

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
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  
(промежуточный)

Зам. директора/декана  
по научной работе

\_\_\_\_\_  
" \_\_ " \_\_\_\_\_ г.

Руководитель темы  
Булычев А.А.

\_\_\_\_\_  
" \_\_ " \_\_\_\_\_ г.

Москва 2016

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы:

заведующий кафедрой, доктор  
физико-математических наук, про-  
фессор 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 \_\_\_\_\_ (Гилод Д.А.)

научный сотрудник, кандидат  
геолого-минералогических наук \_\_\_\_\_ (Голубцова Н.С.)

доцент, кандидат геолого-  
минералогических наук \_\_\_\_\_ (Золотая Л.А.)

старший специалист \_\_\_\_\_ (Иванова Е.В.)

специалист \_\_\_\_\_ (Иванова С.В.)

ассистент, кандидат геолого-  
минералогических наук \_\_\_\_\_ (Коснырева М.В.)

доцент, кандидат физико-  
математических наук, доктор

геолого-минералогических наук,  
доцент/с.н.с. по специальности  
специалист \_\_\_\_\_ (Куликов В.А.)

доцент, кандидат геолого-  
минералогических наук \_\_\_\_\_ (Куликова М.П.)

младший научный сотрудник \_\_\_\_\_ (Лыгин И.В.)

старший научный сотрудник, канди-  
дат физико-математических наук \_\_\_\_\_ (Макаров Д.В.)

профессор, доктор технических наук,  
доцент/с.н.с. по специальности \_\_\_\_\_ (Марченко М.Н.)

старший научный сотрудник, канди-  
дат технических наук, доцент/с.н.с.  
по специальности \_\_\_\_\_ (Модин И.Н.)

ассистент \_\_\_\_\_ (Никулин Б.А.)

доцент, кандидат геолого-  
минералогических наук, доцент \_\_\_\_\_ (Паленов А.Ю.)

по кафедре \_\_\_\_\_ (Попов М.Г.)

доцент, кандидат физико-  
математических наук, доцент по  
кафедре \_\_\_\_\_ (Пушкарев П.Ю.)

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

\_\_\_\_\_ (Соколова Т.Б.)

\_\_\_\_\_ (Фадеев А.А.)

\_\_\_\_\_ (Хмелевской В.К.)

\_\_\_\_\_ (Шевнин В.А.)

\_\_\_\_\_ (Шустов Н.Л.)

\_\_\_\_\_ (Яковлев А.Г.)

\_\_\_\_\_ (Ялов Т.В.)

## РЕФЕРАТ

Ключевые слова:

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

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 отчете представлены основные результаты научно-исследовательской деятельности (НИР) сотрудников кафедры геофизических методов исследования земной коры геологического факультета МГУ за 2016 г., проводимой в рамках госзадания МГУ ч. 2. Исследования выполнялись по нескольким направлениям: 1. Изучение аномалий гравитационного и магнитного полей Земли на суше и акваториях и их геолого-тектоническое истолкование. 2. Разработка методики наблюдений магниторазведки с помощью беспилотных летательных аппаратов (БЛА). 3. Глубинные геоэлектрические исследования в различных частях Восточно-Европейской платформы. 4. Развитие новых технологий наблюдений, обработки и интерпретации данных малоглубинной электроразведки для решения различных инженерно-гидрогеологических, экологических, техногенных и археологических задач. 5. Создание методики комплексной интерпретации данных магнитотеллурических зондирований и электротомографии с целью повышения разрешающей способности этих методов для решения рудных задач. 6. Поиск оптимального комплекса методов каротажа при решении задач гидрогеологии в карбонатном разрезе. 7. Создание в геофизической обсерватории МГУ "Александровка" системы беспроводной передачи результатов измерения вариаций геомагнитного поля Земли.

## ВВЕДЕНИЕ

Приоритетными направлениями научных исследований, проводимых на кафедре геофизических методов исследования земной коры являются те направления, которые позволяют получать научно-технические результаты и создавать инновационные технологии в области глубинной и малоглубинной геофизики. Работы осуществлялись в соответствии с планом НИР, утвержденным на заседании Ученого Совета МГУ им. М.В. Ломоносова от 21 марта 2016 г. В отчете представлены результаты НИР сотрудников структурных подразделений кафедры: лаборатории гравиразведки, лаборатории магниторазведки, лаборатории глубинной геоэлектрики, лаборатории малоглубинной электроразведки, магнитной обсерватории на базе «Александровка», а также сотрудников, проводивших исследования в области каротажа скважин и изучения петрофизических и термосвойств горных пород. 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 учебно-научных практик, проводимых на геофизической базе МГУ «Александровка» в Калужской области, которая создана и существует во многом благодаря деятельности ООО «Северо-Запад» и непосредственно доцента кафедры Яковлева А.Г.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

РАЗДЕЛ 1. Научно-исследовательские работы в лаборатории гравиразведки (проф. Булычев А.А., доц. Лыгин И.В., н.с. Гилод Д.А., с.н.с. Соколова Т.Б., асс. Фадеев А.А.). Сотрудниками кафедры по направлению гравиразведка в 2016 году выполнялись исследования в рамках госзадания, научного сотрудничества с другими организациями и хозяйственных договоров. Основные темы научных исследований в 2016 году: 1. Изучение строения земной коры Енисей-Хатангского региона по геолого-геофизическим данным. По результатам работ подготовлены два доклада на конференциях, статья и монография. 2. Изучение строения тектоносферы океанов по комплексу геофизических данных. 3. Разработка алгоритмов интерпретации данных об аномальных гравиметрических и магнитных полях. Основные итоги: 1. выполнены абсолютные гравиметрические определения на гравиметрическом пункте Геологического факультета (в ГЗ МГУ) (совместно с ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» для создания Московского гравиметрического полигона); 2. проведены «Работы по проведению серии инструментальных гравиметрических наблюдений на геодинамическом полигоне на территории Калужского ПХГ» (по заказу ООО «Газпром ПХГ»). Всего выполнено две серии наблюдений на 50 долговременных пунктах Калужского ПХГ; 3. выполнены работы по специализированной обработке данных гравиразведки и сейсмоплотностному моделированию на участке Восточный Майлису IV и Кугартской площади, расположенных на территории северо-восточной части Ферганской впадины Киргизской Республики (по заказу ООО «Центр «ГеоГрид»); 4. проведено аналитическое сопровождение работ, связанных с оценкой возможностей комплексного анализа гравитационного и магнитного полей и данных сейсморазведки с целью построения прогнозных схем изогипс горизонтов осадочного чехла в зонах отсутствия сейсмических и скважинных данных (по заказу ЗАО «МиМГО»); 5. создан новый учебный курс «Новые методы геологоразведки. Современные подходы к использованию грави- и магниторазведки при поисках углеводородов». 6. проведен научно-практический семинар «Новые методы геологоразведки» по теме «Современные подходы к использованию грави- и магниторазведки при поисках углеводородов» для сотрудников ПАО «Газпромнефть». Основные результаты научных исследований доложены и опубликованы в материалах Международного Симпозиума «Наземная, морская, аэрогравиметрия: измерения на неподвижных и подвижных основаниях (TG-SMM 2016)» (Санкт-Петербург, 12-15 апреля, 2016). Темы представленных докладов: «Комплексный анализ и интерпретация данных гравиметрических и магнитометрических съемок акватории и материковой части Сибирского региона»; «Прецизионные гравиметрические измерения в высотных зданиях Москвы и возможность их практического использования»; «Требования к гравиметрическим съемкам, предъявляемые при морских геологоразведочных работах на шельфе».

РАЗДЕЛ 2. Научно-исследовательские работы в лаборатории магниторазведки (доц. Золотая Л.А., доц. Попов М.Г., асс. Коснырева М.В., асс. Паленов А.Ю.). 1. Лаборатория магниторазведки приняла активное участие в исследованиях, направленных на разработку оптимальной схемы аппарата-носителя магнитометрической аппаратуры в рамках проекта, заказанного Министерством образования и науки Российской Федерации от 16.10.2014 (шифр проекта 2014-14-579-0156-002) по разработке аппаратного комплекса для аэромагнитной съемки на базе беспилотного летательного аппарата (БПЛА). На геофизическом полигоне в Александровке Калужской области были проведены полевые испытания в два этапа: 1 этап – измерения магнитных полей от всех магнитных деталей БПЛА «ГЕОСКАН-201» на специальном немагнитном стенде, с целью определения оптимального положения магнитного датчика и общей конфигурации нового аппарата – носителя магнитометрической аппаратуры на базе беспилотного летательного аппарата. 2 этап – повторные измерения на стендах и апробация работы нового прибора БАМК в статическом

и динамическом режимах с целью выхода на полевые испытания. В процессе исследований был выполнен краткий обзор истории развития отечественной аэромагниторазведки и показано, что работы по созданию аэромагнитных комплексов на основе беспилотных летательных аппаратов (БЛА) востребованы в настоящее время. Приведены теоретические и опытно-экспериментальные данные по разработке оптимальной конфигурации БЛА с целью установки на них квантового аэромагнитометра нового поколения с использованием рубидиевого датчика с оптической накачкой. Разрабатываемый аэромагнитный комплекс БАМК планируется использовать для магнитных съемок на небольшой высоте для решения геологических, инженерных и экологических задач. Итоги исследований: 1. Изменена форма и аэродинамические характеристики самолета; 2. Осуществлена замена электродвигателя на двигатель внутреннего сгорания, и минимизирован его магнитный эффект; 3. Найдено оптимальное размещение датчика магнитометра – на конце крыла БПЛА, при этом длина крыла увеличена на 0.5м; 4. Сервоприводы элеронов перемещены от середины крыла к корпусу самолета; 5. На данный момент БАМК соответствует проектному заданию и готов для производства опытных аэромагнитных съемок для решения геологических задач осенью 2016 года.

2. Другим направлением деятельности сотрудников лаборатории магниторазведки является разработка методики картирования почвенных загрязнений геофизическими методами. Известно, что нефть представляет собой один из наиболее широко распространенных и токсичных источников загрязнения окружающей среды. Нефтяные загрязнения среды происходят при добыче, переработке и транспортировке нефтепродуктов. Особо опасные загрязнения возникают при разрывах нефтепроводов, на территории нефтеперерабатывающих предприятий и на морских акваториях при авариях танкеров. Большинство нефтепроводов в России эксплуатируется дольше нормативных сроков и это делает их объектами повышенного экологического риска. Почва является бесценным природным богатством, обеспечивающим человека необходимыми продовольственными ресурсами. Но если в почвенный покров попадает нефть, то она оказывает губительное влияние на всю экосистему почвы, нарушая функционирование микроорганизмов. Наиболее оперативно оконтурить нефтяное загрязнение возможно с помощью рационального комплекса геофизических методов. В этом году начата работа по созданию эффективного комплекса различных методов для картирования почвенных загрязнений.

3. Еще одно направление исследований – это участие в работе научного коллектива по теме гранта РФФИ № 16-05-543 «Комплексная геофизическая модель области Ладожской аномалии электропроводности и ее геолого-тектоническая интерпретация» (рук. в.н.с. ИФЗ РАН Соколова Е.Ю.). В 2016 г. собраны материалы по потенциальным полям, которые в дальнейшем будут интерпретироваться с использованием подходов и статистических методов, имеющихся в распоряжении исследователей из МГУ, а также с помощью хорошо апробированной технологии «КОСКАД 3D», предназначенной для обработки и интерпретации геолого-геофизической информации, организованной в одномерные, двухмерные и трехмерные регулярные сети, на основе вероятностно-статистического подхода. По результатам инверсии материалов аэромагнитной съемки 1:200000 м-ба построена модель эффективной намагниченности верхней коры Раахе-Ладожской перикратонной зоны, получены также представления о плотностном разрезе средней и нижней коры по линии профиля Выборг-Суойарви-2.

4. Выполнен обзор результатов сейсмо-экологического мониторинга в сейсмически-опасных и особо-опасных районах России за последние 15 лет.

**РАЗДЕЛ 3. Научно-исследовательские работы в лаборатории глубинной геоэлектрики (доц. Куликов В.А., доц. Пушкарев П.Ю., доц. Яковлев А.Г., н.с. Голубцова Н.С., н.с. Шустов Н.Л.).** 1. Разработана стратегия совместной двумерной инверсии данных электротомографии и аудиоманнитотеллурических зондирований при решении рудных задач. При поисках и оценке месторождений твердых полезных ископаемых широко применяются электроразведочные методы. Геометрические зондирования, в последние годы, как

правило, выполняются по методике электротомографии (ЭТ), а ведущими методами индукционных зондирований являются методы аудиоманнитотеллурического зондирования (АМТЗ) или зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ). Согласование между собой результатов, полученных разными методами, является одной из актуальных задач современной рудной электроразведки. Геометрические зондирования на постоянном токе позволяют получить информацию о поперечном сопротивлении высокоомных слоев, но ненадежны при определении глубин. Индукционные зондирования позволяют устойчиво определить глубины до кровли проводящих горизонтов, но не содержат информации о сопротивлении высокоомных слоев. Комплексирование двух разных типов зондирований позволяет решать широкий круг геологических задач, от прямого поиска рудных тел до выявления косвенных рудных признаков. Возможность совместной инверсии данных электротомографии и аудиоманнитотеллурических зондирований реализована в программе ZONDRes2D Каминского А.Е. Функционал программы позволяет комбинировать различные компоненты магнитотеллурического (МТ) поля с данными наземной электротомографии (ЭТ) при подборе модели удельных электрических сопротивлений (УЭС). Тестирование совместной инверсии было выполнено на ряде синтетических моделей, имитирующих рудные объекты разного размера и конфигурации, а также на полевых данных, полученных на Колчеданно-полиметаллическом месторождении «Сигнальное», которое расположено в Лениногорском рудном районе Рудно-Алтайской минерагенической зоны. Полученные результаты демонстрируют существенные преимущества, которые дает использование совместной инверсии геометрических зондирований на постоянном токе и электромагнитных индукционных зондирований земли при решении рудных задач. Электротомография, как метод постоянного тока, имеет повышенную чувствительность к объектам высокого сопротивления, и, позволяет более корректно определять границы интрузий, областей окварцевания, даек и других высокоомных тел. Методика ЭТ направлена на изучение неоднородных геологических сред, к которым можно отнести большинство рудных провинций. Главный недостаток метода – ограничение глубинности исследований. Увеличение разносов приводит к появлению проблем разного рода. К ним можно отнести увеличение мощности источника тока и размеров приемных и питающих линий, переход на более низкие частоты и, как следствие увеличение времени измерений для выполнения условий ближней зоны и другие. Глубинность магнитотеллурических методов ограничена только временем записи на точке измерений. Для достижения глубинности в несколько сотен метров - первые километры, как правило, достаточно аудиоманнитотеллурического диапазона. Длительность записи в этом режиме не превышает 1 часа. МТ-параметры имеют выше чувствительность к проводящим объектам и не экранируются высокоомными горизонтами. В магнитотеллурических методах при инверсии можно использовать различные, независимые друг от друга параметры, которые дополняют друг друга и сужают область эквивалентных решений обратной задачи. В тех случаях, когда аномальная проводимость и поляризуемость горных пород имеет одну и ту же природу, для инверсии данных вызванной поляризации используется в качестве стартовой, модель УЭС. Этот подход вполне правомерен при изучении рудных объектов, так как присутствие сульфидных минералов в горных породах приводит к понижению сопротивления и повышению поляризуемости. Совместная инверсия ЭТ и АМТЗ, по сравнению с одиночной инверсией данных электротомографии, позволяет построить модель УЭС до больших глубин. Используя эту модель в качестве стартовой при инверсии данных ВП, мы можем увеличить и глубину поляризационной модели.

2. В 2016 году успешно прошла защита кандидатской диссертации Стерлиговой И.Д. Тема диссертации – «Межскважинная электротомография при изучении рудоносных интрузий в Норильской рудной зоне». Диссертация выполнена на кафедре геофизических методов исследования земной коры. Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук, доцент Куликов В.А.В диссертации был под-

веден итог многолетней работы, выполнявшейся на кафедре геофизики по следующим направлениям: а) Разработка методики межскважинных электроразведочных наблюдений, направленной на изучение рудных тел в условиях геоэлектрического разреза Норильской зоны; б). Создание оригинального комплекса установок для околоскважинных и межскважинных измерений, который позволяет решать геологические задачи, связанные с обнаружением и оценкой рудных тел. Практическая значимость работы заключается в существенном сокращении расходов на бурение на этапе разведки рудных месторождений. Геоэлектрическая модель межскважинного пространства, полученная по результатам предложенной методики межскважинной электротомографии, дает возможность расчета объемного содержания руды при значительном расстоянии между скважинами. Предложенная методика измерений позволяет решать следующие геологические задачи: выявление «слепых» проводящих горизонтов в межскважинном пространстве, определение сплошности рудного горизонта, вскрытого двумя скважинами, изучение параметров рудных тел в межскважинном пространстве. 3. Несколько лет в рамках диссертационного исследования аспирантки Соловьевой А.В. (научный руководитель – доцент Куликов В.А.) проводилась работа по изучению слабоконтрастных магнитных аномалий, связанных с четвертичными озерно-болотными отложениями. В 2016 году были завершены комплексные геолого-геофизические исследования на аномалии «Мокрово». Аномалия «Мокрово» была выявлена во время проведения аэромагнитной съемки в Юхновском районе Калужской области. Комплексные геофизические исследования методами гравirazведки, магниторазведки, электротомографии, электропрофилеирования были выполнены во время проведения зимних научно-методических и летних учебных практик силами студентов и преподавателей кафедры геофизики геологического факультета МГУ. В центре аномалии была пробурена скважина, осуществлены скважинные геофизические измерения, произведен отбор керна. В 2016 году были проведены исследования керна, выполнена комплексная интерпретация наземных и скважинных геофизических измерений, построена детальная геолого-геофизическая модель верхней части разреза зоны «Мокрово», выяснена причина аномальных физических свойств пород. Показано, что высокие значения магнитной восприимчивости и электрической поляризуемости связаны с обогащенными железом глинами четвертичного возраста, которые накапливались в слабопроточном глубоком бассейне с большим содержанием органики. 4. В рамках гранта РФФИ № 16-05-543 (рук. в.н.с. ИФЗ РАН Соколова Е.Ю.) «Комплексная геофизическая модель области Ладожской аномалии электропроводности и ее геолого-тектоническая интерпретация» проведена серия углубленных многокомпонентных 2D инверсий данных синхронных МТВ зондирований на профиле Выборг-Суоярви (ВС), секущем Ладожскую коровую аномалию электропроводности (ЛА). Достигнут существенно новый уровень детальности разрешения геоэлектрического разреза ЛА, позволивший провести содержательную геотектоническую интерпретацию. Дополнительным основанием при ее проведении послужили имеющиеся ранее геоэлектрические, сейсмические, а также вновь полученные в рамках проекта гравимагнитные модели центральной и ЮВ части Балтийского щита. Показано, что ЛА - не единый компактный объект, а совокупность проводников различного вещественного состава и геолого-тектонической приуроченности. На средне- и ниже-коровых уровнях ее структуры представляют собой неоднородно-проводящие наклонные слои пологого ЮЗ падения, ассоциированные с надвигами на структуры Свекофеннского орогена высокометаморфизованных формаций Южно-Финляндского гранулитогнейсового пояса, включающих кристаллический графит. В верхних 5-7км СВ части профиля выявляются чашеобразные проводящие структуры, характеризующие строение верхней коры Раахе-Ладожской зоны в крест ее простирания, обусловленные супракрастальными графит-сульфид-магнетит-содержащими вулканогенно-осадочными комплексами более низких стадий метаморфизма и хорошо коррелирующие с аномально-намагниченными структурами, выявленными

инверсией материалов крупномасштабной магнитной съемки. В связи с интерпретацией нового разреза электропроводности ЛА потребовалось развитие оригинальной сейсмогеологической модели строения Свекофеннского аккреционного орогена для сопредельных, центральных, областей Балтийского щита, которая была построена и верифицирована геоэлектрическими данными в рамках настоящего и № 15-05- 01214 проектов РФФИ.

РАЗДЕЛ 4. Научно-исследовательские работы в лаборатории малоуглубинной электро-разведки (проф. Модин И.Н., проф. Шевнин, доц. Бобачев А.А., доц. Большаков Д.К., ст.н.с. Марченко М.Н., м.н.с. Ялов Т.В., м.н.с. Макаров Д.В.). 1. Осуществлен большой объем научно-производственных работ: 1. Совместно с институтом ИГИИС (г.Москва) выполнены исследования по картированию болот в Вологодской и Ленинградской областях. Всего пройдено геофизическими методами (электрические зондирования с бесконтактными линиями и георадар) 65 км профилей в период с 8 февраля 2016 г. по 15 марта 2016 г. 2. Совместно с институтом ИГИИС (г.Москва) в период с 27 июля 2016 г. по 28 сентября 2016 г. с помощью электрической томографии выполнены исследования по изучению Южно-Якутских разломов. 3. Совместно с институтом МосМетроТранс (г.Москва) в период с 10 июля 2016 г. по 10 августа 2016 г. с помощью электрической томографии проведены исследования по изучению карстовых участков во Владимирской и Нижегородской областях. 4. Совместно с институтом Антропологии и Этнологии РАН (г.Москва) в период с 10 августа 2016 г. по 25 августа 2016 г. выполнены археогеофизические исследования на древнем городище Джанкент (г.Казалинск, Кызыл-Ординской области Республики Казахстан). 2. В течение 2016 г. сотрудниками лаборатории разрабатывались методы анализа данных геофизического мониторинга. В том числе, способов учета метеорологических факторов на результаты наблюдений. Системы геофизического мониторинга применяются для контроля и диагностики состояния сооружений, прогнозирования и раннего предупреждения опасных геологических процессов (карстово-суффозионных, оползневых и пр.). Такие системы размещаются на ответственных объектах для выполнения долговременных наблюдений – многомесячных и многолетних. Среди многих видов геофизического мониторинга наиболее активно развиваются технологии, основанные на методиках электрической томографии – электрометрический мониторинг. При выполнении электрометрического мониторинга наблюдения выполняются с помощью набора питающих (АВ) и приемных (МН) электродов, размещенных стационарно над исследуемым участком или объектом, а также в скважинах. В ходе наблюдений выполняются измерения кажущегося сопротивления. Задача наблюдений – выявление изменений в изучаемом геоэлектрическом разрезе, связанных с развитием опасных процессов. К таким процессам можно отнести зарождение и эволюцию пустот, провалов, зон разуплотнения, образование нежелательной фильтрации подземных вод, растепление мерзлых грунтов и прочее. Связанные с этими процессами изменения разреза являются необратимыми, что отличает их от помех различного происхождения. Как правило, такие изменения геологического разреза на начальных стадиях своего развития создают слабые электрические аномалии, что затрудняет их выявление. Анализу подвергаются как собственно сами значения кажущегося сопротивления, так и отклонения этих значений во времени от фонового уровня. В результате был разработан подход, позволяющий учитывать влияние метеоусловий на результаты наблюдений электрометрического мониторинга при практической реализации. 3. Выполнены исследования эффективности применения электротомографии при обследовании склонов карьеров на оползневую опасность. Были обследованы два золоторудных карьера в Амурской области и Красноярском крае. На данных электротомографии уверенно выделяются ослабленные обводненные зоны, с которыми связаны обвальные и оползневые процессы. 4. Под руководством д.т.н. Модина И.Н. научно-исследовательская деятельность совмещается с общественной. Следует отметить публикацию интервью И.Н. Модина на тему "Качественная подготовка геофизиков - основа будущего" в журнале Инженерные изыс-

кания, издательство Геомаркетинг (М.), № 7, с. 16-22. Текст статьи содержится в файле «maloglub-geofis-2016.doc», прикрепленном к отчету. Представляют интерес также работы по поиску и находке советского самолета ЕР-2, сбитого 6 октября 1941 г. на реке УГРА в районе д.Натальинка Юхновского района Калужской области, а также поиски места захоронения архиепископа Пермского и Кунгурского края Андроника, убитого в 1918 г. на окраине г.Перми.

РАЗДЕЛ 5. Научные исследования в Геофизической обсерватории учебно-научного полигона «Александровка» (н.с. Шустов Н.Л.). Решалась задача совершенствования технологии непрерывной регистрации электромагнитного поля. В течение всего 2016 г. производилась непрерывная запись двух электрических ( $E_x$ ,  $E_y$ ) и трех магнитных компонент ( $H_x$ ,  $H_y$ ,  $H_z$ ) естественного электромагнитного поля Земли с периодом опроса 1с, несколькими комплектами регистрирующей аппаратуры. В январе-феврале 2016г. комплексом методов исследовался сторонний электромагнитный шум в районе обсерватории. Эти работы проводились с целью организации мер по подавлению помех вблизи обсерватории. Работы проводились с привлечением студентов различных курсов. Были проведены профильные измерения уровня шумов на частотах 50Гц и 625Гц, а также точечные измерения в широком диапазоне частот. С целью определения источника помех производились поочередные отключения различных электрических магистралей. По результатам этих работ сделаны исправления в системе коммутации и разводке магистральных питающих линий электропередач. В результате уровень помех на частоте 50Гц по амплитуде удалось уменьшить в 4 раза. На 2017 год запланированы работы по составлению карты электромагнитной загрязненности территории полигона. Результаты работ были представлены на ежегодной студенческой конференции. В мае 2016г. в дополнение к работающим станциям ЛЕМИ-417 и ЛЕМИ-025 произведена настройка и запуск в эксплуатацию станции «Кварц». В июне-июле 2016 года в обсерватории установлено оборудование и проведены тестовые испытания по передаче данных в режиме реального времени на сервер Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова (РАН). С августа 2016г. данные передаются непрерывно. Оборудование системы связи по каналам GSM предоставлено ИЗМИРАН.

РАЗДЕЛ 6. Научные исследования в области каротажных и радиоволновых методов, а также в области петротермальной энергетики (проф. Хмелевской В.К., с.н.с. Никулин Б.А.). 1. Проф. Хмелевской В.К. принимает участие в создании «Методического руководства по предупреждению катастроф на газопроводах в зонах антропогенного риска радиоволновым и эманационно-углеводородным методами» (основной исполнитель темы М.М.Задериголова). Также осуществляет сотрудничество с группой, руководимой Гнатусем Н.А., по разработке принципов петротермальной геоэнергетики и выявления роли геофизических методов по выделению в земной коре «тепловых котлов» - поднятий «сухих» пород с температурой свыше 100 градусов Цельсия, на которых могут строиться петротермальные, тепловые и электрические станции. 2. При участии с.н.с. Никулина Б.А. разработан и внедрен в повседневную практику, в т.ч. на скважине МГУ (учебно-научная база «Александровка»), цифровой каротажный комплекс, предложены методы комплексной интерпретации данных каротажа применительно к задачам гидрогеологии. В комплексе, помимо обязательных видов каротажа (ГК, КС, ПС, КМ, термометрия), используются новые разработки, например, прибор видеокаротажа и высокочастотный индукционный зонд (ВИК), который применяется в обсаженных пластиком скважинах. Подчеркивается необходимость комплексирования указанных выше методов при оценки фильтрационно-емкостных свойств в карбонатном разрезе Калужской области.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты научно-исследовательской работы сотрудников кафедры геофизических методов исследования земной коры можно сформулировать следующим образом:

1. В лаборатории гравиразведки исследовано строение земной коры Енисей-Хатангского региона по геолого-геофизическим данным. Изучено строение тектоносферы различных участков Индийского океана по комплексу геофизических данных. Разработаны алгоритмы интерпретации данных об аномальных гравиметрических и магнитных полях.
2. Сотрудники лаборатории магниторазведки участвовали в разработке беспилотного комплекса (БПЛА) дистанционного мониторинга природных и техногенных сред (БКДМ) на высоте полета 20-50м, где с помощью комплексирования оптической мультиспектральной и магнитометрической съемки получают информацию о спектрах излучения, являющихся индикаторами вещественного состава объектов земной поверхности, а также о магнитном поле разноглубинных объектов.
3. Создание в геофизической обсерватории МГУ "Александровка" системы беспроводной передачи результатов измерения вариаций геомагнитного поля Земли обеспечивает возможность помехоподавляющей синхронной обработки магнитотеллурических данных, полученных.
4. Сотрудниками лаборатории геоэлектрики разработана стратегия совместной двумерной инверсии данных электротомографии (ЭТ) и аудиоманнитотеллурических зондирований (АМТЗ) при решении рудных задач. Совместная инверсия ЭТ и АМТЗ, по сравнению с одиночной инверсией позволяет построить геоэлектрические модели до больших глубин. Используя эту модель в качестве стартовой при инверсии данных вызванной поляризации, мы можем увеличить и глубину поляризационной модели.
5. В лаборатории малоглубинной электроразведки разработаны методы анализа данных геофизического мониторинга. В том числе, способов учета метеорологических факторов на результаты наблюдений.
6. В 2016 г. успешно прошла защита кандидатской диссертации аспирантки Стерлиговой И.Д. Тема диссертации – «Межскважинная электротомография при изучении рудоносных интрузий в Норильской рудной зоне». Также успешно прошла предварительная защита кандидатской диссертации аспирантки Соловьевой А.В. на тему: «Применение метода вызванной поляризации при изучении природы слабомагнитных объектов». Обе диссертации написаны под научным руководством д.г.-м.н. Куликовым В.А.
7. По результатам научных исследований написаны и изданы 1 монография, 1 учебное пособие, 31 научная статья (из них – в журналах из списков ВАК и РИНЦ -20, в иностранных журналах – 7, в изданиях из списков WoS, Scopus – 7. Опубликовано 25 тезисов докладов и 6 статей в сборниках, сделано 49 докладов на конференциях различного уровня. Сотрудники кафедры геофизических методов исследования земной коры приняли участие в работе 10 хоздоговоров и 2 грантов РФФИ. Объем дополнительного финансирования составил 3 300 т.р.

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
Объем финансирования темы в 2016 году  
Таблица А.1

| Источник финансирования  | Объем (руб.) |                             |
|--|--------------|-----------------------------|
|  | Получено     | Освоено собственными силами |
| Денежные средства в виде субсидии на выполнение фундаментальных научных исследований в соответствии с госзадачей МГУ, часть 2 (р. 01 10) | 4 243 000,0  | 4 243 000,0                 |