

МГУ имени М.В. Ломоносова

Лаборатория комплексной интерпретации геофизических данных

№ госрегистрации  
АААА-А16-116033010106-4

УТВЕРЖДАЮ  
Директор/декан

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ Г.

УДК  
550.83 Геофизические методы разведки

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы, безопасности  
хозяйственной деятельности и развития инфраструктуры России  
по теме:

Фундаментальные и прикладные глубинные и малоглубинные  
геофизические исследования и создание новых геофизических технологий  
при решении задач геологии, геоэкологии и геоэнергетики  
(заключительный)

Зам. директора/декана  
по научной работе

\_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ Г.

Руководитель темы  
Булычев А.А.

\_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ Г.

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы:

заведующий кафедрой, доктор  
физико-математических наук,  
профессор по кафедре, доцент  
по кафедре

\_\_\_\_\_ (Булычев А.А.)

Исполнители темы:

доцент, кандидат физико-  
математических наук, доцент  
по кафедре

\_\_\_\_\_ (Бобачев А.А.)

доцент, кандидат физико-  
математических наук, доцент  
по кафедре

\_\_\_\_\_ (Большаков Д.К.)

научный сотрудник, кандидат  
геолого-минералогических на-  
ук

\_\_\_\_\_ (Голубцова Н.С.)

доцент, кандидат геолого-  
минералогических наук

\_\_\_\_\_ (Золотая Л.А.)

доцент, кандидат геолого-  
минералогических наук

\_\_\_\_\_ (Коснырева М.В.)

научный сотрудник, кандидат  
технических наук

\_\_\_\_\_ (Кузнецов К.М.)

профессор, кандидат физико-  
математических наук, доктор  
геолого-минералогических на-  
ук, доцент/с.н.с. по специаль-  
ности

\_\_\_\_\_ (Куликов В.А.)

специалист

\_\_\_\_\_ (Куликова М.П.)

доцент, кандидат геолого-  
минералогических наук

\_\_\_\_\_ (Лыгин И.В.)

старший научный сотруд-  
ник, кандидат физико-  
математических наук

\_\_\_\_\_ (Марченко М.Н.)

профессор, доктор техниче-  
ских наук, доцент/с.н.с. по  
специальности

\_\_\_\_\_ (Модин И.Н.)

старший научный сотрудник,  
кандидат технических наук,  
доцент/с.н.с. по специальности

\_\_\_\_\_ (Никулин Б.А.)

ассистент

\_\_\_\_\_ (Паленов А.Ю.)

доцент, кандидат геолого-  
минералогических наук, до-  
цент по кафедре

\_\_\_\_\_ (Попов М.Г.)

профессор, кандидат физико-математических наук, доктор геолого-минералогических наук, доцент по кафедре старший научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук ассистент профессор, доктор физико-математических наук, доцент по кафедре научный сотрудник доцент, кандидат физико-математических наук, доцент по кафедре

\_\_\_\_\_ (Пушкарев П.Ю.)

\_\_\_\_\_ (Соколова Т.Б.)

\_\_\_\_\_ (Фадеев А.А.)

\_\_\_\_\_ (Шевнин В.А.)

\_\_\_\_\_ (Шустов Н.Л.)

\_\_\_\_\_ (Яковлев А.Г.)

## РЕФЕРАТ

Ключевые слова:

малоглубинная электроразведка, геотермальные ресурсы, магнитотеллурическое зондирование, геофизика, магнитовариационное зондирование, тектоносфера, научно-образовательный центр, геофизическая обсерватория, петротермальная геофизика, гравитационное аномальное поле, кора и мантия земли, мировой океан, аномалии электропроводности, магнитное аномальное поле, 3d-электротомография

Ключевые слова по-английски:

petrothermal geophysics, electrical conductivity anomalies, anomalous gravity field, the anomalous magnetic field, magnetotelluric sounding, geothermal resources, tectonosphere, 3d electrical resistivity tomography, geophysics, geophysical observatory, near-surface electrical prospecting, scientific-educational centre, crust and mantle of the earth, the oceans, magnetovariational sounding

В настоящем отчете представлены результаты научно-исследовательских работ (НИР), проводимых в 2020 г. сотрудниками кафедры геофизических методов исследования земной коры геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова по теме: «Фундаментальные и прикладные глубинные и малоглубинные геофизические исследования и создание новых геофизических технологий при решении задач геологии, геоэкологии и геоэнергетики». Как следует из названия темы, наряду с фундаментальными исследованиями в подразделении большое внимание уделяется и прикладным проблемам современной геофизической науки.

При всей широте научных исследований, проводимых по госбюджетной теме, можно выделить некоторые основные направления:

1. Изучение аномалий гравитационного и магнитного полей Земли на суше и акваториях и их геолого-тектоническое истолкование.

2. Изучение геодинамики и глубинного строения тектоносферы центрального и восточного секторов Индийского океана. Построение сводных карт аномалий силы тяжести в различных редукциях с использованием бортовых гравиметрических и спутниковых альтиметрических данных, карт высот геоида, аномального гравитационного поля. Проведение структурного и комплексного анализ этих карт и их атрибутов. На основании полученных результатов выявление основных черт строения тектоносферы и особенностей эволюции подводных поднятий разных геодинамических типов.

3. Совершенствование методов синхронной (в т.ч. с использованием данных Александровской геофизической обсерватории МГУ) регистрации и обработки наземных магнитотеллурических и магнитовариационных данных, а также методов их анализа и инверсии.

4. Дальнейшее изучение глубинного и малоглубинного строения отдельных районов Восточно-Европейской платформы (ВЕП) комплексом геофизических методов по результатам учебно-производственных геофизических практик

5. Создание новых и совершенствование существующих технологий наблюдений, обработки и интерпретации данных малоглубинной геофизики и их использование для решения различных инженерно-гидрогеологических,

экологических, техногенных и археологических задач.

6. Моделирование электрического поля в сложно-построенных средах для решения инженерно-геологических задач. Изучение искажений поля на профильных (двумерных) данных, связанных с трехмерностью структур, с целью получения более достоверной информации об изучаемом объекте и повышения разрешающей способности методов сопротивления.

7. Разработка методики наблюдений магниторазведки с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Развитие нового технологического направления аэромагнитных съемок с использованием БПЛА - геомагнитной томографии.

8. Проведение физико-геологического моделирования структур бодракской свиты субвулканического комплекса Горного Крыма с учетом палеомагнитных данных с целью получения новых сведений о геологическом строении среднеюрского вулканогенно-осадочного комплекса.

9. Разработка рекомендаций по внедрению экспрессных методов анализа полноразмерных кернов с целью оптимизации оперативного управления геологоразведочным процессом в нефтегазовой области.

## ВВЕДЕНИЕ

Приоритетными направлениями научных исследований, проводимых на кафедре геофизических методов исследования земной коры Геологического факультета МГУ по теме: «Фундаментальные и прикладные глубинные и малоглубинные геофизические исследования и создание новых геофизических технологий при решении задач геологии, геоэкологии и геоэнергетики», являются те направления, которые позволяют получать научно-технические результаты и создавать инновационные технологии в области глубинной и малоглубинной геофизики. Следует отметить, что исполнителями НИР по теме являются профессорско-преподавательский состав и научные сотрудники кафедры. Отчет содержит результаты работ, проведенных в 2020 г. в соответствии с планом НИР, утвержденным на заседании Ученого Совета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Отчет состоит из аннотации, введения, шести разделов и заключения. В разделах 1 - 4 представлены результаты НИР сотрудников структурных подразделений кафедры: 1 - лаборатории гравиразведки, 2 - лаборатории магниторазведки, 3 - лаборатории глубинной геоэлектрики, 4 - лаборатории малоглубинной электроразведки. В разделе 5 приводятся результаты НИР студентов при проведении зимней учебно-научной практики. В разделе 6 – рассмотрены результаты в области геофизических исследований скважин (ГИРС).

Следует отметить, что почти все исследования выполнялись с привлечением студентов и аспирантов кафедры геофизических методов исследования земной коры. Большая часть результатов НИР получена в ходе проведения летних и зимних студенческих практик, проводимых в Калужской области на учебно-научной базе МГУ имени В.К. Хмелевского.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### РАЗДЕЛ 1

Научно-исследовательские работы в лаборатории гравиразведки (проф. Булычев А.А., доц. Лыгин И.В., с.н.с. Соколова Т.Б., н.с. Кузнецов К.М., асс. Фадеев А.А.).

Сотрудниками лаборатории гравиразведки в 2020 году выполнялись исследования в рамках госзадания, научного сотрудничества с другими организациями, гранта РФФИ и хозяйственных договоров. Основные направления и результаты научных исследований лаборатории гравиразведки в 2020 году следующие:

1. Организован и проведен Четвертый гравиметрический и магнитометрический семинар, посвященный памяти профессора В.Р. Мелихова (9 докл.). В работе семинара приняли участие 20 сотрудников, аспирантов, студентов и выпускников лаборатории гравиразведки.

2. В рамках выполнения гранта РФФИ «Тектоносфера подводных поднятий Индийского океана по геофизическим данным» (рук. проф. А.А. Булычев) изучено строение тектоносферы поднятий Кергелен, Крозе и Конрад (Индийский океан) (3 статьи). В 2020 году для западного сектора Индийского океана на основании имеющейся геолого-геофизической информации произведен анализ известных представлений о строении и эволюции подводных поднятий этого сектора (хребет Лакшми, Мозамбикский хребет, Сейшельская банка и Маскаренский хребет). Была продолжена работа по разработке вероятностно-статистических подходов обработки геолого-геофизической информации, линейных и нелинейных трансформаций потенциальных полей с целью определения особенностей строения тектоносферы изучаемых поднятий. Проведен комплексный анализ полученных карт и их атрибутов и построены структурные схемы исследуемой акватории. Выполнено плотностное моделирование по профилям, секущим структуры изучаемого региона. Подведены итоги по всем изученным подводным поднятиям Индийского океана, выявлены их генетические типы и установлены геодинамические обстановки, в которых они формировались.

3. Продолжены работы по совершенствованию алгоритмов решения обратной задачи гравиразведки и магниторазведки (3 тезисов, 2 свидетельства о регистрации прав на программное обеспечение, 1 победитель программы «Умник») (асп. Л.С. Чепиго, проф. А.А. Булычев, н.с. К.М. Кузнецов);

4. Продолжена разработка темы по изучению геодинамически активных обстановок по временным вариациям гравитационного поля (рук. доц. И.В. Лыгин) (1 бак. работа, 1 статья, 3 тезисов). Исследованы вариации гравитационного поля над Каспийско-Черноморским регионом. Также были проанализированы временные разрезы вариаций гравитационного поля и их связь с землетрясениями. Показано, что смена режима вариаций гравитационного поля над Восточно-Африканской рифтовой системой происходит после крупных ( $M > 8$ ) региональных землетрясений.

5. Продолжена разработка темы по изучению глубинного строения земной коры Баренцева моря по комплексу геолого-геофизических данных с опорой на данные потенциальных полей (рук. доц. И.В. Лыгин) (1 маг. раб., 1 тезисы). Построена модель изменения плотности с глубиной в Баренцевом море.

6. Обеспечено камеральное сопровождение магнитометрических работ кругосветной экспедиции на (ОИС) ВМФ "Адмирал Владимирский". Магнитометрическими задачами экспедиции являлись измерение параметров магнитного поля отдельных участков Мирового океана по маршруту следования судна и инструментальное уточнение координат Южного магнитного полюса (ЮМП) в море Дюрвиля.

7. Проанализированы возможности гравиметрических наблюдений с использованием наземных гравиметров на неустойчивых основаниях» (рук. н.с. К.М. Кузнецов) (4 тезиса и выступления на конференциях).

8. В рамках сотрудничества с ПАО «Газпром Нефть» выполнены работы по «Проведению интерпретации данных высокоточных гравиметрических и магнитометрических исследований в пределах Парабельского лицензионного участка (ЛУ)» (1 хоз. договор, отв. исп. с.н.с. Т.Б. Соколова) и сдан отчет для РГФ (1 хоз. договор, отв. исп. н.с. К.М. Кузнецов).

9. В рамках сотрудничества с ПАО «Газпром Нефть» по заказу ООО «Кларенко» выполняется «Интерпретация гравиразведочных и магниторазведочных данных в объеме от 6000 пкм до 7730 пкм погонных километров (Баренцево море)» (1 хоз. договор, отв. исп. доц. И.В. Лыгин).

10. В рамках сотрудничества с ПАО «Газпром Нефть» по заказу АО «Пангея» оказаны услуги по сопровождению полевых работ по регистрации потенциальных полей на Савицком ЛУ (1 хоз. договор) (отв. исп. асс. А.А. Фадеев).

11. Также по заказу АО «Пангея» в интересах ПАО «Газпром Нефть» выполнено сопровождение наземных гравиметрических и магнитометрических работ на ЛУ Савицкий (1 хоз. договор) (отв. исп. асс. А.А. Фадеев).

Всего сотрудниками и аспирантами лаборатории опубликовано 5 статей и 10 тезисов докладов, сделано 10 докладов на конференциях, получено 1 свидетельства о регистрации прав на ПО. Выполнены научно-производственные работы в рамках 1 гранта РФФИ и четырех хозяйственных договоров, в которых сотрудники являются ответственными исполнителями.

## РАЗДЕЛ 2.

Научно-исследовательские работы в лаборатории магниторазведки (зав. лаб. доц. Золотая Л.А., асс. Коснырева М.В., асс. Паленов А.Ю., доц. Попов М.Г.).

Сотрудниками лаборатории магниторазведки в 2020 году выполнялись исследования в рамках госзадания, научного сотрудничества с другими организациями и хозяйственных договоров.

1. Группа сотрудников лабораторий магниторазведки и гравиразведки (доц. Золотая Л.А., асс. Паленов А.Ю., доц. Коснырева М.В., доц. Лыгин И.В., н.с. Кузнецов К.М. и др.) активно развивает новое технологическое направление аэромагнитных съемок с использованием БПЛА - геомагнитную томографию. Ими совместно с ООО «ГЕОСКАН» был успешно выполнен пилотный проект для компании ГАЗПРОМНЕФТЬ по поиску и локализации разнотипных техногенных линейных объектов по данным многоуровневой маловысотной аэромагнитной съемки на беспилотном носителе. Проведена высокоточная наземная магнитная съемка в одном из регионов с целью сопоставления результатов, полученных на разных высотах, и оценки применимости магнитометрической съемки на беспилотном носителе для уточнения местоположения существующей подземной инфраструктуры (опреде-



ление положения и геометрических параметров подземных коммуникаций, поиска неотмеченных магнитных тел (старые трубы, скважины, металлолом и т. д.). В июне 2020 года Геологический факультет (при активном участии зам. декана Д.Калмыкова) произвел закупку 2-х новых магнитометров марки MMPOS-1 –аеро, производства Квантовой Лаборатории Магнитометрии (г. Екатеринбург), предназначенных для аэросъемок с использованием Беспилотных Летательных Аппаратов (БПЛА). Летом 2020 года на учебном полигоне в д. Александровка Калужской области была проведена апробация аэромагнитометров на квадрокоптере компании «Люфтера» и получены хорошие результаты. В 2021 году запланировано проведение аэромагнитной съемки в Крыму с использованием БПЛА с целью геолого-тектонического картирования субвулканических тел и вулканогенно-осадочных пород среднеюрского возраста Горного Крыма. Полученные материалы были представлены в формате докладов на конференциях: • Многоуровневая магнитная съемка с использованием БПЛА для изучения линейных техногенных объектов (Устный) Авторы: Коснырева М.В., Кузнецов К.М., Паленов А.Ю., Золотая Л.А., Лыгин И.В., Арутюнян Д.А. 16-ая научно-практическая конференция и выставка «Инженерная и рудная геофизика 2020», Пермь, Россия, 14-18 сентября 2020. • Применение многоуровневой магнитной съемки с использованием БПЛА для определения пространственного положения трубопроводов (Устный) Авторы: Коснырева М.В., Кузнецов К.М., Паленов А.Ю., Золотая Л.А., Лыгин И.В., Арутюнян Д.А. Всероссийская конференция с международным участием «Ломоносовские чтения» 2020 года. Секция «Геология», Москва, Россия, 15-24 апреля 2020. ОПУБЛИКОВАНА СТАТЬЯ в сборнике EAGE EarthDoc, серия Engineering and Mining Geophysics 2020, место издания EAGE, с. 1-10 DOI Многоуровневая магнитная съемка с использованием БПЛА для изучения линейных техногенных объектов Коснырева М.В., Кузнецов К.М., Паленов А.Ю., Золотая Л.А., Лыгин И.В., Арутюнян Д.А.

2. Развивается новое направление комплексирования данных детальных магнитных съемок и материалов палеомагнитных исследований для трехмерного магнитного моделирования сложных геологических разрезов в областях развития вулканогенно –осадочных пород бодракской свиты средней юры (Крым). В настоящее время осуществляется сотрудничество с лабораторией Главного геомагнитного поля и петромагнетизма Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН и петромагнитной лабораторией кафедры динамической геологии геологического факультета МГУ под руководством профессора Веселовского Р.В. Осенью 2020 года была собрана коллекция ориентированных образцов горных пород бодракской свиты в Крыму для лабораторных измерений индуцированной и остаточной намагниченности на современной аппаратуре. Лабораторные измерения магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности были проведены на сто сорока образцах. В процессе были освоены следующие методы лабораторных исследований: • Определение магнитной восприимчивости с помощью капмометра AJICO Carrabridge MFK1-FA. Чувствительность прибора –  $2E-8$  (SI). Магнитная восприимчивость индивидуальных образцов измерялась по стандартному протоколу (поле – 200 А/м, частота 976 Hz) с коррекцией на массу индивидуального образца (в граммах). Все данные обработаны, и в настоящий момент готовится статья о интересных результатах: надежно установленной биполярной намагниченности пород этого типа. • Определение век-

тора естественной остаточной намагниченности с помощью Криогенного магнитометра 2G Enterprises SQUID. Остаточная намагниченность образцов измерялась в немагнитном пространстве в 4-х положениях. Протокол измерений включал в себя от 8 до 15 шагов размагничивания переменным полем помимо измерения нормальной намагниченности образца в диапазоне от 0 до 130 мТ (1300 Гс) с детальным шагом на низких значениях (0-5 мТ) для определения суммарного вектора остаточной намагниченности. Чувствительность прибора составляет порядка  $1E-7$  А/м. Эти данные были использованы для уточнения геологического строения интрузий бодракской свиты средней Юры в Крыму. Магматические образования в Крыму изучаются геологами более ста лет. Эти исследования совершаются преимущественно методом натуральных наблюдений, которые не могут дать ответ на многие важные вопросы о строении и генезисе этих образований. Магматические тела имеют более высокие значения намагниченности, по сравнению с вмещающими породами, что является физическими предпосылками для применения магниторазведки. В 2020 г. были получены новые данные высокоточной площадной магнитной съемки масштаба 1:10000, выполненной на периферийной части Качинского антиклинория Крыма в районе реки Бодрак у с. Трудюлюбовка в комплексе с палеомагнитными исследованиями интрузий средней юры J2bd. Анализ материалов площадных магнитных данных позволил представить схему геологического площадного картирования сложнодислоцированного интрузивного комплекса. В дальнейшем было проведено построение магнитных моделей геологического разреза с учетом данных остаточной намагниченности. Значения остаточной намагниченности были получены по данным отобранной палеомагнитной коллекции. По результатам моделирования стало возможным определить глубины залегания интрузивного комплекса и по-новому рассмотреть пространственно-временные соотношения интрузий бодракской свиты и вмещающих их горных пород на исследуемой территории. • Комплексование данных площадных магнитных и палеомагнитных исследований в Крыму для уточнения геологического строения интрузий бодракской свиты средней юры. Золотая Л.А., Коснырева М.В., Паленов А.Ю., Филиппович А.В. в журнале Геофизика, издательство М.: Ред.-изд. центр ЕАГО; (Тверь: Полипресс), № 2, 2020, с. 73-81

3. Доцент Попов М.Г. исследовал изменения во времени и в пространстве напряженного состояния геологической среды различных регионов России. При оценке сейсмической и экологической опасности напряженно-деформированное состояние геологической среды является важнейшей геодинамической характеристикой районов гидравлических (ГЭС) и атомных (АЭС) электростанций, предприятий ядерного топливного цикла (ЯТЦ), химической промышленности, стратегически важных объектов, густонаселенных мегаполисов и курортных районов. Целью работы явилось обобщение полученных результаты значений геодинамических показателей напряженно-деформированного состояния среды для разных по своей тектонической активности районов РФ. • Изучение изменений во времени и в пространстве напряженного состояния геологической среды Попов М.Г., Попова О.Г. в журнале Геология и геофизика Юга России, издательство Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геофизический институт Владикавказского научного центра Российской академии наук (Владикавказ), том 10, № 3, 2020, с. 79-93 DOI

### РАЗДЕЛ 3.

Научно-исследовательские работы в лаборатории глубинной геоэлектрики (зав. лаб., доц. Яковлев А.Г., проф. Куликов В.А., проф. Пушкарев П.Ю., н.с. Голубцова Н.С., н.с. Шустов Н.Л.).

1. В течение нескольких лет группой сотрудников, аспирантов и студентов кафедры геофизики геологического факультета под руководством профессора Куликова В.А. проводится разработка методики применения метода многочастотной вызванной поляризации при изучении месторождений песчано-гравийных смесей (ПГС). В рамках проведения учебной практики для магистров 2 года обучения были выполнены петрофизические измерения песчано-гравийных отложений в условиях естественного залегания на карьере месторождения "Подберезье". Были выполнены многочастотные измерения кажущегося сопротивления и вызванной поляризации с компактной 30см установкой А10М10Н10В, измерения магнитной восприимчивости, влажности, рентгенофлуоресцентный анализ. Для проведения измерений была выполнена зачистка стенки карьера отдельными уступами высотой 2м. Из горизонтов с аномальными физическими свойствами были отобраны образцы и выполнен экспресс-анализ петрофизического состава гравийной фракции. По результатам наземных и петрофизических измерений, проведенных на месторождении "Подберезье" были сделаны доклады на конференциях "ГеоЕвразия-2020" и «Инженерная и рудная геофизика 2020»: • Аношина С. А., Куликов В. А. Проведение комплекса электроразведочных измерений на месторождении песчано-гравийных смесей Подберезье // Труды III Международной геолого-геофизической конференции и выставки ГеоЕвразия 2020 Современные технологии изучения и освоения недр Евразии. — Т. 2. — ООО ПолиПРЕСС Тверь Москва Москва, 2020. — С. 43-46. и вышла статья в журнале «Геофизика»: • Куликов В. А., Аношина С. А. Комплексование результатов наземной электроразведки и петрофизических измерений, выполненных в условиях естественного залегания, для изучения месторождения ПГС // Геофизика. — 2020. — № 1. — С. 14-22.

12 ноября 2020 года успешно прошла защита кандидатской диссертации аспирантки Аношиной С.А. Тема диссертации - «Применение методов сопротивлений и вызванной поляризации для изучения песчано-гравийных отложений». Диссертация выполнена на кафедре геофизических методов исследования земной коры. Научный руководитель - доктор геолого-минералогических наук, проф. Куликов В.А. Цель работы - расширение возможностей геофизических методов при поиске песчано-гравийных месторождений с помощью многочастотных измерений вызванной поляризации и повышение информативности электроразведочных данных за счет привлечения поляризационных параметров. В рамках диссертационной работы рассмотрены петрофизические свойства песчано-гравийных смесей (ПГС), изучены процессы поляризуемости, характерные для ПГС, проведены детальные полевые работы на известных месторождениях песчано-гравийных отложений, лабораторные исследования на образцах песка и ПГС, физическое моделирование и построена физико-геологическая модель песчано-гравийной залежи. Полученные результаты показали, что использование метода сопротивлений в комплексе с измерением вызванной поляризации при изучении песчано-гравийных отложений позволяет выделять области, обогащенные гравийно-галечной фракцией, уточнять положение уровня грунтовых вод и оценивать мощность обводненной части пер-

спективного месторождения.

2. Летом 2020 г. были продолжены работы по изучению коровых проводящих зон Восточно-Европейской платформы методами глубинного магнитотеллурического зондирования (ГМТЗ). Работы проводились под руководством профессора В.А. Куликова группой, состоящей из сотрудников, аспирантов и студентов кафедры геофизики Геологического факультета МГУ (Лаборатория геоэлектрики им. М.Н. Бердичевского).

Первый объект изучения – юго-восточное крыло крупной Ладожской аномалии электропроводности, приуроченной к Ладожско-Ботническому поясу, который является границей между Свекофенским орогеном, сформированным при закрытии одноименного океана, и Карельским кратоном. Ранее, летом 2018 г. и зимой 2019 г. здесь были выполнены измерения методом ГМТЗ по двум региональным 180-километровым профилям “Кириши-Подпорожье” и “Тихвин-Винницы”. Зимние работы 2019 года по профилю “Тихвин-Винницы” проводились в рамках факультативной геофизической практики для студентов-геофизиков 3 курса Геологического факультета МГУ. Летние работы 2020 г. проводились в целях изучения структуры Ладожской аномалии в южном направлении, вплоть до точек опорного профиля 1-ЕВ. Сформированный по результатам работ 2018-2020 гг. массив электроразведочных данных позволит провести в ближайшее время трехмерную инверсию всех точек ГМТЗ с построением 3D модели юго-восточной ветви Ладожской проводящей зоны. Были построены карты кажущегося сопротивления на периоде 300с и индукционных векторов. На этих картах четко выделяется зона пониженных значений кажущегося сопротивления, отвечающая Ладожской аномалии.

Второй объект изучения – коровая проводящая зона, выделенная в зоне сочленения Фенноскандии и Волго-Сарматии, которая маркируется Среднерусским авлакогеном. Зимой 2020 г., в рамках проведения факультативной практики со студентами-геофизиками Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, в зоне сочленения Фенноскандии и Сарматии были выполнены пятикомпонентные ГМТЗ по 200 км профилю Ржев-Великие Луки. В августе 2020 г. профиль Ржев-Великие Луки был продолжен на запад до г. Себеж. Общая длина профиля составила более 300 км. После обработки и этапа качественной интерпретации данных была проведена двумерная инверсия с построением глубинной 2D геоэлектрической модели. По данной тематике в 2020 году был сделан доклад на международной конференции: • Площадной анализ МТ-данных по Южному Приладожью / А. П. Ионичева, В. А. Куликов, П. Ю. Пушкарев и др. // Труды III Международной геолого-геофизической конференции и выставки ГеоЕвразия 2020. Современные технологии изучения и освоения недр Евразии. — Т. 3. — Москва, 2020. — С. 198-200. И опубликована статья: • Электропроводность фундамента восточно-европейской платформы в юго-восточном Приладожье по данным магнитотеллурических зондирований / В. А. Куликов, Е. Ю. Соколова, А. П. Ионичева и др. // Физика Земли. — 2020. — № 6. — С. 66-85.

3. В течение нескольких последних лет сотрудниками кафедры геофизики геологического факультета МГУ проводились комплексные электроразведочные работы методами АМТЗ, ЗСБ и ВЭЗ по региональным профилям через р. Угра, направленные на поиск и изучение разновозрастных погребенных долин. Летом 2019 г. работы по одному из профилей были завершены. Общая длина профиля составила 22 км. Неогеновые палеодолины, сло-

женные песками, проявляются на геоэлектрических разрезах в виде линз высокого сопротивления. На основе полученных авторами результатов можно сделать вывод, что в разрезе присутствует многоярусная сеть палеодолин разного возраста – визейских, неогеновых, четвертичных, которые накладываются друг на друга, образуя сложную геоэлектрическую картину. По результатам работ по изучению палеодолин р. Угра в 2020 г. были представлены следующие доклады: • Результаты комплексных геофизических работ по региональному профилю через р. Угра / В. А. Куликов, Е. Д. Алексанова, С. В. Зайцев и др. // Труды III Международной геолого-геофизической конференции и выставки ГеоЕвразия 2020 Современные технологии изучения и освоения недр Евразии. — Т. 1. — ООО ПолиПРЕСС Тверь Москва, 2020. — С. 35-38. • Результаты комплексных геофизических работ по региональному профилю через р. Угра / С. В. Зайцев, Е. Д. Алексанова, В. А. Куликов и др. // 2020 EAGE EarthDoc Engineering and Mining Geophysics 2020. — EAGE, 2020. — С. 1-6.

4. Под руководством профессора Куликова В.А. продолжают работы по теме: «Развитие и совершенствование электроразведочного комплекса для поиска и разведки рудных месторождений». Основные результаты работы были отражены в трех докладах на международных конференциях: • Особенности опытно-методических электроразведочных исследований на полигоне МГУ (д. Александровка) / Е. Ю. Ермолин, В. А. Куликов, А. В. Мельников, А. Е. Асосков // 2020 EAGE EarthDoc Engineering and Mining Geophysics 2020. — EAGE, 2020. — С. 1-10. • Куликов В. А., Поликарпова В. А., Яковлев А. Г. Применение программы трехмерной инверсии для интерпретации глубинного варианта электротомографии при решении рудных задач // Труды III Международной геолого-геофизической конференции и выставки ГеоЕвразия 2020 Современные технологии изучения и освоения недр Евразии. — Т. 2. — ООО ПолиПРЕСС Тверь Москва Москва, 2020. — С. 58-60. • Куликов В.А. Фазово-частотная модификация метода вызванной поляризации // 5-ая Международная научно-практическая конференция "Инновации в геологии, геофизике и географии-2020" и в статье: • Результаты опытно-методических работ методами электроразведки на полигоне МГУ в д. Александровка (Калужская область) / Е. Ю. Ермолин, В. А. Куликов, А. В. Мельников и др. // Геофизика. — 2020. — № 4. — С. 34-42.

5. В монографии, изданной Карельским научным центром РАН, подведены итоги многолетних исследований участниками рабочей группы ЛАДОГА глубинного строения северо-западной и юго-восточной частей Приладожья по результатам синхронных МТ-МВ зондирований: • Соколова Е.Ю., Минц М.В., Голубцова Н.С., Зайцев С.В., Коснырева М.В., Куликов В.А., Пушкарев П.Ю., Рокитянский И.И., Таран Я.В., Золотая Л.А., Яковлев А.Г. Глубинные модели Ладожской аномалии электропроводности по результатам синхронных МТ-МВ зондирований на профиле Выборг-Суоярви и в юго-восточном Приладожье. Глава в коллективной монографии: Ладожская протерозойская структура (геология, глубинное строение и минерагения), отв. ред. Н.В. Шаров. КарНЦ РАН Петрозаводск, с. 284-302.

6. Результаты НИР по теме нашли свое отражение в двух учебных пособиях: • Куликов В.А., Яковлев А.Г. Аппаратурно-методический практикум по курсу Электроразведка. — Учебное пособие. ООО ПолиПРЕСС Тверь, 2020. — 56 с. • Куликов В.А., Пушкарев П.Ю. Электромагнитные зондирования при решении глубинных задач. — Учебное пособие. ООО ПолиПРЕСС Тверь,

2020. — 228 с.

#### РАЗДЕЛ 4.

Научно-исследовательские работы в лаборатории малоглубинной электротомографии (проф. Модин И.Н., проф. Шевнин В.А., доц. Бобачев А.А., доц. Большаков Д.К., с.н.с. Марченко М.Н., инж. Скобелев А.Д., инж. Иванова С.В., инж. Акуленко С.В.).

1. В 2020 году продолжались работы по многосегментным измерениям в электротомографии. Была разработана принципиально новая методика таких измерения - совмещенная электротомографическая установка. Этот новый подход позволяет увеличить глубинность метода электротомографии при сохранении детальности исследований. Предлагается использовать коммутирующее устройство, которое позволяет удваивать шаг по профилю наблюдений и по сути удваивать число электродов в многоэлектродной аппаратуре, не меняя саму аппаратуру.

2. В 2020 году были выполнены большие работы с донной электротомографией.

Это новый подход к детальным работам на акваториях. Полевые работы выполнялись в два этапа. В начале прибор находился на лодке, а неподвижная коса на дне. Затем прибор был на берегу, а коса разматывалась с резиновой лодки. Это позволило получить данные в транзитной зоне, недоступной для акваторных наблюдений из-за малой глубинности. В результате 2D инверсии данных электротомографии для двух раскладок получился разрез длиной 390 метров. На этом разрезе четко выделяется высокоомный блок с мерзлыми породами на глубине примерно 5 м под берегом. Этот блок продолжается почти на 50 метров от кромки воды до глубины 1 метр. На многих профилях к этому блоку примыкает второй высокоомный блок, залегающий на глубине примерно 20 метров. Наличие двух высокоомных блоков у берега хорошо видно при сравнении результатов по нескольким профилям.

3. В области археологической геофизики: картирование курганного могильника Гнездилово-12 на территории древней Владимиро-Суздальской земли.

Совместно с Институтом археологии РАН проведено изучение древнего курганного могильника комплексом геофизических методов, который включал ортофотосъемку с БПЛА, электротомографическую и магнитную съемку. Итоговые карты приведены на рис. 1 и 2. Структура электрического и магнитного полей аналогична результатам, полученным на памятнике Шекшово-9. Локальные кольцевые аномалии являются рудиментами древнерусских курганов X-XI в.в. Впервые за один полевой сезон удалось откартировать примерно 55 курганных построек. Однако, в случае Гнездилово интерпретация локальных некольцевых аномалий несколько отличается. Говоря о кольцевидных аномалиях, Гнездилово-12 интересен возможностью сопоставления геофизических данных с чертежами, сохранившимися после раскопок XIX в.. Учитывая полуинструментальную методику построения чертежа, можно говорить о хорошей сходимости результатов на качественном уровне; в целом, конфигурация курганов повторяется, также стоит учитывать, что на чертёж вынесены только те курганы, которые были видны в рельефе на момент раскопок. Наблюдается зависимость геофизических результатов от фоновых свойств грунтов в случае локальных линейных неоднородностей. Существуют два типа таких структур, которые соответствуют палеокриогенным клиньям разных порядков и связанным с ними палеопоч-

венным и эрозионным процессам. Сеть больших (толстых) полигонов после сравнения с результатами геофизики обнаружена по почвенным знакам на данных дистанционного зондирования. Однако небольшие (тонкие) полигоны второго и третьего порядка видны только на картах удельного сопротивления по результатам электротомографии и аномального магнитного поля.

4. В области инженерной геофизики: выполнены электротомографические исследования синих кембрийских глин в карьере с.Никольское (Ленинградская область).

В марте 2020 года до начала короновирусной пандемии совместно с институтом ИГИИС в Ленинградской области на участке Никольского карьера синих кембрийских глин были выполнены тестовые инженерно-геофизические исследования методом электротомографии. Были отработаны 5 параллельных профилей на понижающихся ступенях карьера. В результате этих исследований было установлено, что морские синие кембрийские глины в верхней части разреза являются неоднородными и имеют крупные включения суглинистого материала, который проникает на достаточно большую глубину до 10-15 м. Вероятное происхождение такого рода неоднородностей связано с работой ледников, которые заталкивали в глинистый массив фрагменты суглинков и песчанистого материала во время движения ледниковой толщи. Результатом геофизических исследований является вывод о локальных изменениях свойств синих глин в результате процесса образования гляциодислокаций.

5. В области исследования опасных геологических процессов: выполнены мониторинговые электротомографические исследования в Долине Гейзеров (полуостров Камчатка).

В августе 2020 г. в содружестве с Кроноцким государственным заповедником в Долине Гейзеров и кальдере вулкана Узон с целью изучения внутренней динамики гейзеров лабораторией малоглубинной геофизики выполнены мониторинговые электротомографические исследования вблизи гейзеров Большой, Крепость, Щель и Шаман. С помощью электротомографии начато изучение геологического строения Долины Гейзеров по продольному профилю, который прошел по основным структурным элементам. По данным электрической томографии был построен геоэлектрический разрез вдоль долины Гейзеров. В настоящее время выполняется обработка и интерпретация данных электромониторинговых наблюдений.

6. В области инженерной геофизики: выполнены комплексные геофизические исследования карстовой зоны с целью укрепления грунтового массива в районе мостовой опоры (Уральский регион).

В августе 2020 г. выполнены комплексные геофизические работы в Уральском регионе. Целью исследований является выяснение условий строительства моста: изучение геологического разреза, оконтуривание карстовых полостей и оценки физико-механических свойств грунтов. В задачу электроразведочных исследований входило выделение и оконтуривание зон, характеризующихся повышенными и пониженными значениями сопротивлений, карстовых полостей, водонасыщенных участков. В задачи сейсмических исследований входило: определение прочностных свойств грунтов; выяснение характера пространственного распределения параметра  $V_s/V_p$  и предела прочности на одноосное сжатие; выделение и оконтуривание зон, характеризующихся повышенными и пониженными значениями сейсмических свойств.

В результате были выявлены 3 опасные карстовые зоны. Первая зона приурочена к границе развития карстово-суффозионных процессов в окрестности опоры. Вторая зона расположена рядом с опорой №1, под опорой, и представляет собой вытянутую в южном направлении структуру (вдоль течения реки). По результатам лабораторных измерений известняки, на которых расположены опоры моста, являются водонасыщенными и обладают низкой прочностью. Третья зона является зоной сочленения двух зон тектонического нарушения и характеризуется пониженными сопротивлениями. Эта зона по результатам интерпретации данных электроразведки соответствует аномалии пониженных сопротивлений, которая погружается на глубину порядка 40-50 м.

7. В области геофизического приборостроения: разработана новая речная электроразведочная станция.

В лаборатории малоглубинной электроразведки разработана новая речная станция для выполнения непрерывных электрических зондирований на пресноводных акваториях. Коса, которая работает в составе станции и её конструкция, физически реализована на ООО «Геоспейс Технолджис Евразия» (г.Уфа). Кроме того, ведется разработка прибора для измерения толщины графитового напыления совместно с лабораторией исследования вещества кафедры петрологии и вулканологии (работы ведутся под руководством с.н.с. Марченко М.Н.). В лаборатории развиваются новые технологии работ: • Технология многосегментных зондирований. Предложена Д.К. Большаковым и его аспирантом К.Д. Ефремовым. Развивается ими же, а также А.А. Бобачевым. • Технология зондирований в шахтах. • Технологии донных акваторных зондирований (А.А. Бобачев). • Технологии комплексирования электроразведочных и сейсморазведочных работ при карстологических исследованиях. • Развитие комплекса методов для работы на археологических объектах. • В рамках сотрудничества с Национальным парком «Угра» выполнены научно-исследовательские работы по картированию остатков школы на территории Суковского плацдарма, где был совершен подвиг Героя Советского Союза лейтенанта Цветкова. Сотрудниками, аспирантами и магистрантами лаборатории сделаны доклады на международных конференциях: «ГеоЕвразия - 2020», «Инновации в геологии, геофизике и географии - 2020» (6 докладов), «Инженерная и рудная геофизика 2020» (6 докладов), «Ломоносов-2020», III Международная научно-практическая конференция «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений»

\*\*\*\*\* Сотрудниками лаборатории написано несколько статей в научные журналы, среди которых: 1. Бобачев А. А., Шевнин В. А. Отрицательная аномалия вызванной поляризации ее возможные причины // Геофизика. — 2020. — № 4. — с. 43-49 2. Марченко М.Н., Модин И.Н. Керимов А.К. Оценка влияния метеорологических факторов на результаты электрометрического мониторинга на основе стохастического моделирования. Инженерные изыскания ISSN: 1997-8650. Номер 4/2019 3. Большаков Д.К., Модин И.Н., Ефремов К.Д. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛОЩАДНЫХ МНОГОСЕГМЕНТНЫХ РАСТАНОВОК// в сборнике Ломоносовские чтения 2020 секция Геология, издательство Изд-во Моск. ун-та (М.), тезисы 4. Статья в журнале Вестник Московского университета, серия 4, Геология, Груздев А.И., Бобачев А.А., Шевнин В.А. "Определение области применения бесконтактной технологии метода сопротивлений" N 5, 2020, стр. 100-106. 5. Bricheva S.S., Modin I.N.,



Panin A.V., Efremov K.D., Matasov V.M. The Structure of Quaternary Deposits in the Upper Dnieper Valley According to Integrated (Combined) Geophysical Data. в журнале Moscow University Geology Bulletin, издательство Allerton Press Inc. (United States), том 75, № 4, с. 413-424 DOI 6. Тезисы доклада на конференции Ломоносовские чтения 2020 (тезисы сдавал 14 октября 2020 г): РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛОЩАДНЫХ МНОГОСЕКТОРНЫХ РАССТАНОВОК. Большаков Д.К., Модин И.Н., Ефремов К.Д. в сборнике Ломоносовские чтения 2020 секция Геология, издательство Изд-во Моск. ун-та (М.), тезисы 7. Gruzdev A.I., Bobachev A. A., Shevnin V. A. THE DETERMINATION OF USABILITY AREA FOR CAPACITIVE RESISTIVITY MEASUREMENTS. Moscow University Geology Bulletin, 2005, 5 8. Модин И.Н., Ерохин С.А., Шевченко В.А., Скобелев А.Д. и др. Геофизические исследования невыраженного на поверхности средневекового некрополя Шекшово-9 (Суздальское ополье). Вестник Московского университета, серия 4 "Геология". №6 2020, ноябрь-декабрь. Стр. 3-15.

#### РАЗДЕЛ 5.

В этом разделе кратко представлены научно-исследовательские работы осуществленные в ходе проведения зимней геофизической практики для студентов-геофизиков в 2020 г.

Уже традиционно, который год подряд, силами сотрудников отделения геофизики при спонсорской поддержке ООО «Северо-Запад» на учебной базе в д. Александровка Калужской области. проводится зимняя геофизическая студенческая практика. В этом году она проходила с 25 января по 5 февраля. В ней участвовали 36 студентов и аспирантов и 5 преподавателей. Были выполнены следующие исследования:

1. Выполнены работы методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ) вдоль профиля Великие Луки - Ржев. Длина профиля составила 200 км, количество пунктов зондирования - 25. Были задействованы 10 студентов и магистрантов, преподаватели Куликов В.А., Шустов Н.Л. Цель исследований - изучение глубинного строения в районе сочленения тектонических плит Фенноскандии и Волго-Сарматии. По результатам работ выполнена бимодальная двумерная инверсия и построен геоэлектрический разрез.

2. Проведены модульная и векторная магнитометрическая съемка вдоль профиля Александровка - Борисенки (Юхновский район, Калужской области). Задействованы 6 студентов, преподаватели Паленов А.Ю., Шустов Н.Л. Выполнены опытно-методические работы, создана уникальная установка на базе станции LEMI-417 и высокоточной дифференциальной GPS системы, в результате получены и сопоставлены профильные данные классической магнитной съемки и векторной магнитной съемки.

3. Исследования с помощью гравиразведки осуществлялись по профилю р. Угра - ур. Борисенки (Юхновский район, Калужской области). Были задействованы 8 студентов, преподаватель К.М. Кузнецов. Работы проводились с целью изучения геологических неоднородностей Александровского плато. Результаты представлены в виде профильных графиков после введения поправок.

4. Также был осуществлен комплекс геофизических работ для решения археологических задач (урочище Косая Гора, Юхновский район, Калужская область). Задействованы 16 студентов, преподаватели Модин И.Н., Пелевин А.А. Проведена комплексная интерпретация геофизических данных для выявления аномалий, значимых для археологии.

5. Проведены работы методом электротомографии. Место работ - Александровское плато (Юхновский район, Калужской области). Задействованы 11 студентов, преподаватель Бобачев А.А. Цель работ - детальное изучение верхней части разреза на Александровском плато.

6. Произведены регламентные работы в геофизической обсерватории (учебно-научный полигон в д. Александровка), задействованы 3 студента, преподаватели Шустов Н.Л., Паленов А.Ю. После изменения формата передачи данных спутниковой системы навигации (GPS) изменены программы прошивки станций LEM1 в обсерватории, выполнен текущий ремонт. До июня 2020 г. обсерватория функционировала в штатном режиме.

7. 4 февраля 2020 г. была проведена студенческая конференция «О результатах зимней практики 2020». В конференции приняли участие 25 студентов, магистрантов и аспирантов. Сделано - 10 докладов (организатор конференции н.с. Шустов Н.Л.).

#### РАЗДЕЛ 6.

Научные исследования в области геофизических исследований в скважинах (ГИС) (с.н.с. Никулин Б.А.).

С.н.с. Никулиным Б.А. проводились исследования по оптимизации комплекса петрофизических видов анализа и оценки их информативности. Осуществлялось комплексирование геофизических и геохимических методов петрофизики и каротажа при оценке фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) и органического вещества (ОВ) в карбонатном разрезе. Было рекомендовано применение экспрессных методов анализа полноразмерных кернов без их разрушения в кернохранилищах или на буровой, что позволяет определять пористость, вещественный состав, оценивать микротрещиноватость, выявлять признаки геохимических преобразований, улучшая статистическую значимость петрофизических построений. Преимущества экспрессности и массовости измерений позволяют паспортизировать практически весь объем коллекций, улучшая статистическую значимость петрофизических построений, оптимизировать отбор представленных кернов для детальных исследований, а также осуществлять более надежную привязку кернов к данным ГИС. Разработанный цифровой комплекс петрофизических и каротажных исследований с успехом используется в учебном процессе на буровой Александровка №1. По данным исследований была построена петрофизическая модель разреза скважины на полигоне "Александровка". Результаты работ изложены в докладе на конференции «Ломоносовские чтения-2020» и в статье: • Б.А Никулин. Комплексирование геофизических и геохимических методов каротажа при оценке ФЕС и органического вещества в карбонатном разрезе. статья в сборнике: Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Ломоносовские чтения» 2020 года, серия Секция «Геология», место издания Геологический факультет МГУ Москва, с.1-4.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты научно-исследовательской работы сотрудников кафедры геофизических методов исследования земной коры в 2020 г. по теме: «Фундаментальные и прикладные глубинные и малоглубинные геофизические исследования и создание новых геофизических технологий при решении задач геологии, геоэкологии и геоэнергетики» можно сформулировать следующим образом:

1. В лаборатории гравиразведки (рук. доц. Лыгин И.В.): 1). Продолжена разработка темы по изучению геодинамически активных обстановок по временным вариациям гравитационного поля. Проанализированы временные разрезы вариаций гравитационного поля и их связь с землетрясениями. Показано, что смена режима вариаций гравитационного поля над Восточно-Африканской рифтовой системой происходит после крупных ( $M > 8$ ) региональных землетрясений (рук. доц. И.В. Лыгин). 2). В рамках выполнения гранта РФФИ «Тектоносфера подводных поднятий Индийского океана по геофизическим данным» (рук. проф. А.А. Булычев) подведены итоги по всем изученным в рамках проекта подводным поднятиям Индийского океана, выявлены их генетические типы и установлены геодинамические обстановки, в которых они формировались. 3). Выполнены работы по совершенствованию алгоритмов решения обратной задачи гравиразведки и магниторазведки. 4). Продолжена разработка темы по изучению глубинного строения земной коры Баренцева моря по комплексу геолого-геофизических данных с опорой на данные потенциальных полей. Построена модель изменения плотности земной коры с глубиной в Баренцевом море. 5). В рамках сотрудничества с ПАО «Газпром Нефть» выполнены работы по «Проведению интерпретации данных высокоточных гравиметрических и магнитометрических исследований в пределах Парабельского лицензионного участка (ЛУ)». 6). Было обеспечено камеральное сопровождение магнитометрических работ кругосветной экспедиции на (ОИС) ВМФ «Адмирал Владимирский». Магнитометрическими задачами экспедиции являлись измерение параметров магнитного поля отдельных участков Мирового океана по маршруту следования судна и инструментальное уточнение координат Южного магнитного полюса (ЮМП) в море Дюрвиля.

2. В лаборатории магниторазведки (рук. доц. Золотая Л.А.): 1). Активно развивается новое технологическое направление аэромагнитных съемок с использованием БПЛА - геомагнитная томография. Совместно с ООО «ГЕОСКАН» успешно выполнен пилотный проект для компании ГАЗПРОМ-НЕФТЬ по поиску и локализации разнотипных техногенных линейных объектов по данным многоуровневой маловысотной аэромагнитной съемки на беспилотном носителе. 2). Развивается новое направление: комплексирование данных детальных магнитных съемок и материалов палеомагнитных исследований для трехмерного магнитного моделирования сложных геологических разрезов в областях развития вулканогенно-осадочных пород. Получены данные для физико-геологического моделирования структур Бодракской свиты средней юры (окрестность с. Трудолюбовка, Бахчисарайский район, Крым). 3). Выполнены исследования изменения во времени и в пространстве напряженного состояния геологической среды различных регионов России по результатам сейсмо-экологического мониторинга.

3. В лаборатории глубинной геоэлектрики (рук. доц. Яковлев А.Г.): 1).

12 ноября 2020 года успешно прошла защита кандидатской диссертации аспирантки Аношиной С.А. Тема диссертации – «Применение методов сопротивлений и вызванной поляризации для изучения песчано-гравийных отложений» (научный руководитель – д.г.-м. н., проф. Куликов В.А). 2). Были продолжены работы по изучению коровых проводящих зон Восточно-Европейской платформы методами глубинного магнитотеллурического зондирования (ГМТЗ). Работы проводились под руководством проф. В.А. Куликова. Первый объект изучения – юго-восточное крыло крупной Ладожской аномалии электропроводности, приуроченной к Ладожско-Ботническому поясу, который является границей между Свекофеннским орогеном, и Карельским кратоном. Второй объект изучения – коровая проводящая зона, выделенная в области сочленения Фенноскандии и Волго-Сарматии, которая маркируется Среднерусским авлакогеном. По результатам 2D-инверсии данных полевых наблюдений построены геоэлектрические разрезы, которые свидетельствуют о наличии мощных проводящих зон в земной коре. 3). Проведены комплексные электроразведочные работы методами АМТЗ, ЗСБ и ВЭЗ по региональным профилям через р. Угра, направленные на поиск и изучение разновозрастных погребенных долин. 4). Продолжаются работы по теме: «Развитие и совершенствование электроразведочного комплекса для поиска и разведки рудных месторождений». Рассмотрены возможности применения программы трехмерной инверсии для интерпретации глубинного варианта электротомографии при решении рудных задач. 5). В монографии, изданной Карельским научным центром РАН, подведены итоги многолетних исследований участниками рабочей группы ЛАДОГА глубинного строения северо-западной и юго-восточной частей Приладожья по результатам синхронных МТ-МВ зондирований. 6). Результаты НИР по теме нашли свое отражение в двух учебных пособиях: Куликов В.А., Пушкарев П.Ю. «Электромагнитные зондирования при решении глубинных задач» и Куликов В.А., Яковлев А.Г. «Аппаратурно-методический практикум по курсу Электроразведка».

4. В лаборатории малоглубинной электроразведки (рук. проф. Модин И.Н.): 1). Выполнены исследования в области археологической геофизики. Совместно с Институтом археологии РАН проведено изучение древнего курганного могильника на территории древней Владимиро-Суздальской земли комплексом геофизических методов, который включал ортофотосъемку с БПЛА, электротомографическую и магнитную съемку. 2). В области инженерной геофизики: выполнены электротомографические исследования синих кембрийских глин в карьере с. Никольское (Ленинградская область). Осуществлены комплексные геофизические исследования карстовой зоны с целью укрепления грунтового массива в районе мостовой опоры (Уральский регион). 3). В области исследования опасных геологических процессов: выполнены мониторинговые электротомографические исследования в Долине Гейзеров (полуостров Камчатка). 4). В области геофизического приборостроения: разработана новая речная электроразведочная станция. 5) Активно развиваются новые технологии работ: многосегментных зондирований, зондирований в шахтах, донных акваторных зондирований, а также технологии комплексирования электроразведочных и сейсморазведочных работ при карстологических исследованиях.

5. В области геофизических исследований в скважинах проводились исследования по оптимизации комплекса петрофизических видов анализа

и оценки их информативности. Осуществлялось комплексирование геофизических и геохимических методов петрофизики и каротажа при оценке фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) и органического вещества (ОВ) в карбонатном разрезе. (с.н.с. Никулин Б.А.).

6. По результатам научных исследований в 2020 г. по теме: «Фундаментальные и прикладные глубинные и малоглубинные геофизические исследования и создание новых геофизических технологий при решении задач геологии, геоэкологии и геоэнергетики» сотрудниками и аспирантами кафедры геофизических методов исследования земной коры защищена одна кандидатская диссертация. Написаны и изданы: 4 учебных пособия, 28 научных статей в журналах (в изданиях из списков WoS или Scopus - 14, в журналах из списка RSCI WoS - 15. Опубликовано 25 статей в сборниках и 27 тезисов докладов, сделано 62 доклада на конференциях различного уровня. Получен 1 патент, 2 свидетельства о регистрации прав на ПО. Выполнены научно-исследовательские работы по 4 хоздоговорам, 1 гранту РФФИ. Объем дополнительного финансирования по грантам и договорам составил более 2 700 т.р.

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
Объем финансирования темы в 2020 году  
Таблица А.1

Источник финанси- рования	Объем (руб.)	
	Получено	Освоено собственными силами
Денежные сред- ства в виде субси- дии на выполнение фундаментальных научных исследо- ваний в соответ- ствии с госзадани- ем МГУ, часть 2 (р. 01 10)	5 481 000,0	5 481 000,0