

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

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРАКТИКИ СПБГУ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ И ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТУДЕНТОВ

Суханова А.А.¹, Кашкевич М.П.¹, Попов С.В.^{2,1}

¹*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
suhanova.anastassiya@yandex.ru, m.kashkevich@spbu.ru*

²*АО «Полярная морская геологоразведочная экспедиция», Санкт-Петербург, spopov67@yandex.ru*

GEOPHYSICAL PRACTICES OF SPBU AND THEIR EFFECT ON THE EDUCATIONAL AND BUSINESS ACTIVITIES OF STUDENTS

Sukhanova A.A.¹, Kashkevich M.P.¹, Popov S.V.^{2,1}

¹*St Petersburg State University, St Petersburg, suhanova.anastassiya@yandex.ru, m.kashkevich@spbu.ru*

²*Polar Marine Geosurvey Expedition, St Petersburg. spopov67@yandex.ru*

Полевые практики в рамках вузовского образования на кафедре геофизики Института Наук о Земле СПбГУ играют большую роль в обучении студентов. Знакомство будущих специалистов с геофизической аппаратурой, методикой выполнения полевых и камеральных работ позволяют приобрести студентам необходимые знания о профессии еще на этапе обучения в университете. В дальнейшем это способствует большему успеху студентов в их научной и производственной деятельности, а также повышает степень качества подготовки специалистов по программам обучения в вузе. Все перечисленное, впоследствии, оказывает влияние на престиж кафедры, качество преподавательской деятельности и рост заинтересованности в получении специальности у будущих студентов.

Основной полевой практикой для студентов кафедры геофизики является геофизическая практика в деревне Хаутаваара Суоярвинского района Республики Карелия. С геологической точки зрения интерес к этому району связан с открытием месторождения серноколчеданных руд вблизи деревни Хаутаваара (Раевская и др., 1978). Благодаря детальному исследованию месторождения был изучен полный разрез Хаутаваарской структуры, а для каждой ее свиты получено подробное описание строения и состава пород. При этом, стоит отметить, что заметное различие физических свойств руд и вмещающих их пород становится причиной формирования аномалий геофизических полей различной природы. Проведение учебной геофизической практики в подобном районе позволяет охватить большее количество методов геофизики, тем самым не только познакомив студентов с методикой проведения работ и обработки данных, но и предоставив возможность выполнить комплексную интерпретацию на основании полученных геофизических результатов.

Кроме того, в последние годы в рамках проведения практики помимо методов геофизики, направленных на изучение рудных полезных ископаемых, большое внимание стало уделяться методам инженерной геофизики. Малоглубинные исследования выполняются для более детального изучения геологической среды вблизи учебной базы. В качестве примера инженерных работ можно привести геофизические исследования, выполненные на акватории озера Усмитсанъярви и его окрестностях в деревне Хаутаваара в рамках учебной практики в сентябре 2016 г. Работы были направлены на изучение строения усмитсанъярвинской свиты Хаутаваарской структуры. Эта свита практически полностью находится под акваторией озера Усмитсанъярви и не имеет коренных выходов за пределами озера, в связи с чем данных о строении усмитсанъярвинской свиты практически нет.

Основным геофизическим методом исследования на акватории являлась георадиолокация, дополненная методами магниторазведки и естественного поля. Метод георадиолокации основан на изучении распространения электромагнитного сигнала в среде. Для выполнения работ на акватории был использован георадар «ОКО-2» (ООО «Логические системы», Россия) с частотой зондирования 150 МГц, что позволило, несмотря на высокую степень поглощения водой электромагнитных волн, получить отраженный сигнал от

геологической среды под акваторией озера.

По результатам георадиолокации были выявлены отражения от коренных пород, имеющих куполообразную форму и перекрытых донными осадками. При сопоставлении данных магниторазведки и георадиолокации была определена различная степень намагниченности куполообразных объектов, а по данным метода естественного поля – отсутствие у выявленных геологических тел признаков массивной сульфитизации или графитизации.

В ходе учебной практики, помимо получения новых данных о геологическом строении центральной части Хаутаваарской структуры, была также отработана методика проведения геофизических работ, прежде всего, включающая выполнение георадарных исследований на акватории. При этом на практике для отработки навыков полевых изысканий были реализованы работы как в летний период, на открытой воде, так и в зимнее время, со льда. Особое внимание также уделялось изучению основных процедур обработки георадиолокационных данных. В дальнейшем, полученные при обучении навыки нашли применение в рамках геофизических работ с участием студентов кафедры геофизики для исследования ледников вблизи российских станций в Антарктиде.

С середины XX века метод георадиолокации является одним из наиболее популярных методов изучения ледников. Связано это с особенностью ледниковой среды хорошо пропускать электромагнитное излучение, что позволяет регистрировать отражения от объектов, располагающихся как вблизи поверхности, так и на большой глубине (Финкельштейн, 1986). Радиолокационное зондирование являлось одним из методов геофизики, выполняемых с целью изучения строения ледникового покрова антарктического материка (Козлов, Федоров, 1968; Шереметьев, 1986). С открытием озера Восток вблизи одноименной российской станции в Восточной Антарктиде, с помощью метода радиолокации были получены отражения от поверхности озера Восток, а также кровли коренных пород на прилегающей к озеру территории (Попов и др., 2011; Попов, Черноглазов, 2011).

Большой интерес в последние годы метод георадиолокации приобрел в рамках исследования приповерхностной части ледникового массива. Основной целью подобных исследований является изучение строения ледника и выявление структурных неоднородностей, в частности трещин. Последние наиболее характерны для ледников в прибрежной зоне Антарктиды (Войтковский, 1999), вследствие ускоренного движения которых возникают напряжения, сопровождающиеся формированием разрывных нарушений. Ширина их варьирует в большом диапазоне, однако нередко достигает величины более 1 м. Подобные трещины могут представлять опасность для проведения логистических операций, которые осуществляются на участках ледников вблизи прибрежных антарктических станций. Поэтому своевременное выявление подобных объектов и определение глубины их залегания является неотъемлемой частью обеспечения безопасности транспортных операций. Именно для решения этой задачи все чаще в отечественной практике находит применение метод георадиолокации.

Геофизические исследования с целью поиска ледниковых трещин с 2013 г. используются в рамках работ Российской антарктической экспедиции (РАЭ). В частности, георадарное профилирование применялось для поиска опасных трещин на пути трассы «Прогресс-Восток» вблизи станций Прогресс (Попов, Эберляйн, 2014). Кроме того, особое внимание следует уделить гляцио-геофизическим исследованиям в районе станции Мирный, которые выполнялись в ходе сезонных работ 59–61-й РАЭ (2013–2016 гг.). Работы были направлены на поиск трещин и определение безопасного участка ледника для организации взлетно-посадочной полосы (ВПП). По результатам работ была ограничена территория вблизи станции Мирный, в пределах которой в дальнейшем была размечена и введена в эксплуатацию посадочная площадка (Попов и др., 2016; Попов и др., 2017).

Начиная с сезона 63-й РАЭ (2017/18 гг.) студенты магистратуры, обучающиеся на

кафедре геофизики, принимают непосредственное участие в полевых работах в составе РАЭ. В рамках участия в экспедициях были проведены геофизические исследования в районах станций Прогресс, Мирный, Русская и полевой базы Оазис Бангера. Так, в ходе георадарных работ в сезон 63-й РАЭ (2017/18 гг.) в районе станции Прогресс был изучен участок выводного ледника Долк с целью поиска трещин и неоднородностей в теле ледника. Результаты работы были использованы для организации трассы, соединяющей станцию Прогресс с аэродромом и пунктом формирования санно-гусеничного похода между станциями Прогресс и Восток (Суханова и др., 2020).

В дальнейшем, в ходе работ 64–65-й РАЭ (2018/20 гг.) опыт проведения георадарных исследований был использован в целях обеспечения безопасности логистических операций, касающихся ВПП вблизи российских станций и полевых баз. Так, во время сезонных работ 64-й РАЭ (2018/19 гг.) в районе станции Мирный были выполнены гляцио-геофизические работы по поиску безопасного участка ледника для организации запасной ВПП. Помимо георадарных зондирований были также выполнены гляциологические работы посредством кернового бурения, что позволило повысить качество интерпретации геофизических данных. В результате работ выявлено большое количество трещин, которые были классифицированы исходя из их морфометрических характеристик (ширины и глубины залегания). Наиболее опасные трещины располагались в центре обследуемого участка, в связи с чем район работ был определен как неблагоприятный для организации запасной ВПП.

Кроме того, в сезон 64-й РАЭ (2018/19 гг.) в районе полевой базы Оазис Бангер выполнялись геофизические исследования с целью поиска площадки для организации ВПП на льду залива Транскрипции. С помощью георадарного профилирования в районе работ измерена мощность льда залива, которая составила порядка 3 м, а также изучена сплошность покровного льда. По итогам геофизических работ, в совокупности с оценкой качества покрытия льда залива, были определены зоны, наиболее подходящие для приема самолетов на лыжном шасси (Суханова и др., 2019; Поляков и др., 2019).

В рамках работ 65-й РАЭ (2019/20 гг.) подобные работы по поиску безопасного участка ледника для организации аэродрома выполнялись вблизи станции Русская. Формирование аэродрома в этом районе крайне важно ввиду значительной удаленности станции от других пунктов инфраструктуры РАЭ. Комплекс гляцио-геофизических исследований включал в себя георадарное профилирование в совокупности с работами по керновому отбору. На основании полученных данных была определена зона формирования трещин в теле ледника в пределах района работ, а также определены основные закономерности строения ледниковой толщи вдоль предполагаемой ВПП. По результатам выполненных исследований был определен участок, наиболее подходящий для организации аэродрома с точки зрения безопасности логистических операций.

Изыскания, которые были выполнены в рамках сезонных работ РАЭ в период 2017–2020 гг., были успешно осуществлены во многом благодаря уже имеющейся подготовке студентов кафедры геофизики. Опыт проведения геофизических работ, полученный при прохождении учебных практик, в совокупности с теоретическими знаниями дают возможность молодым специалистам принять участие в интересных работах и продемонстрировать свою компетентность в профессиональной сфере.

Следует отметить, что в ходе обучения на кафедре геофизики Института Наук о Земле в последние годы, помимо освоения комплекса полевых и камеральных работ, студенты проявляют большой интерес к математическому моделированию. Моделирование в рамках геофизических исследований дает возможность детального изучения тех или иных физических процессов, изменяющихся во времени и пространстве. Это, в свою очередь, позволяет дополнить уже имеющиеся результаты геофизических работ расчетными математическими моделями, тем самым повышая качество интерпретации данных.

Для моделирования распространения электромагнитных волн в различных средах студентами кафедры геофизики используется пакет gprMax (Edinburg University). С математической точки зрения, моделирование подразумевает решение уравнений Максвелла с помощью метода конечных разностей во временной области в двухмерном и трехмерном пространстве (Giannopoulos, 2005; Warren et al., 2016). Успешный опыт моделирования временных георадарных разрезов (Giannakis et al., 2016; Alsharahi et al., 2021) позволяет расширить область научных знаний студентов кафедры геофизики и повысить качество решения научных и прикладных задач.

Работа выполнена при поддержке РФФИ 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

- Войтковский К.Ф. Основы гляциологии. М.: «Наука». 1999. 256 с.
- Козлов А.И., Федоров Б.А. Радиолокационное зондирование антарктических ледников летом 1967/1968 г. // Бюл. САЭ. 1968. Т. 71. С. 53–57.
- Поляков С.П., Мартыанов В.Л., Суханова А.А. Организация нового аэродрома РАЭ в районе Оазиса Бангера, Антарктида // Российские полярные исследования. 2019. Вып. 3. С. 11–15.
- Попов С.В., Масолов В.Н., Лукин В.В. Озеро Восток, Восточная Антарктида: мощность ледника, глубина озера, подледный и коренной рельеф // Лед и снег. 2011. Т. 113. Вып. 1. С. 25–35.
- Попов С.В., Межонов С.В., Поляков С.П. и др. Гляцио-геофизические инженерные изыскания для подготовки лётного поля в районе российской станции Мирный, Восточная Антарктида // Лед и снег. 2016. Т. 56. Вып. 3. С. 413–426.
- 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. Вып. 1. С. 90–98.
- Попов С.В., Поляков С.П., Пряхин С.С. и др. Строение верхней части ледника в районе планируемой взлётно-посадочной полосы станции Мирный, Восточная Антарктида (по материалам работ 2014/15 года) // Криосфера Земли. 2017. Т. XXI. Вып. 1. С. 73–84.
- Попов С.В., Черноглазов Ю.Б. Подледниковое озеро Восток, Восточная Антарктида: беговая линия и окружающие водоемы // Лед и снег. 2011. Т. 113. Вып. 1. С. 13–24.
- Попов С.В., Эберляйн Л. Опыт применения георадара для изучения строения снежно-фирновой толщи и грунта Восточной Антарктиды // Лед и снег. 2014. Т. 54. Вып. 4. С. 95–106.
- Раевская М.Б., Горьковец В.Я., Светова А.И., Володичев О.И. Серноколчеданные месторождения Карелии. Л.: «Наука». 1978. 192 с.
- Суханова А.А., Попов С.В., Боронина А.С. и др. Геофизические изыскания в районе станции Прогресс, Восточная Антарктида, в сезон 63-й РАЭ (2017/18 г.) // Лёд и Снег. 2020. Т. 60. Вып. 1. С. 149–160.
- Суханова А.А., Попов С.В., Поляков С.П. и др. Георадарные исследования для подготовки взлетно-посадочной полосы на морском льду в районе полевой базы Оазис Бангера, Восточная Антарктида // Проблемы Арктики и Антарктики. 2019. Т. 65. Вып. 3. С. 315–326.
- Финкельштейн М.И. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии М.: «Недра». 1986. 128 с.
- Шереметьев А.Н. Измерение толщины и скорости движения ледникового покрова в районе маршрута Мирный – Комсомольская – купол «В» // Тр. САЭ. 1986. Т. 78. С. 127–132.
- Alsharahi G., Bouami M.F., Faize A. et al. Contribution of analysis and detection the risks appearing in roads using GPR method: A case study in Morocco // Ain Shams Engineering Journal. 2021. V. 12. P. 1435–1450.
- Giannakis I., Giannopoulos A., Warren C. A Realistic FDTD Numerical Modeling Framework of Ground Penetrating Radar for Landmine Detection // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2016. V. 9. No. 1. P. 37–51.
- Giannopoulos A. Modelling ground penetrating radar by GprMax // Construction and Building Materials. 2005. V. 19. No 10. P. 755–762.
- Warren C., Giannopoulos A., Giannakis I. gprMax: Open source software to simulate electromagnetic wave propagation for Ground Penetrating Radar // Computer Physics Communications. 2016. V. 209. P. 163–170.