТЕМЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Материалы Шестой Всероссийской конференции
29 августа – 8 сентября 2022 г.
Республика Крым

Под редакцией В.В. Аркадьева



Издано за счет средств ООО «Водный центр СПбГУ»
Санкт-Петербург
2022

УДК 551+556 (234.86)
ББК 26.32+26.35

Организация и проведение конференции поддержаны Институтом наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, Водным центром СПбГУ и Крымской Академией наук

Геология и водные ресурсы Крыма. Полевые практики в системе Высшего образования. Материалы конференции / Под редакцией В.В. Аркадьева – Санкт-Петербург, Изд-во ЛЕМА, 2022. - 289 с.

ISBN 97 8-5-00105-695-9

Сборник содержит разнообразные, в том числе новые материалы по геологии, палеонтологии, магнитостратиграфии, гидрогеологии и лечебным ресурсам Крыма. Рассмотрены вопросы организации и проведения учебных геологических, геофизических, гидрогеологических, минералогических, нефтегазовых, экологических, ботанических, географических, археологических и океанологических практик в различных ВУЗах России. Отдельный раздел сборника посвящен геологическим, геоэкологическим, ботаническим и археологическим экскурсиям, научному туризму. Сборник предназначен для преподавателей, занимающихся организацией различных полевых практик, геологов широкого профиля и студентов.

На 1-ой и 4-ой страницах обложки – вид на Коктебельский залив и мыс Хамелеон

ISBN 978-5-00105-695-9

© Коллектив авторов, 2022

ОПЫТ СОТРУДНИЧЕСТВА СПБГУ С РОССИЙСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИЕЙ

Попов С.В.^{1,2}, Клепиков А.В.³, Екайкин А.А.^{3,2}, Пряхина Г.В.², Кашкевич М.П.²

¹ АО «Полярная морская геологоразведочная экспедиция», Санкт-Петербург, spopov67@yandex.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, g65@mail.ru

³ Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, klep@aari.ru

EXPERIENCE OF SPBU COOPERATION WITH THE RUSSIAN ANTARCTIC EXPEDITION

Popov S.V.^{1,2}, Klepikov A.V.³, Ekaikin A.A.^{3,2}, Pryakhina G.V.², Kashkevich M.P.²

¹ Polar Marine Geosurvey Expedition, St Petersburg, spopov67@yandex.ru

² St Petersburg State University, St Petersburg, g65@mail.ru

³ Arctic and Antarctic Research Institute, St Petersburg, klep@aari.ru

Научно-техническое сотрудничество Санкт-Петербургского государственного университета (СПБГУ) и Российской антарктической экспедиции (РАЭ) имеет давние и славные традиции. Оно началось в далёкие 50-е годы прошлого века, когда наша страна только приступила к изучению Южной полярной области сначала в ходе Комплексных антарктических экспедиций (КАЭ), а затем Советских антарктических экспедиций (САЭ). Сотрудники и аспиранты Ленинградского государственного университета в тесном сотрудничестве с институтом Арктики и Антарктики принимали самое активное участие в этих работах. Это нашло своё отражение не только в многочисленных научных публикациях, но и в авторских свидетельствах, поскольку с самого начала в Антарктиде требовалось решать как научные, так и сугубо прикладные задачи. Почти за семь десятилетий отечественных исследований Южной полярной области в этом плане мало что изменилось. Всё также имеется два больших направления работ в Антарктике: фундаментальные научные исследования и решение прикладных задач, связанных с нуждами РАЭ по логистическому обеспечению зимовочных станций, полевых баз и выносных геологических лагерей. При этом на первое место выходят вопросы безопасности. Для выполнения этих задач СПБГУ также вносит свой посильный вклад.

Фундаментальные научные исследования являются традиционным направлением в СПБГУ с момента его возникновения, однако, в последние десятилетия наметился повышенный интерес в части Антарктических наук о Земле. Это связано с открытием подледникового озера Восток, которое расположено к северу от одноимённой отечественной станции (Ridley et al., 1993). На станции Восток выполняется керновое бурение, при этом она расположена в пределах акватории водоёма (Попов и др., 2012). Это даёт уникальную возможность изучения озера, которое на протяжении миллионов лет было изолировано от остального мира, путём непосредственного проникновения в него. Это важное для мировой науки событие произошло в 2012 г. Проникновение сопровождалось отбором озёрной воды (Лукин, 2012). Успехи отечественной науки и технологий были по достоинству оценены: 29 человек награждены государственными наградами РФ, трое из которых являются сотрудниками СПБГУ.

Подледниковые водоёмы известны давно. Впервые они были открыты в Антарктиде в 1967 г. в ходе аэрорадиолокационных исследований в районе станции Советская (Robin et al., 1970), а в настоящее время их количество приближается к семи сотням (Siegert, 2018; Livingstone et al., 2022). Однако лишь после открытия озера Восток субгляциальные гидрологические объекты и связанные с ними процессы приковали к себе пристальное внимание научной общественности. Таким образом, это открытие если не положило начало нового направления в науке *субгляциальной гидрологии*, то дало ему мощный толчок и вывело на передовой край современной науки. Изучение озера Восток является приоритетным национальным проектом, что нашло своё отражение в «*Стра-*

тегии развития деятельности Российской Федерации в Антарктике до 2030 года», утверждённой Распоряжением Правительства РФ №2143-р от 21.08.2020.

Важно, что интерес к вопросам субгляциальной гидрологии проявили не только гидрологи и гляциологи. Понимание процессов, протекающих под ледником, невозможно без привлечения дистанционных (спутниковых и геофизических) методов исследования, а также математического моделирования. Сотрудники, аспиранты и студенты СПбГУ принимают в этих работах активное участие. В частности, в настоящий момент в его стенах реализуются проекты РФФИ и РФНФ, которые непосредственно связаны с вопросами субгляциальной гидрологии.

Станция Восток – это внутриконтинентальная станция. С ней имеется авиационное сообщение, однако все грузы и топливо доставляется санно-гусеничными походами (СГП) со станции Прогресс (со станции Мирный до 2008 г.). Это, в свою очередь позволяет попутно выполнять различные измерения и организовывать специальные СГП с сугубо научными целями, преимущественно, для выполнения геофизических и гляциологических исследований (Попов и др., 2007; Роров, 2020; Екайкин et al., 2021). В настоящее время одной из важнейших задач таких СГП является поиск места для организации кернового бурения с получением керна наиболее древнего льда. Этот проект, также как и изучение подледникового озера Восток, является приоритетным направлением работ в Южной полярной области. Научные исследования в составе СГП также выполняются при непосредственном участии сотрудников и аспирантов СПбГУ. Это позволило получить важные данные о строении ледника, снежно-фирновой толще, её аккумуляции и физико-химическом составе (Скакун и др., 2019; Екайкин и др., 2021).

Важной прикладной задачей, имеющей прямое отношение к изучению озера Восток, является обеспечение строительства новых корпусов станции Восток. Для этого сотрудники и аспиранты СПбГУ в тесном сотрудничестве с РАЭ выполняют комплексные инженерные изыскания, направленные на поиск места разгрузки элементов конструкций, их хранения и прочее. Для этого ведущим методом является георадиолокация, которая позволяет оперативно выявлять особенности строения приповерхностной части ледника (Григорьева и др., 2020; Киньябаева и др., 2020).

С вопросами организации СГП, и в целом логистического обеспечения как научных исследований, так и жизнедеятельности зимовочных станций, полевых баз и выносных геологических лагерей, тесно связаны задачи выявления и изучения трещин, которые также выполняются при сотрудничестве РАЭ и СПбГУ. Основные объекты инфраструктуры располагаются на ледниках, либо примыкающих к ним обнажённых территориях, т. н. «оазисах». В краевых частях ледника образуются трещины, достигающие порой значительных размеров. В частности, они пересекают трассу следования СГП на Восток, и их своевременное выявление является насущной необходимостью. Для этого выполняются инженерные изыскания, в которых принимают участие сотрудники, аспиранты и студенты СПбГУ (Попов, Поляков, 2016; Попов и др., 2017).

Следующей важной задачей является мониторинг действующих посадочных площадок в Антарктиде, а также выбор места для строительства новых. Последнее тесно связано с реализацией «Стратегии...». Согласно этому руководящему документу Правительства РФ, в самое ближайшее время предполагается преобразование полевой базы Русская в зимовочную станцию. Для обеспечения безопасности и удобства доставки персонала (это единственная отечественная станция, расположенная в обширном тихоокеанском секторе) требуется организация посадочной площадки. Инженерные изыскания, направленные на решение этой задачи, уже второй год проводятся сотрудниками и аспирантами СПбГУ в тесном сотрудничестве с РАЭ (Попов и др., 2020).

С вопросами безопасности транспортных операций непосредственно связан широкий комплекс научно-технических работ по выявлению прорывоопасных водоёмов

(Пряхина и др., 2020). Необходимость этих исследований появилась после прорыва внутриледникового водоёма в районе полевой базы Прогресс-1. В результате этого образовался провал значительных размеров, который разрушил дорогу, соединяющую станцию Прогресс с аэродромом, и пунктом формирования СГП на станцию Восток (Boronina et al., 2021). В последствии выяснилось, что в районах антарктических оазисов имеется множество озёр, прорывы которых могут причинить ущерб инфраструктуре РАЭ (Попов и др., 2018; Боронина и др., 2019; Пряхина и др., 2020). Изучение этих процессов осуществляется в рамках мультидисциплинарных исследований. Однако, помимо полевых работ, выполняется математическое моделирование (Боронина и др., 2018; Попов и др., 2019; Boronina et al., 2021). При этом для наглядности и верификации разрабатываемых моделей проводится обширный комплекс физических экспериментов (Пряхина и др., 2019). Эта ответственная работа проводится силами сотрудников, аспирантов и студентов СПбГУ.

Участие студентов и аспирантов в антарктических исследованиях, помимо выше-названных научных и прикладных задач, является важным аспектом обучения, и подготовки профессиональных кадров для работы в Полярных регионах Земли. Они не только выполняют полевые работы, обрабатывают полученный материал и, в конечном итоге, получают научный результат или инженерное решение. Студенты и аспиранты также участвуют и на всех этапах подготовки к экспедиции, которая включает в себя составление и подачу заявки на работы в РАЭ, подготовку программы работ, проведение пред-полевой подготовки (закупки, подготовка и проверка оборудования), отправка оборудования. Завершаются полевые работы написанием полевого отчёта в соответствии с ГОСТом, который защищается в РАЭ и сдаётся в фонды ААНИИ. Таким образом, студенты и аспиранты получают важные практические навыки всех аспектов планирования, организации и выполнения полевых работ в Антарктиде. Это, в свою очередь, позволяет им быть востребованными в условиях современного рынка труда.

В Институте наук о Земле СПбГУ вопросам изучения Полярных областей придаётся особое значение. В частности, в рамках основных образовательных программ магистратуры, таких как «*Опасные гидрологические явления: от мониторинга до принятия решений (ГОЯ)*», «*Гидросфера и атмосфера: моделирование и прогноз*», «*Комплексное изучение окружающей среды полярных регионов (CORELIS)*», «*Геофизика*» и другие, студентам, будущим специалистам, даются не только основные знания, необходимые для работ в Полярных регионах. Помимо этого, ими также приобретаются практические навыки, включая участие в полевых работах в Антарктиде. Помимо этого, важным аспектом обучения являются курсы, в той или иной мере связанные с математическим моделированием, как основы современных научных исследований.

Работа выполнена при поддержке РНФ в рамках проекта 22-27-00266 «*Разработка математической модели развития ледникового покрова с последующим применением для описания субгляциальных гидрологических процессов в районе подледникового озера Восток, Восточная Антарктида*».

Литература

Боронина А.С., Попов С.В., Пряхина Г.В. Моделирование подледниковых паводков на примере катастрофического прорыва водоёма в леднике Долк (полуостров Брокнес, Восточная Антарктида) / Сб. докладов межд. науч. конф. «Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии», г. Санкт-Петербург, 28-30 марта 2018 г. СПб.: Научное издание. 2018. С. 854–859.

Боронина А.С., Четверова А.А., Попов С.В., Пряхина Г.В. Обзор потенциально прорывоопасных озёр и последствия прохождения их паводков в районах холмов Тала и Ларсеманн (Восточная Антарктида) / Мат-лы II Всероссийской научно-практич. конф. «Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России», г. Иркутск, 5-7 июня 2019 г. Иркутск: ИГУ. 2019. С. 307–318.

Григорьева С.Д., Киньябаева Э.Р., Кузнецова М.Р. и др. Примеры использования георадара для оценки безопасности объектов инфраструктуры в районе российской антарктической станции Прогресс

(Восточная Антарктида) // Тезисы докладов на конф. «Инженерная и рудная геофизика 2020», Пермь, Россия, 12-16 мая 2020 г. М: ООО «ЕАГЕ ГЕОМОДЕЛЬ». 2020. С. 10.

Екайкин А.А., Верес А.Н., Чихачев К.Б. и др. Пространственная изменчивость аккумуляции и геохимических свойств поверхностного снега в районе, лежащем между подледниковым озером Восток и Ледоразделом В // Свидетельство о регистрации базы данных RUS № 2021621529. Заявка № 2021621082 от 28.05.2021. Оpubл. 14.07.2021.

Киньябаева Э.Р., Григорьева С.Д., Кузнецова М.Р. и др. Комплексные изыскания по организации площадки для хранения и сборки модулей нового зимовочного комплекса станции Восток в сезон 65-й Российской антарктической экспедиции // Российские полярные исследования. 2020. № 3. С. 32–35.

Лукин В.В. Путь к изучению вод озера Восток открыт // Пробл. Арктики и Антарктики. 2012. Т. 91. №1. С. 5–19.

Попов С.В., Боронина А.С., Пряхина Г.В. и др. Прорывы ледниковых и подледниковых озер в районе холмов Ларсеманн (Восточная Антарктида) в 2017-2018 гг. // Геориск. 2018. Т. XII. №3. С. 56–67.

Попов С.В., Масолов В.Н., Лукин В.В., Попков А.М. Отечественные сейсмические и наземные радиолокационные исследования в Центральной Антарктиде накануне Международного полярного года 2007-2008 // Мат-лы гляциол. исслед. 2007. Вып. 103. С. 107–117.

Попов С.В., Масолов В.Н., Лукин В.В., Попков А.М. Отечественные сейсмические, радиолокационные и сейсмологические исследования подледникового озера Восток // Лёд и снег. 2012. Т. 52. №4. С. 31–38.

Попов С.В., Поляков С.П. Георадарное лоцирование трещин в районе российских антарктических станций Прогресс и Мирный (Восточная Антарктида) в сезон 2014/15 года // Криосфера Земли. 2016. Т. XX. №1. С. 90–98.

Попов С.В., Пряхин С.С., Бляхарский Д.П. и др. Основные результаты инженерных изысканий в районе станций Мирный, Прогресс и полевой базы Молодежная, Восточная Антарктида, в сезон 62-й РАЭ (2016/17 г.) // Пробл. Арктики и Антарктики. 2017. №4(114). С. 86–97.

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.

Попов С.В., Суханова А.А., Поляков С.П. Применение метода георадарного профилирования для обеспечения безопасности транспортных операций Российской антарктической экспедиции // Метеорология и гидрология. 2020. № 2. С. 126–131.

Пряхина Г.В., Боронина А.С., Попов С.В. и др. Физическое моделирование разрушения грунтовой дамбы водохранилища в процессе переполнения водоема // Изв. РГО. 2019. Т. 151. Вып. 2. С. 51–63.

Пряхина Г.В., Боронина А.С., Попов С.В., Четверова А.А. Гидрологические исследования прорывных озер антарктических оазисов // Метеорология и гидрология. 2020. № 2. С. 94–102.

Скакун А.А., Попов С.В., Екайкин А.А. и др. База геофизических, геодезических, гляциологических и модельных данных по Ледоразделу В (Восточная Антарктида) // Свидетельство о регистрации базы данных RUS № 2019621564. Заявка № 2019621100 от 26.06.2019. Оpubл. 05.09.2019.

Boronina A., Popov S., Pryakhina G. et al. Formation of a large ice depression on Dalk Glacier (Larsemann Hills, East Antarctica) caused by the rapid drainage of an englacial cavity // J. Glaciol. 2021. V. 67. No 266. P. 1121–1136.

Ekaikin A., Bolshunov A., Lipenkov V. et al. First glaciological investigations at Ridge B, central East Antarctica // Antarct. Sci. 2021. V. 33. No 4. P. 418–427.

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. 106–124.

Popov S. Fifty-five years of Russian radio-echo sounding investigations in Antarctica // Ann. Glaciol. 2020. V. 61. No 81. P. 14–24.

Ridley J.K., Cudlip W., Laxon W. Identification of subglacial lakes using ERS-1 radar altimeter // J. Glaciol. 1993. V. 73. No 133. P. 625–634.

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.

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.