

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
(Приоритетное направление научных исследований: 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)**

АННОТАЦИЯ

В отчете представлены основные результаты научно-исследовательской работы (НИР) сотрудников кафедры геофизических методов исследования земной коры геологического факультета МГУ за 2018 г., проводимой в рамках госзадания МГУ ч. 2. Исследования выполнялись по следующим направлениям:

1. Изучение глубинного и малоглубинного строения отдельных районов Восточно-Европейской платформы (ВЕП) комплексом геофизических методов по результатам учебно-производственных геофизических практик как в летний, так и зимний период, а также по результатам грантов РФФИ и хоздоговоров.

2. Изучение глубинного строения тектоносферы подводных поднятий Индийского океана и нахождение основных закономерностей и связей между физическими полями и тектоническим строением этих регионов.

3 Изучение особенности глубинного строения литосферы Баренцева моря по аномальному магнитному полю.

4. Обобщение накопленного опыта применения геофизики в археологии, а также усовершенствование комплекса археогеофизических исследований.

5. Проведение научных исследований, направленных на построение комплексной геофизической модели области Ладожской аномалии электропроводности.

6 Выполнение работы по оценке перспектив применения сейсмических методов при геологоразведочных работах на нефть и газ.

7. Разработка методики совместной двумерной инверсии магнитотеллурических (аудиомагнитотеллурических) зондирований и зондирований становлением поля.

8. Развитие методики применения метода вызванной поляризации при поисках и оценке месторождений песчано-гравийных смесей (ПГС).

9. Разработка методики комплекса геофизических методов для решения агроэкологических задач в центральных районах России.

10. Обобщение результатов многолетних исследований диффузионно-адсорбционных потенциалов естественного электрического поля.

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 на 2018 г., утвержденным на заседании Ученого Совета МГУ им. М.В. Ломоносова. Проводимые исследования соответствуют национальным целям и стратегическим задачам развития РФ.

В отчете представлены результаты НИР сотрудников структурных подразделений кафедры: лаборатории гравиразведки, лаборатории магниторазведки, лаборатории глубинной геоэлектрики, лаборатории инженерной и технической геофизики, магнитной обсерватории на базе «Александровка», а также достижения сотрудников кафедры в области международного сотрудничества.

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 имени В.К. Хмелевского в Калужской области, которая создана и существует во многом благодаря деятельности ООО «Северо-Запад».

РАЗДЕЛ 1.

Научно-исследовательские работы в лаборатории гравirazведки (проф. Булычев А.А., доц. Лыгин И.В., с.н.с. Соколова Т.Б., н.с. Гилод Д.А., асс. Фадеев А.А., инж. Кузнецов К.М., инж Куликова М.П.).

Сотрудниками **лаборатории гравirazведки** в 2018 году выполнялись исследования в рамках госзадания, научного сотрудничества с другими организациями и хозяйственных договоров. Основные направления и результаты научных исследований лаборатории гравirazведки в 2018 году следующие:

1. Организован и проведен Второй гравиметрический и магнитометрический семинар, посвященный памяти профессора В.Р. Мелихова (8 докладов) (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Участники семинара имени проф. В.Р. Мелихова Москва, МГУ, май 2018 г.

2. Разработан алгоритм расчета поля притяжения многогранника и многоугольной пластины с линейной плотностью (1 статья, 1 свидетельство о регистрации прав на программное обеспечение) (рук. проф. А.А. Булычев).

3. Кузнецовым К.М. (инж.) защищена кандидатская диссертация на тему: «Обработка гравиметрических и магнитометрических данных на основе вейвлетов Пуассона». Научный руководитель: проф. Булычев А.А. По этой теме опубликованы 2 статьи.

4. Выполнены оценка и анализ обоснованности программы геофизических исследований Нижне-Канского массива для получения пространственной и количественной оценки линеаментных структур и выделения зон повышенной трещиноватости (1 хоз.договор) (отв.исп. с.н.с. Т.Б. Соколова).

5. В рамках сотрудничества с ПАО «Газпром Нефть» оценены перспективы применения методов потенциальных полей и геохимической разведки для поиска и разведки месторождений нефти и газа (1 хоз.договор) (совместно с лабораторией магниторазведки, электроразведки, кафедрой горючих и полезных ископаемых) (отв. исп. доц. И.В. Лыгин).

6. В рамках сотрудничества с ПАО «Газпром Нефть» в консорциуме с МФТИ и КФУ выполняется формирование методик комплексирования сейсмических методов (гравиразведка, магниторазведка, электроразведка, геохимия) на основе ретроспективных данных и прямого моделирования геофизических и геохимических полей, экспертное сопровождение реализации алгоритмов решения прямых задач (1 хоз. договор) (совместно с лабораторией магниторазведки, электроразведки, кафедрой горючих и полезных ископаемых) (отв. исп. доц. И.В. Лыгин).

7. По заказу ПАО «Роснефть» выполнена Комплексная интерпретация гравиметрических и магнитометрических данных морских съемок на Медынско-Варандейском и Западно-Матвеевском лицензионных участках в Печорском море (2 хоз. договора) (отв. исп. с.н.с. Т.Б. Соколова).

8. По заказу ПАО «Роснефть» осуществлялись полевые комплексные геофизические исследования на Альбановском лицензионном участке недр (Интерпретация гравиметрических и магнитометрических данных) (1 хоз. договор) (отв. исп. с.н.с. Т.Б. Соколова).

9. По заказу ПАО «Газпром Нефть» выполняется супервайзинг аэромагнитных работ с использованием беспилотного летательного аппарата (совместно с лабораторией магниторазведки) (1 хоз. договор) (отв. исп. асс. А.А. Фадеев).



Рис. 1.2. Студенты и преподаватели на практике по гравиразведке и магниторазведке д. Александровка, июль 2018 г.

10. В рамках выполнения гранта РФФИ «Тектоносфера подводных поднятий Индийского океана по геофизическим данным» (рук. проф. А.А. Булычев) проведено изучение строения тектоносферы поднятий центрального сектора Индийского океана.

Был осуществлен подбор геофизических данных, выполнен анализ известных представлений о строении и эволюции подводных поднятий (Кергелен, Крозе, Восточно-Индийского хребта и Чагос-Лаккадивского хребта) на основании имеющейся геолого-

геофизической информации. Построены сводные карты аномалий силы тяжести в различных редукциях с использованием набортных гравиметрических и спутниковых альтиметрических данных, карты высот поверхности океана (геоида) в различных редукциях, сейсмотомографические карты для различных глубин. Проведен структурный и комплексный анализ полученных карт и их атрибутов. По ряду профилей, секущих основные структуры проведено плотностное моделирование аномальных гравитационных полей.

На основании полученных результатов выявлены основные черты строения тектоносферы и особенности эволюции подводных поднятий разных геодинамических типов центрального сектора Индийского океана. По результатам исследований опубликованы 2 статьи (рис. 1.3).

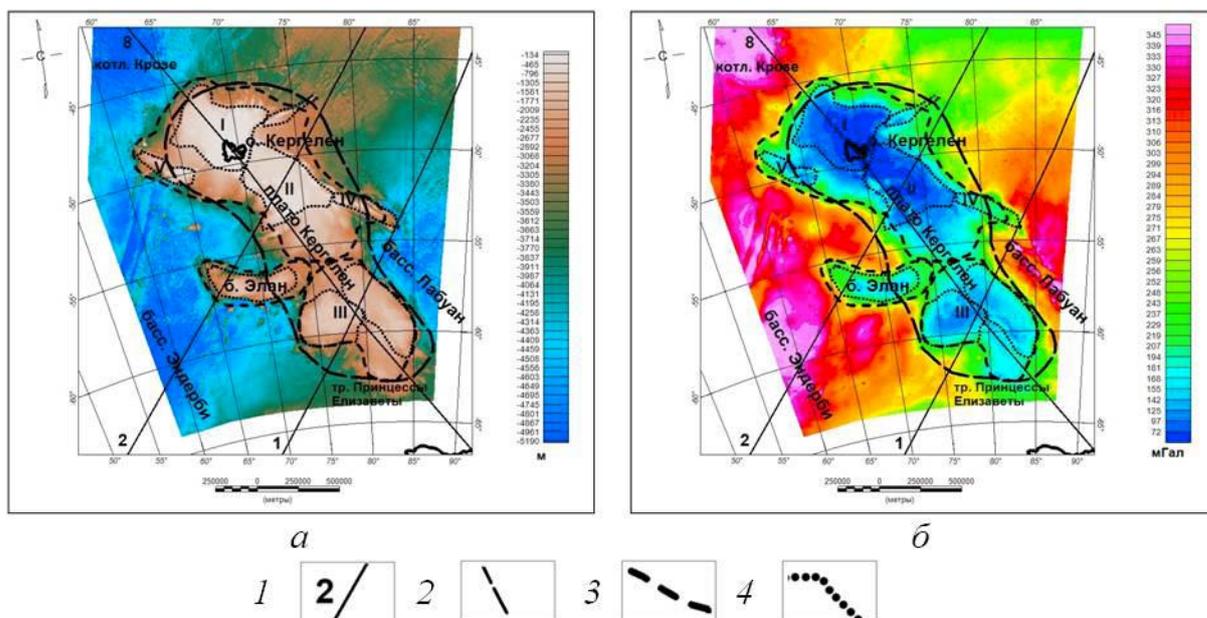


Рис. 1.3. Карты рельефа дна плато Кергелен (а) и аномалий Буге (б). Провинции плато: I — северный сектор; II — центральный сектор; III — южный сектор; IV — хребет Уильяма; V — банка Скифа: 1 — интерпретационные профиля; области пониженных значений силы тяжести: 2 — по низкочастотной, 3 — по среднечастотной, 4 — по высокочастотной компоненте.

11. Хозяйственные договора и гранты лаборатории гравиразведки.

- 10 августа 2018 - 30 октября 2018. Контроль качества выполнения опытно-методических работ и полученных полевых результатов по теме «Многоуровневая магнитометрическая съемка с использованием беспилотного воздушного судна». Руководитель: Фадеев А.А. Участники НИР: Булычев А.А., Золотая Л.А., Коснырева М.В., Кузнецов К.М., Лыгин И.В., Паленов А.Ю., Соколова Т.Б.
- 18 июня 2018 - 16 ноября 2018. Формирование методик комплексирования НСМ на основе ретроспективных данных и прямого моделирования геофизических и геохимических полей, экспертное сопровождение реализации алгоритмов решения прямых задач. Руководитель: Лыгин И.В. Ответственные исполнители: Абля Э.А., Кузнецов К.М., Пушкарев П.Ю. Участники НИР: Булычев А.А., Голубцова Н.С., Золотая Л.А., Коснырева М.В., Краснова Е.А., Куликов В.А., Лыгина Е.А., Манько И.Э., Паленов А.Ю., Сливко Е.В., Соколова Т.Б., Фадеев А.А., Юрченко А.Ю.
- 22 декабря 2017 - 20 декабря 2018. Полевые комплексные геофизические исследования на Альбановском лицензионном участке недр (Интерпретация гравиметрических и магнитометрических данных). Руководитель: Соколова Т.Б. Ответственные исполнители: Кузнецов К.М., Лыгин И.В., Фадеев А.А., Широкова

Т.П. Участники НИР: Арутюнян Д.А., Булычев А.А., Кривошея К.В., Лыгин И.В., Фадеев А.А., Широкова Т.П.

- 24 ноября 2017 - 22 декабря 2017. Перспективы применения методов потенциальных полей Руководитель: Лыгин И.В. Ответственные исполнители: Абля Э.А., Золотая Л.А., Пушкарев П.Ю., Соколова Т.Б. Участники НИР: Булычев А.А., Голубцова Н.С., Коснырева М.В., Краснова Е.А., Кузнецов К.М., Куликов В.А., Лыгина Е.А., Манько И.Э., Паленов А.Ю., Фадеев А.А., Чепиго Л.С., Шайхуллина А.А., Юрченко А.Ю.
- 21 ноября 2017 - 20 июля 2018. Комплексная интерпретация гравиметрических и магнитометрических данных морских съемок на Западно-Матвеевском лицензионном участке. Руководитель: Соколова Т.Б. Ответственные исполнители: Кузнецов К.М., Лыгин И.В., Фадеев А.А., Широкова Т.П. Участники НИР: Арутюнян Д.А., Булычев А.А., Кузнецов К.М., Лыгин И.В., Лыгина Е.А., Тевелев А.В., Фадеев А.А., Широкова Т.П.
- 21 ноября 2017 - 20 июля 2018. Комплексная интерпретация гравиметрических и магнитометрических данных морских съемок на Медынско-Варандейском лицензионном участке Руководитель: Соколова Т.Б. Ответственные исполнители: Кузнецов К.М., Лыгин И.В., Фадеев А.А. Участники НИР: Арутюнян Д.А., Булычев А.А., Кузнецов К.М., Лыгин И.В., Лыгина Е.А., Тевелев А.В., Фадеев А.А., Широкова Т.П.
- 1 ноября 2018 - 30 ноября 2018. Интерпретация данных многоуровневой магнитометрической съемки с использованием беспилотного летательного аппарата и создание графа обработки данных многоуровневой съемки. Руководитель: Фадеев А.А. Ответственный исполнитель: Паленов А.Ю. Участники НИР: Булычев А.А., Золотая Л.А., Коснырева М.В., Кузнецов К.М., Лыгин И.В., Соколова Т.Б.
- **Грант РФФИ.** 5 февраля 2018 - 15 декабря 2018. Тектоносфера подводных поднятий Индийского океана по геофизическим данным. Руководитель: Булычев А.А. Участники НИР: Дубинин Е.П., Соколова Т.Б., Шайхуллина А.А., Широкова Т.П.

12. **Защита диссертаций, статьи, свидетельства о регистрации прав на программное обеспечение лаборатории гравиразведки в 2018 году.**

- **Обработка гравиметрических и магнитометрических данных на основе вейвлетов Пуассона.** Кандидатская диссертация по специальности 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых (техн. науки). Автор: Кузнецов Кирилл Михайлович, МГУ имени М.В. Ломоносова. Научный руководитель: проф. Булычев А.А.
- **Тектоносфера плато Кергелен по геофизическим данным.** Шайхуллина А.А., Дубинин Е.П., Булычев А.А., Гилод Д.А. в журнале Вестник КРАУНЦ. Серия науки о Земле, 2018, том 37, № 1, с. 43-50.
- **Тектоносфера поднятий Крозе и Конрад по геофизическим данным.** Булычев А.А., Гилод Д.А., Шайхуллина А.А., Дубинин Е.П. в журнале Всероссийская научно-техническая конференция "Экология и геофизика". Сборник материалов. Дубна. 2018. № 2, с. 44-51.
- **Поле притяжения многогранника и многоугольной пластины с линейной плотностью.** Булычев А.А., Лыгин И.В., Кузнецов К.М. В журнале Физика Земли, издательство Наука (М.), 2018. № 4, с. 58-67.
- **Свидетельство о регистрации прав на программное обеспечение GravMagSpectrum2D (SOFT).** Авторы: Кузнецов К.М., Булычев А.А. #2018613404, 13 марта 2018.
- **Свидетельство о регистрации прав на программное обеспечение TG2Dlg (SOFT).** Авторы: Чепиго Л.С., Булычев А.А. #2018619677, 9 августа 2018.

13. **Выступления на конференциях, тезисы докладов, материалы конференций лаборатории гравиразведки в 2018 году.**

- **Гравиразведка и магниторазведка на Геологическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова (Устный).** Авторы: Лыгин И.В., Булычев А.А., Соколова Т.Б., Золотая Л.А., Попов М.Г. Международная геолого-геофизическая конференция и выставка: «Современные технологии изучения и освоения недр Евразии» ГеоЕвразия-2018, Москва, ЦМТ, Россия, 5-8 февраля 2018.
- **Детальные гравиметрические и магнитометрические работы для изучения дизъюнктивной тектоники шельфовых и переходных зон (Устный).** Авторы: Абя Э.А., Лыгин В.А., Соколова Т. Б., Лыгин И.В. Международная геолого-геофизическая конференция и выставка: «Современные технологии изучения и освоения недр Евразии» ГеоЕвразия-2018, Москва, ЦМТ, Россия, 5-8 февраля 2018.
- **Повышение информативности геологических моделей с привлечением данных гравиразведки и магниторазведки (Устный).** Авторы: Лыгин И.В., Мясоедов Н.К., Твердохлебов Д.Н. Международная геолого-геофизическая конференция и выставка: «Современные технологии изучения и освоения недр Евразии» ГеоЕвразия-2018, Москва, ЦМТ, Россия, 5-8 февраля 2018.
- **Поле притяжения многогранника и многоугольной пластины с линейной плотностью (Стендовый).** Авторы: Булычев А.А., Кузнецов К.М., Лыгин И.В. Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: 45-я сессия Международного семинара им. Д.Г. Успенского. Казань, 22 января - 26 января 2018 года, Казань, Россия 2018.
- **Применение вейвлетов Пуассона при анализе площадных потенциальных полей (Устный).** Авторы: Кузнецов К.М., Булычев А.А., Лыгин И.В. Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: 45-я сессия Международного семинара им. Д.Г. Успенского. Казань, 22 января - 26 января 2018 года, Казань, Россия, 22-26 января 2018.
- **Прямая задача гравиметрии от сферического слоя переменной плотности (Стендовый).** Авторы: Кузнецов К.М., Булычев А.А., Лыгин И.В. Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: 45-я сессия Международного семинара им. Д.Г. Успенского. Казань, 22 января - 26 января 2018 года, Казань, Россия, 22-26 января 2018.
- **Гравитационные эффекты верхней части разреза с учетом градиента плотностей (Стендовый).** Авторы: Чепиго Л.С., Широкова Т.П. // XXV Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов-2018" Секция "Геология", Московский Государственный университет имени М.В.Ломоносова. Геологический факультет, Россия, 9-13 апреля 2018.
- **Второй гравиметрический и магнитометрический семинар, посвященный памяти Вячеслава Романовича Мелихова, МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геофизических методов исследования земной коры, Россия, 17 мая 2018:**
 - Автор: Чепиго Л.С. Доклад: **Трансформации гравитационного потенциала и его производных на сфере;**
 - Автор: Лыгин И.В. Доклад: **Особенности моделирования плотностных и магнитных разрезов.**

14. **Всего сотрудниками и аспирантами лаборатории гравиразведки опубликовано 3 статьи, 10 тезисов докладов, сделано 10 выступлений на конференциях, получено 2 свидетельства о регистрации прав на ПО, защищена 1 канд. диссертация. Выполнено и выполняется 1 грант РФФИ, 6 хоз. договоров, в которых сотрудники являются ответственными исполнителями, объемом >11,5 млн. руб.**

РАЗДЕЛ 2.

Научно-исследовательские работы в лаборатории магниторазведки в 2018 г. (доц. Золотая Л.А., асс. Коснырева М.В., асс. Паленов А.Ю., доц. Попов М.Г.).

1. В лаборатории магниторазведки развивается **новое направление** в геофизических методах исследования земной коры – это **агрогеофизика**. По результатам проведенных научно-практических исследований получены следующие результаты:

- разработана методика изучения магнитных свойств почвенных разрезов в лабораторных условиях и в их естественном залегании;
- по результатам построения магнитных моделей разнотипных почвенных разрезов дано научное обоснование для практического применения магнитных съемок при изучении почв;
- впервые на участках распространения комплекса серых лесных почв Владимирского Ополья (ВНИИСХ) получены карты аномального магнитного поля, позволяющие картировать пространственную изменчивость и неоднородность почвенного покрова;
- показаны возможности и ограничения методов георадиолокации и электроразведки при изучении латеральной неоднородности и вертикальной зональности почвенного покрова.

Предлагаемый авторами комплекс геофизических исследований для изучения почвенного покрова планируется апробировать для различных типов российских агро-экосистем. Применение магниторазведки, электроразведки и георадиолокации для изучения неоднородности почвенного покрова фермерских полей, садов, лесных хозяйств и др. может быть важным инструментом для решения различных сельскохозяйственных задач. Полученные практические результаты заложили основы для апробации агрогеофизического комплекса (доц. Золотая Л.А., асс. Коснырева М.В.) (таб. 2.1).

№	ЗАДАЧИ	Электро-разведка	Георадио-локация	Сейсмо-разведка	Магнито-разведка
1	Засоление и степень глинистости почв				
2	Оценка содержания грунтовых вод и мониторинг движения грунтовых вод				
3	Поиск и локализация коммуникаций, включая дренажные системы на землях сельскохозяйственного назначения				
4	Визуализация разломов и трещин				
5	Определение глубины глинистого слоя				
6	Картирование песчаного слоя на полях, граничащих с реками				
7	Оценка коэффициентов распределения гербицидов в почве				
8	Мониторинг питательных веществ после воздействия удобрениями				
9	Локализация уровня грунтовых вод на профиле				
10	Локализация песчаных линз в аллювиальных почвах				
11	Визуализация поперечного сечения стволов деревьев				
12	Экологические задачи (загрязнения)				

Таб. 2.1. Сравнительная таблица применения геофизических методов при решении сельскохозяйственных задач.

В апреле 2018 год асс. Коснырева М. В. И доц. Золотая Л. А. выступили с докладом на эту тему, который был признан лучшим на 14-й научно-практической конференции и выставке «Инженерная и рудная геофизика 2018» (рис. 2.1). Конференция была организована Европейской ассоциацией геоучёных и инженеров (EAGE) совместно с Казахским Национальным Исследовательским Техническим Университетом имени К.И. Сатпаева при поддержке Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан (Алматы 23 - 27 апреля 2018 года).



Рис. 2.1. Сертификат EAGE.

Результаты НИР по этому направлению отражены в следующих публикациях:

- **О новом этапе развития отечественной агрогеофизики** / Коснырева М.В., Золотая Л.А. // *Геофизический вестник, ГЕРС (М.)*, 2018, № 3, с. 12-19.
- **Перспективы развития агрогеофизики в России** / Коснырева М.В., Золотая Л.А. // в сборнике *EarthDoc, серия Engineering and Mining Geophysics*, 2018, с. 1-9.

2. 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 2018 г. В лаборатории магниторазведки был проведен анализ спутниковых гравитационных и магнитных данных, который позволил уточнить геолого-тектоническое строение изучаемой территории Ладожской аномалии электропроводности.

По результатам инверсии гравитационных и магнитных аномалий установлена связь области повышенных сопротивлений с областями повышенной плотности и намагниченности на глубинах 25-30 км. По результатам интерпретации детальных гравимагнитных материалов вдоль профиля Выборг – Суоярви в верхней части разреза выявлена сложно построенная чашеобразная структура, которая хорошо согласуется с региональными моделями изучаемого геологического разреза (рис. 2.2).

Проведенную качественную и количественную интерпретацию региональных и детальных материалов следует рассматривать, как новый этап изучения Раахе-Ладожской минерагенической области (доц. Золотая Л.А., асс. Коснырева М.В.).

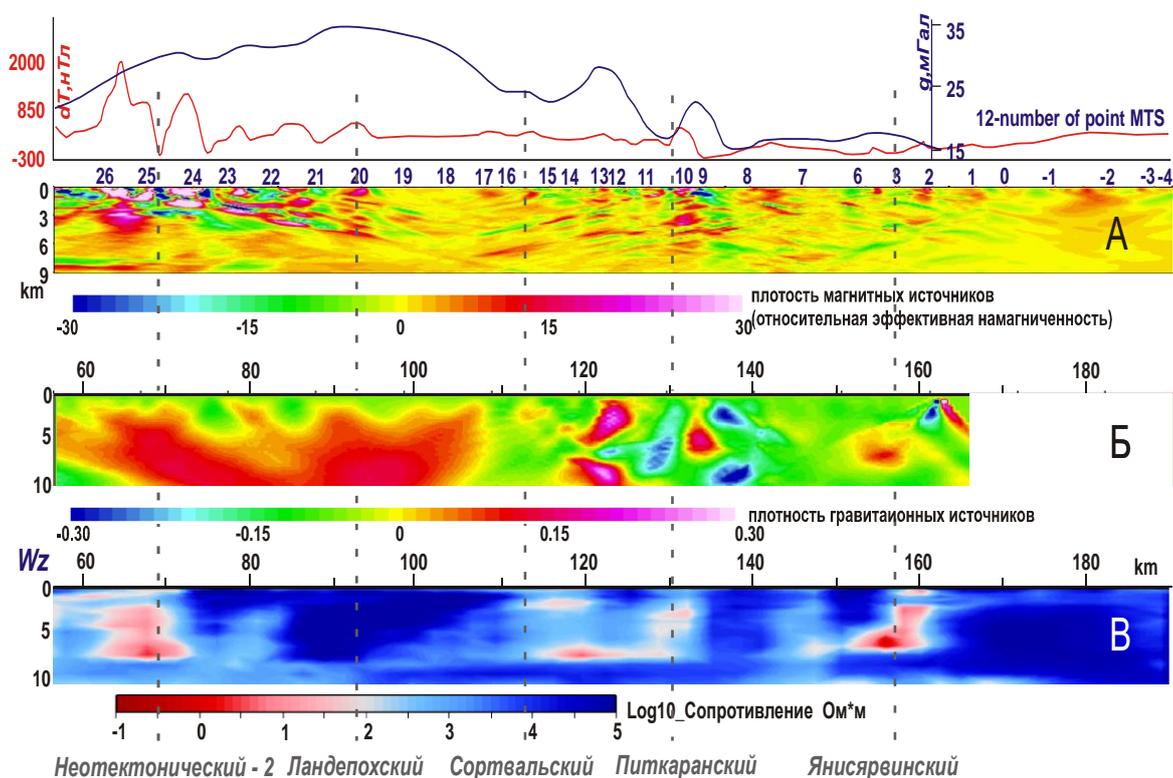


Рис. 2.2. Результаты решения обратной задачи гравимагниторазведки вдоль профиля Выборг-Суоярви для верхней части разреза. А – магнитная модель, Б – плотностная модель, В – геоэлектрический разрез (вертикальным пунктиром показано положение основных глубинных разломов). Результаты опубликованы в статье:

- **Интерпретация потенциальных полей района Ладожской аномалии электропроводности** / Коснырева М.В., Золотая Л.А. // в сборнике EAGE EarthDoc 2018, серия Engineering and Mining Geophysics 2018, EAGE, с. 1-9.
3. Асс. Паленов П.Ю. участвовал в комплексных геофизических исследованиях, которые проводились в Юхновском районе Калужской области с целью выявления природы интенсивной магнитной аномалии.
- **Комплексные геофизические работы на аномалии «Козловка» (Калужская область)** / В. А. Куликов, Н. В. Лубнина, А. Ю. Паленов, А. В. Соловьева // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. — 2018. — № 2. — С. 99–106.
 - **Integrated geophysical works on the kozlovka anomaly (kaluga region)** / V. A. Kulikov, N. V. Lubnina, A. Y. Palenov, A. V. Solovieva // Moscow University Geology Bulletin. — 2018. — Vol. 73, no. 3. — P. 312–319.
4. Доц. Попов М.Г. проводил исследования в области оценки геодинамики платформенных территорий по результатам сейсмо-экологического мониторинга.
- **Seismo-ecological monitoring of seismic and special-hazard object** / Oksana Popova, Vldimir Makeev, Michael Popov // в сборнике Natural Hazards and Risk Research in Russia, серия Innovation and Discovery in Russian Science and Engineering, - Springer International Publishing AG Switzerland. – 2018. - с. 269-283.

- *О. Г. Попова, В. М. Макеев, М. Г. Попов и др. Оценка геодинамики платформенных территорий по результатам сейсмо-экологического мониторинга // Геоэкология. 2018, № 4, с. 40–52.*

5. Результаты научных исследований сотрудников лаборатории были использованы при написании учебных пособий по курсу «Магниторазведка». В 2018 г. изданы два учебно-методических пособия: «Магнитные свойства горных пород: методика измерений и обработки данных» (Коснырева М.В., Золотая Л.А.), «Решение прямой задачи магниторазведки» (Золотая Л.А., Коснырева М.В., Паленов А.Ю., Булычев А.А.) и методическое руководство «Определение глубин залегания рельефа поверхности фундамента, перекрытого мощной толщей немагнитных платформенных образований» (Золотая Л.А., Коснырева М.В., Булычев А.А., Паленов А.Ю.) (рис. 2.3).

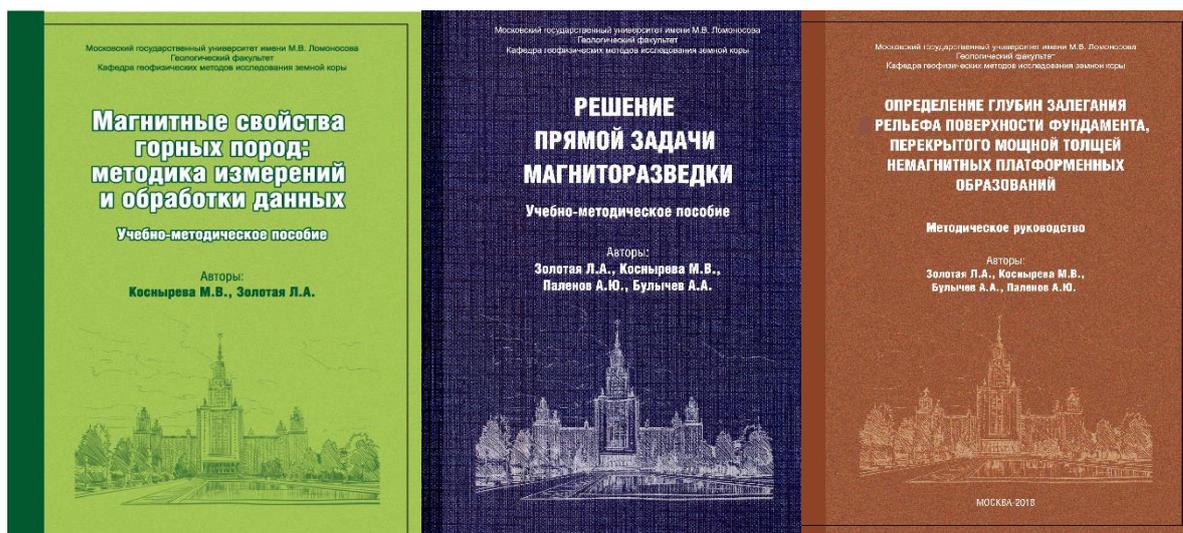


Рис. 2.3. Учебные пособия по магниторазведке.

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. 16 мая 2018 года успешно прошла защита кандидатской диссертации аспиранта Епишкина Д.В. Тема диссертации – **«Развитие методов обработки данных синхронных магнитотеллурических зондирований»**. Диссертация выполнена на кафедре геофизических методов исследования земной коры. Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доц. Яковлев А.Г.

Целью диссертации является разработка устойчивых к сильным шумам методов обработки и применение их для решения конкретных научно-практических задач. Автором предлагается ряд новых, оригинальных процедур, позволяющих эффективно бороться с шумами как в электрическом, так и в магнитном поле: перекрёстные М-оценки, использование одновременно электрических и магнитных каналов удалённой базы, индивидуальный подход к оценке разных передаточных операторов. Предложенные автором алгоритмы были протестированы на модельных и экспериментальных данных и в настоящий момент используются при решении конкретных геофизических задач.

Кроме того, в диссертационной работе впервые подробно изучены границы применимости метода удалённой базы, активно использующегося при обработке МТ-данных. Выяснено на каких расстояниях имеет смысл располагать удалённые базы в зависимости от широты наблюдений и рабочего частотного диапазона.

2. 19 апреля 2018 года на физическом факультете МГУ успешно прошла защита кандидатской диссертации аспиранта Зорина Н.И. Тема диссертации – **«Измерение эффекта вызванной поляризации в теллурическом поле»**. Диссертация выполнена на кафедре геофизических методов исследования земной коры. Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доц. Яковлев А.Г.

В диссертационной работе впервые показано, что для поиска поляризуемых объектов целесообразно использовать электрические передаточные функции МТ поля. Автором теоретически обоснована возможность применения дисперсионных соотношений (ДС) в таких функциях и разработана новая методика измерения эффекта ВП, обладающая рядом преимуществ относительно всех существующих на данный момент подходов. Разработанная методика повышает помехоустойчивость метода МТ-ВП и значительно расширяет область его применения, позволяя проводить поиск не только двумерных поляризуемых тел, но и трехмерных объектов произвольной формы.

3. Под руководством проф. Куликова В.А. были проведены комплексные геолого-геофизические исследования на аномалии «Козловка» в рамках темы **«Применение метода вызванной поляризации при изучении природы слабомагнитных объектов»**. В центре аномалии была пробурена скважина, проведены скважинные геофизические измерения, исследования керна, выполнена комплексная интерпретация наземных и скважинных геофизических измерений, построена геолого-геофизическую модель зоны «Козловка», выяснена причина аномальных физических свойств пород. По результатам работ вышла статья и был сделан доклад на Международной конференции:

- **Комплексные геофизические работы на аномалии «Козловка» (Калужская область)** / В. А. Куликов, Н. В. Лубнина, А. Ю. Паленов, А. В. Соловьева // *Вестник Московского университета. Серия 4: Геология.* — 2018. — № 2. — С. 99–106.
- **Integrated geophysical works on the kozlovka anomaly (kaluga region)** / V. A. Kulikov, N. V. Lubnina, A. Y. Palenov, A. V. Solovieva // *Moscow University Geology Bulletin.* — 2018. — Vol. 73, no. 3. — P. 312–319.

- *V. A. Kulikov, A. V. Solovieva. Application of spectral induced polarization method (SIP) at complex studying of low-contrast magnetic anomalies (The international Electromagnetic (EM) Induction Workshops of IAGA)*

4. Была завершена интерпретация глубинных магнитотеллурических зондирований, выполненных в пределах северо-западного склона Воронежского кристаллического массива в рамках международного проекта KIROVOGRAD с участием ученых МГУ им. М.В. Ломоносова, Центра геоэлектромагнитных исследований Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, ООО «Северо-Запад».

По результатам трехмерной инверсии в программе ModEM построена геоэлектрическая модель литосферы для площади более 100 000 км², уточнены границы Бяратинской и Курской коровых аномалий, их глубинное строение и связь с хорошо изученными ранее областями высокой электропроводности Украинского щита.

Результаты работ были представлены в статье и в докладе:

- *Бяратинская коровая аномалия электропроводности по результатам площадных МТ-исследований / В. А. Куликов, Е. Д. Алексанова, И. М. Варенцов и др. // Геофизика. — 2018. — № 1. — С. 31–43.*
- *Sergey Zaytsev, Elena Aleksanova, Victor Kulikov, Ivan Varentsov, Ilya Lozovsky, Nikolay Shustov, Andrey Yakovlev. Resistivity image of Baryatinskaya crustal high-conductive anomaly based on the results of areal MT-survey. (The international Electromagnetic (EM) Induction Workshops of IAGA).*

5. В течение нескольких лет группой сотрудников, аспирантов и студентов кафедры геофизики геологического факультета под руководством проф. Куликова В.А. проводится разработка методики применения метода многочастотной вызванной поляризации при поисках и оценке месторождений песчано-гравийных смесей (ПГС).

В рамках данной темы были выполнены полевые измерения на месторождении ПГС «Вязищи». В декабре 2017 г. по результатам данных работ вышла статья:

- *Куликов В. А., Аношина С. А., Соловьева А. В. Результаты опытных работ методом ЭТ-ВП на месторождении песчано-гравийных отложений Вязищи в Калужской области // Инженерные изыскания. — 2017. — № 8. — С. 44–54.*

6. Летом 2018 года в рамках учебной практики со студентами 3 курса Геологического факультета МГУ были выполнены электроразведочные работы методом электротомографии и вызванной поляризации на месторождении песчано-гравийно-галечных отложений «Захарьино» в Калужской области (рис. 3.1). Полученные результаты показали, что с помощью метода вызванной поляризации, при определенных благоприятных условиях, можно определить участки, обогащенные гравийной фракцией.



Рис. 3.1. Проведение измерений методом СВП на месторождении «Захарьино».

7. Осенью 2018 г в рамках проведения учебной практики для магистров 2 года обучения были выполнены петрофизические измерения образцов, отобранных на 17 месторождениях ПГС, расположенных на территории Московской и Калужской областей. Изучалась зависимость поляризуемости пород от минерального состава, влагонасыщенности, минерализации поровой влаги и других факторов (рис. 3.2).

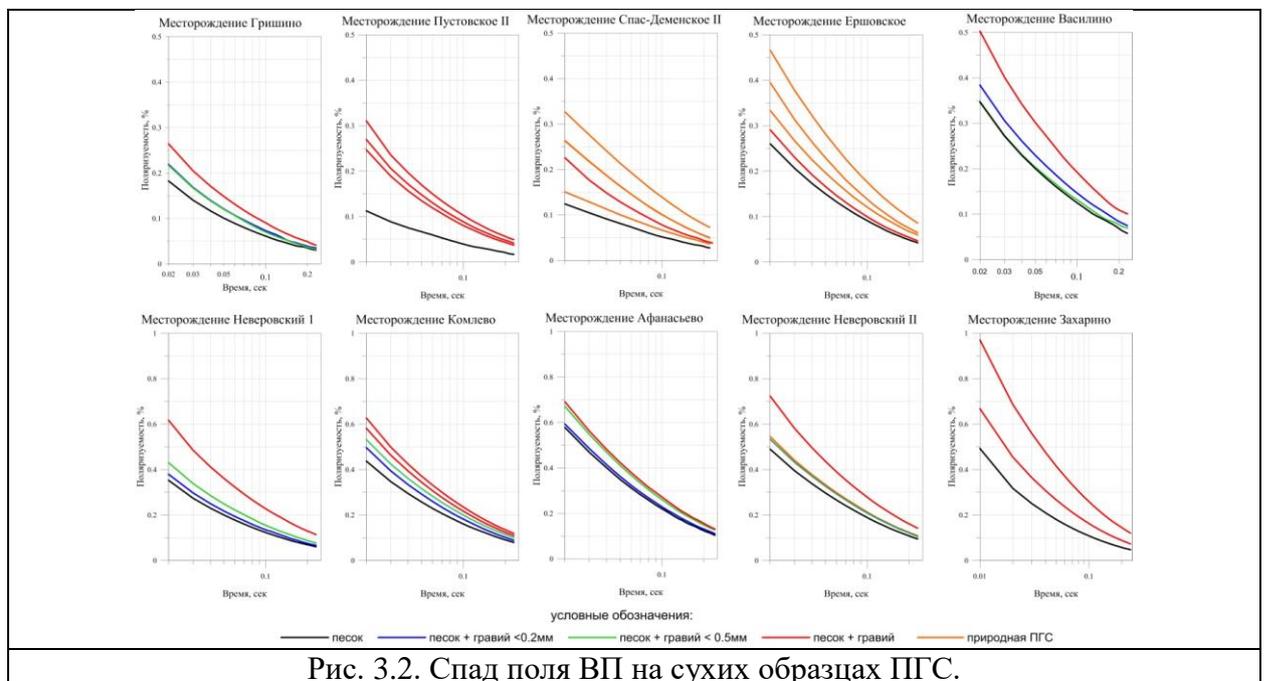


Рис. 3.2. Спад поля ВП на сухих образцах ПГС.

Результаты полевых работ и лабораторных исследований были представлены в трех докладах:

- Аношина С.А., Куликов В.А., Соловьева А.В. **Применения методов сопротивлений и вызванной поляризации для изучения песчано-гравийных смесей.** (Международная геолого-геофизическая конференция и выставка: «Современные технологии изучения и освоения недр Евразии» ГеоЕвразия-2018).
- Аношина С.А., Куликов В.А., Соловьева А.В. **Использование методов сопротивлений и вызванной поляризации для изучения песчано-гравийных отложений в Калужской области** (14-ая ежегодная научно-практической конференция и выставка "Инженерная и рудная геофизика 2018").
- Svetlana Anoshina, Viktor Kulikov, Anastasia Solovyeva. **Application of resistivity and induced polarization methods during the study of sand-gravel deposits in Kaluga Region, Russia.** (5th International Workshop on Induced Polarization Rutgers University, Newark).

8. Летом 2018 года группой сотрудников кафедры геофизики геологического факультета МГУ (рис. 3.3), Института геологии КарНЦ РАН и ИФЗ РАН в рамках работ по гранту РФФИ 16-05-00543А «Комплексная геофизическая модель области Ладужской аномалии электропроводности и ее геолого-тектоническая интерпретация» были выполнены полевые работы по региональному профилю «Кириши-Подпорожье» (180км) методами МТЗ и ГМТЗ В полевых работах принимали участие проф. Куликов В.А., проф. Пушкарев П.Ю., асп. Десятков Д.О., маг. Ионичева А.П. и маг. Сумарокова Е.С.

При проведении работ использовалось два вида магнитотеллурической аппаратуры – низкочастотные станции LEM1-417 и новая магнитотеллурическая станция МЭРИ-ПРО, разработанная в компании ООО «Северо-Запад» (г. Москва). Пятикомпонентные измерения выполнялись в синхронном режиме, базовая станция располагалась в районе п. Лоймола. Большая часть профиля проходила параллельно электрифицированной железной дороге Москва-Петрозаводск, которая являлась источником интенсивных помех.

На всех 12 точках профиля были получены параметры матрицы импеданса и матрицы Визе в диапазоне периодов 0.001–2000с, проведена предварительная обработка данных. В дальнейшем планируется проведение интерпретации МТ-данных и построение глубинной геоэлектрической модели вдоль профиля «Кириши-Подпорожье» от первых десятков метров до десятков км.



Рис. 3.3. Группа сотрудников и студентов кафедры геофизики геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова при проведении работ методом МТЗ на профиле Кириши-Подпорожье.

В рамках этого проекта было выполнено также построение прогнозной трехмерной геоэлектрической модели области Ладожской аномалии электропроводности. Эти исследования нашли свое отражение в следующих публикациях:

- *Advances in deep geoelectric modeling for SE Baltic shield with integrated geophysical and geological interpretation / Sokolova E.Yu, Mints M., Golubtsova N., Kulikov V., Pushkarev P., Zaytsev S., LADOGA WG // в сборнике Abstracts of 24th EM Induction Workshop, 2018, Helsingor, Denmark, том 4, с. 8-8*
- *Magnetovariational studies of Lake Ladoga crustal conductivity anomaly: from discovery in 70 th to understanding of its spatial behaviour and deep structure on modern observations / Rokityansky I.I., Sokolova E.Yu, Golubtsova N.S., Kovachikova S., LADOGA WG // в сборнике 17th EAGE International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects, Kyiv, серия CD-ROM Abstracts volume. Abstract 14126_ENG, Kyiv, 2018, с. 1-6.*

9. В течение нескольких последних лет сотрудниками кафедры были проведены комплексные электроразведочные работы методами АМТЗ и ЗСБ по региональному профилю через р. Угра, направленные на поиск и изучение разновозрастных погребенных долин.

Инверсия наблюдаемых данных ЗСБ и АМТЗ проводилась независимо, без привлечения априорной информации для создания стартовых моделей. При проведении интерпретации данных ЗСБ была использована новая программа профильной инверсии А.Е. Каминского ZondTEM2D. Сопоставление результатов двух электроразведочных методов показало, что геоэлектрические разрезы, в общих чертах, совпадают. Глубинность метода АМТЗ в условиях данного геоэлектрического разреза составляет около 500 м, глубинность ЗСБ - около 250 м, но метод ЗСБ дает более детальное расчленение разреза в приповерхностной части.

Неогеновые палеодолины, сложенные 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 (рис. 3.4).

Результаты работ по изучению палеодолин р. Угра были представлены в двух статьях и нескольких докладах на различных международных конференциях:

- *Методика совместной интерпретации данных ВЭЗ И ЗСБ при изучении палеодолины р. Угра / В. А. Куликов, Е. Д. Алексанова, А. А. Бобачев и др. // Инженерные изыскания. — 2018. — Т. 12, № 1-2. — С. 80–89.*
- *Тестирование новой программы профильной инверсии данных ЗСБ на примере изучения палеодолин в Калужской области / В. А. Куликов, Е. Д. Алексанова, Н. Л. Шустов и др. // Геофизика. — 2018. — № 3. — С. 61–69.*
- *Соловьева А.В., Куликов В.А., Алексанова Е.Д., Шустов Н.Л. Преимущества совместной интерпретации данных ВЭЗ и ЗСБ при изучении погребенных речных долин (14-ая ежегодная научно-практической конференция и выставка "Инженерная и рудная геофизика 2018").*
- *Victor Kulikov, Elena Aleksanova, Aleksey Bobachev, Anastasia Solovieva, Nikolay Shustov. The technique and results of joint EM data interpretation: paleovalley exploration case study. (The international Electromagnetic (EM) Induction Workshops of IAGA).*

- *Elena Aleksanova, Alex Kaminsky, Victor Kulikov, Anastasia Solovieva, Nikolay Shustov. Testing a new TDEM data inversion software: paleovalley exploration case study. (The international Electromagnetic (EM) Induction Workshops of IAG.).*

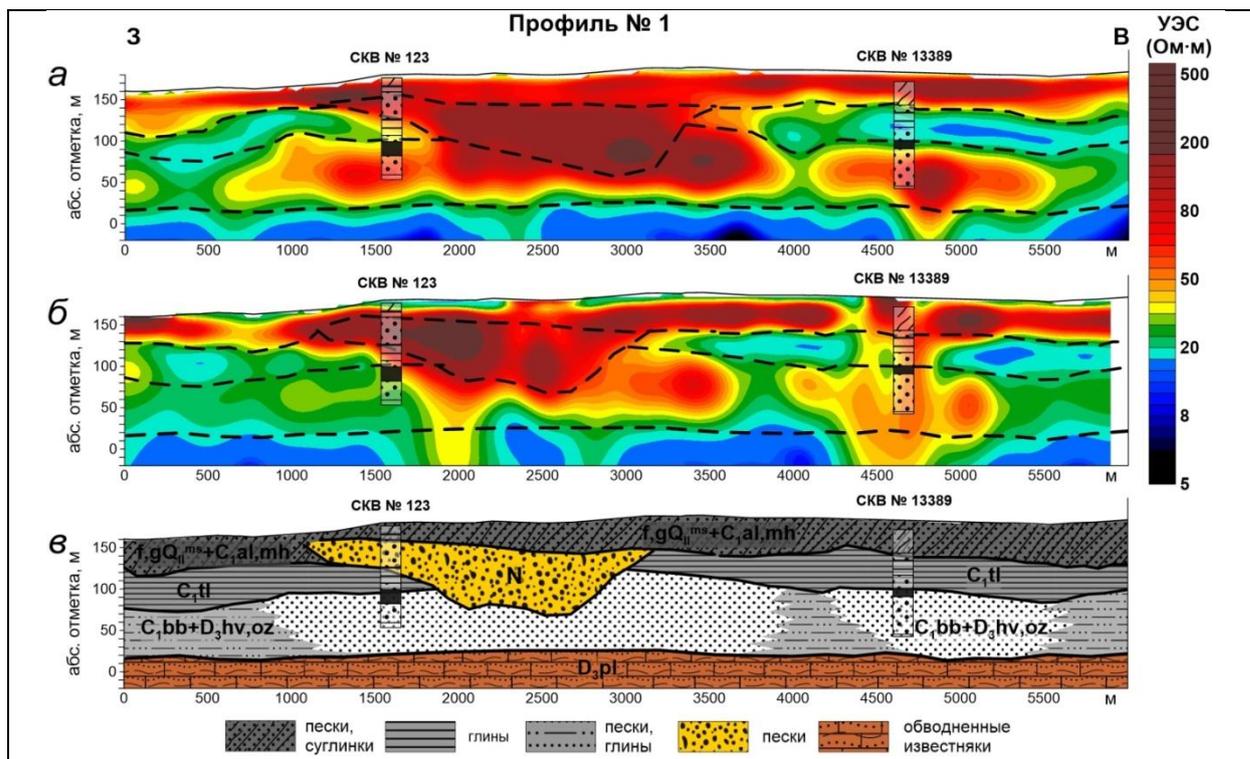


Рис. 3.4. Результаты тестирования автоматической 2D инверсии в программах Zond на наблюдаемых данных: а - геоэлектрическая модель по результатам инверсии данных ЗСБ в программе ZondTEM2D; б - геоэлектрическая модель по результатам двумерной инверсии данных АМТЗ в программе ZondMT2D; в - итоговая геолого-геофизическая модель на основе обобщения результатов инверсии данных ЗСБ и АМТЗ.

10. Продолжаются работы по теме: «Развитие и совершенствование электроразведочного комплекса для поиска и разведки рудных месторождений». Одним из наиболее важных направлений в рамках данной темы в 2018г. было тестирование программы **трехмерной инверсии МТ-данных** для решения **рудных задач**.

Одним из основных развиваемых в настоящее время направлений интерпретации МТ-данных является переход от двухмерной и одномерной интерпретации к трехмерной. Это важно, так как большинство реальных объектов исследования являются трёхмерными, а интерпретация в классе двухмерных или одномерных моделей может привести к ошибочным результатам. При переходе к трехмерной инверсии МТ-данных значительно повышается требование к вычислительной технике. Настольных компьютеров недостаточно для проведения инверсии больших объемов площадных МТ-данных.

Выходом из ситуации является использование суперкомпьютерных вычислений, т.е. вычислений на компьютерах с огромной производительностью и возможностью использования параллельных методов вычисления. Примером такого компьютера является СК «Ломоносов», расположенный в МГУ им. Ломоносова. Данный компьютерный комплекс является самым мощным по производительности в России. Применение такого технического аппарата для инверсии данных МТЗ позволяет в разы сократить время, затраченное на вычисление.

Существует несколько распространенных программ для трехмерной инверсии МТ-данных. Одной из таких программ является ModEM (USA, Oregon State University, Gary Egbert, Anna Kelbert & Naser Meqbel). Большим плюсом программы ModEM является возможность использования параллельных подходов к вычислению прямых и обратных

задач с помощью технологии Message Passing Interface (MPI), что значительно уменьшает временные затраты на нахождение решения обратной и прямой задачи, так как прямая задача для каждого периода вычисляется независимо.

Проведена трехмерная инверсия данных АМТЗ в программе ModEM с использованием СК «Ломоносов» для решения поисковых задач на объектах Рудного Алтая. При выполнении расчетов были опробованы различные подходы к выбору параметров инверсии и стартовой модели. Результаты работ по теме были представлены в нескольких докладах:

- *Sergey Zaytsev, Viktor Kulikov, Andrey Yakovlev. Modern Electro-prospecting technologies for searching and exploration of ore deposits. (24th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics).*
- *Sergey Zaytsev, Viktor Kulikov, Andrey Yakovlev, Denis Yakovlev. Experience in the application of three-dimensional inversion of magnetotelluric data with the use of supercomputer complex «Lomonosov». (The international Electromagnetic (EM) Induction Workshops of IAGA.)*
- *Куликов В.А., Зайцев С.В., Яковлев А.Г. Современные электроразведочные технологии при поисках и разведке рудных месторождений. (14-ая ежегодная научно-практической конференция и выставка "Инженерная и рудная геофизика 2018").*
- *Куликов В.А., Яковлев А.Г. Возможности современных электроразведочных технологий при поисках и разведке твердых полезных ископаемых. (Международная геолого-геофизическая конференция и выставка: «Современные технологии изучения и освоения недр Евразии» ГеоЕвразия-2018).*
- *Зайцев С.В., Куликов В.А., Ионичева А.П., Яковлев А.Г. Опыт применения трехмерной инверсии магнитотеллурических данных в районе Рудного Алтая. (Международная геолого-геофизическая конференция и выставка: «Современные технологии изучения и освоения недр Евразии» ГеоЕвразия-2018).*
- *Куликов В.А., Яковлев А.Г. Современные электроразведочные технологии поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. (14ый горно-геологический форум Майнекс Россия 2018).*

11. В рамках хоздоговоров с компанией ГазпромНефть НТЦ № 447 и № 474 (руководитель доц. Лыгин И.В.) были выполнены обзор современного состояния несейсмических методов геофизики в нефтегазовых исследованиях, экспертное сопровождение реализации алгоритмов решения прямых задач (выполняемой в МФТИ), моделирование геофизических полей на объектах Заказчика и выбор оптимальных методик комплексного применения несейсмических методов на этих объектах (ответственные исполнители по направлению «электроразведка»: проф. Куликов В.А., проф. Пушкарев П.Ю.).

12. В рамках сотрудничества с организациями РАН и в рамках гранта РФФИ 18-05-0733 «Глубинное строение зоны тройного сочленения сегментов Восточно-Европейской платформы по магнитотеллурическим и сейсмологическим данным» (организация ЦГЭМИ ИФЗ РАН, руководитель П.В. Иванов) выполнены глубинные МТ зондирования на западе Смоленской области и на востоке Белоруссии. В полевых работах принимал участие проф. Пушкарев П.Ю., в организации экспедиции – н.с. Шустов Н.Л., использовались МТ станции ЛЕМИ, принадлежащие Геологическому факультету МГУ.

13. С участием сотрудников лаборатории глубинной геоэлектрики издано **2 учебных пособия**: «**Электроразведка: пособие по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей. Том I**». Авторы: Алексанова Е.Д., Бобачев А.А., Епишкин Д.В., Зорин Н.И., Куликов В.А., Модин И.Н., Пушкарев П.Ю., Шевнин В.А.,

Шустов Н.Л., Яковлев А.Г. место издания *ПолиПРЕСС Тверь*, ISBN 978-5-6040348-5-9, 274 с. и **«Береговые процессы: мониторинг и инновационные комплексные исследования»**. Авторы: Исаев В.С., Кошурников А.В., Игнатов Е.И., Каширина Е.С., Новиков А.А., Гуцин А.И., Комаров О.И., **Пушкарев П.Ю.**, Владов М.Л., Котов П.И., Вербовский В.В., Аманжуров Р.М., Горшков Е.И. место издания *ООО "Колорит" Севастополь*, ISBN 978-5-6041191-2-9, 258 с.

14. Результаты НИР сотрудников и аспирантов лаборатории глубинной геоэлектрики отражены в двух кандидатских диссертациях. Опубликованы 5 статей в журналах (2 – в журналах РФ в Scopus, 2 – из списка RSCI WoS, 1 - из списка РИНЦ), 2 учебных пособия («Электроразведка», «Береговые процессы: мониторинг и инновационные комплексные исследования»), 18 статей в сборниках, 12 тезисов докладов, сделано 25 докладов на конференциях. Были выполнены исследования по двум грантам РФФИ и четырем хоздоговорам.

РАЗДЕЛ 4.

Научно-исследовательские работы в лаборатории инженерной и технической геофизики (проф. Модин И.Н., проф. Шевнин В.А., доц. Бобачев А.А., доц. Большаков Д.К., с.н.с. Марченко М.Н., м.н.с. Ялов Т.В., инж. Иванова С.В., инж. Акуленко С.В.).

1. Участие в гранте географического факультета МГУ.

Цель работ: изучение палеодолин и палеорусел великих русских рек - Камы, Волги и Днепра. Руководитель работ – доцент географического факультета МГУ, д.г.н. Панин А.В. Полевые работы выполнялись в июне-июле 2017 года (р. Днепр), в июле-августе 2017 г. (приток р. Кама – р. Вычегда) и в сентябре 2018 года (р. Волга). Геофизические работы выполнялись методами электрической томографии и георадиолокации, а также отдельные измерения удельного электрического сопротивления (УЭС) (резистивиметрия) по ручьям и водопроявлениям в окрестностях профилей. В результате интерпретации электротомографических данных проведено расчленение грунтов по значениям удельных электрических сопротивлений. Георадиолокационные исследования позволили более детально изучить верхнюю часть разреза (рис. 4.1.).

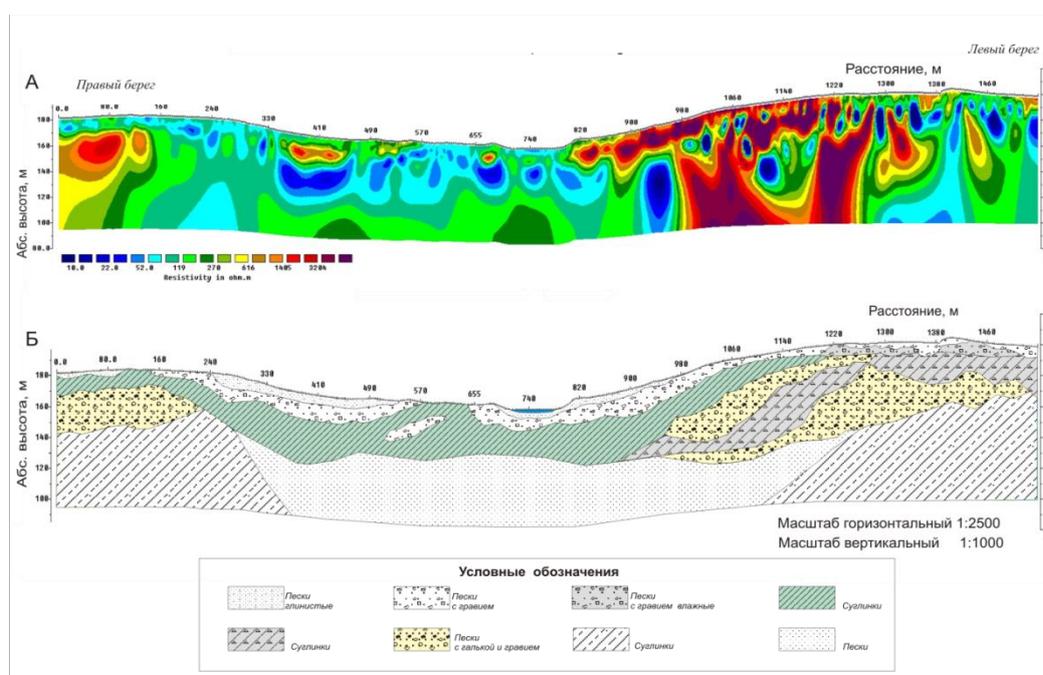


Рис. 4.1. Результаты электрической томографии по профилю 1. А – геоэлектрический разрез, полученный по результатам двумерной инверсии; Б – геолого-геофизический разрез.

Комплексирование электрической томографии и георадиолокационной съемки при проведении исследований в бассейне р. Кама позволило сделать оценки глубины соответствующих горизонтов и достаточно точно построить верхнюю часть геолого-геофизического разреза до глубины 30 м. В результате выполненных исследований были определены участки с наиболее развитыми разрезами четвертичных отложений и рекомендованы точки для постановки скважин геологического бурения. Последующее бурение полностью подтвердило наши предположения и керн требуемого торфяного слоя.

- **Геофизические исследования через погребенную Кельтминскую долину-каньон / И. Н. Модин, А. А. Пелевин, Д. К. Большаков, К. Д. Ефремов // 14-я научно-практическая конференция Инженерная и рудная геофизика 2018, Алматы, 23-27 апреля 2018. — EAGE(Москва), 2018. — С. 1–6.**

2. Участие в совместном проекте-гранте (Германия (Тюбингенский университет), Россия (РАН+МГУ) и Казахстан (Кзыл-Ординский университет) по археологической геофизике на памятнике Джанкент.

Геофизические исследования выполнялись на городище Джанкент, расположенном в восточном Приаралье, с целью изучения фортификационных сооружений и городской планировки. Геофизические работы на данном памятнике проводятся на протяжении многих лет – с 2011 года. Перед геофизиками стоял целый ряд задач: 1) определение мощности культурного слоя на различных участках памятника, а также за его пределами; 2) определение внутренней планировки памятника; 3) поиск скрытых (погруженных в культурный слой) объектов (очаги, стены, керамические скопления, возможные водоемы и колодцы, и т.д.); 4) исследование внутренней структуры отдельных объектов и комплексов, таких как стены, валы, постройки, и т.д.

Геофизические исследования выполнялись методами: ВЭЗ (в варианте электрической томографии), магниторазведки, была выполнена высокоточная съемка рельефа с помощью электронного тахеометра. Выполненные геофизические исследования существенно дополнили объем знаний о древнем городе и позволили археологам более глубоко понять строение и планировку памятника, найти интересные объекты.

За время выполнения геофизических исследований были получены уникальные результаты, позволившие уточнить строение фортификационных сооружений, таких как стены города, башни и т.д. Кроме того, исследования проводились и на территории самого города, где была уточнена городская планировка, а также спрогнозирована мощность культурного слоя. С помощью электрической томографии было установлено, что возвышение, на котором находится городище, было создано с помощью отсыпок в виде платформ. С помощью магниторазведки было выявлено положение улиц, а также возможное положение очагов. Таким образом, часть задач за эти годы решена, но какие-то вопросы пока остались без ответа – в частности, пока не найден некрополь (рис. 4.2).

По результатам исследований, выполненных на городище Джанкент, была написана книга «Комплексные исследования городища Джанкент», в которой большая глава посвящена геофизическим исследованиям, выполненным группой специалистов нашей лаборатории.

3. Проведение геофизических исследований на археологических объектах на территории России по совместным проектам с институтом археологии РАН.

Геофизические работы выполнялись на целом ряде археологических памятников. Были выполнены работы в г. Ярославле, в республике Крым, а также окрестностях г. Суздаль. Например, выполнялось картирование группы курганных могильников возле села Шекшово (древний Суздаль). Получены уникальные результаты, выявившие

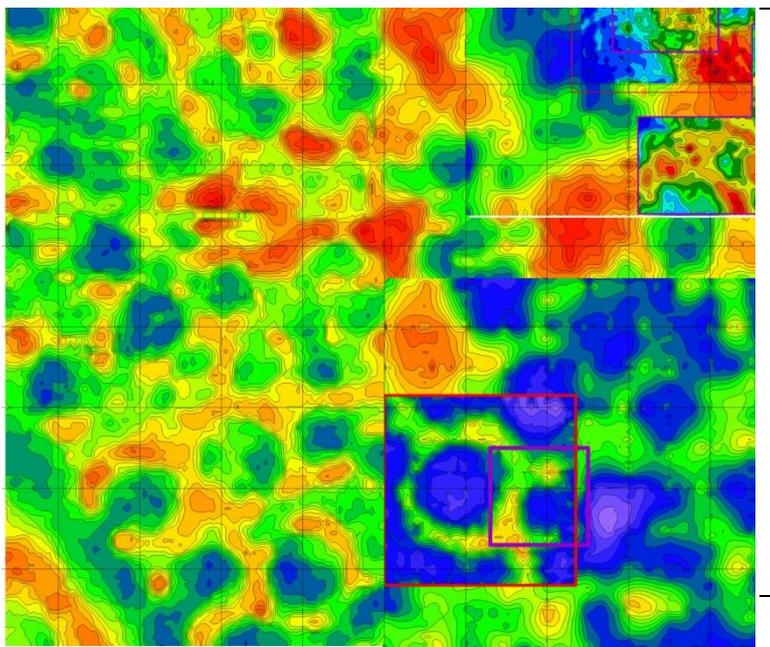


Рис. 4.2. Фрагмент карты УЭС, показывающей положение группы курганных могильников

структуру захоронения, позволившие определить количество курганов на исследованной территории, их диаметр и строение.

4. Республика Крым: - Грант Геологического факультета.

Цель работ: Исследование трещиноватости карбонатных пород и связанных с ней тектонических нарушений на примере западной части Крыма. Выполнены работы на нескольких объектах в западном Крыму (м. Фиолент, Балка Бермана).

5. Работы для Национального Парка «Угра»

Цель работ: Проведение комплексных геофизических исследований (зима) на двух пойменных озерах р. Жиздры (Горожёное и Ленивое) для уточнения их геологического строения. Выполнены геофизические исследования для археологических целей на территории городища Косая Гора (Юхновский район Калужской области). Проведены комплексные геофизические исследования на территории Александровского плато (площадные электротомографические и георадиолокационные исследования) для изучения его геологического строения.

6. Проведены исследования по распознавание аномалий естественного электрического поля (ЕП) диффузионно-адсорбционного происхождения (**проф. Шевнин В.А.**).

Диффузионно-адсорбционные (ДА) потенциалы являются одними из трех основных аномалий в методе ЕП, но редко вызывают практический интерес, в отличие от аномалий окислительно-восстановительного и фильтрационного происхождения. Однако эти аномалии встречаются повсеместно и их нередко ошибочно принимают за аномалии иного происхождения. Способом распознавания ДА аномалий можно считать корреляцию поля ЕП и поля кажущихся сопротивлений. На учебной геофизической практике студентов МГУ в Калужской области получено немало профилей, на которых зафиксированы аномалии ЕП и коррелированные с ними изменения кажущегося сопротивления, что позволяет считать происхождение этих аномалий ЕП результатом диффузионно-адсорбционных процессов. По результатам этих исследований в 2018 г. опубликована статья:

- *Шевнин В.А. Распознавание аномалий естественного электрического поля диффузионно-адсорбционного происхождения. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. В журнале Вестник Московского университета. Серия 4: Геология, издательство Изд-во Моск. ун-та (М.), № 2, с. 93-98.*

На практике в Александровке удалось получить новый результат, который проиллюстрирован на рисунках 4.3 и 4.4.

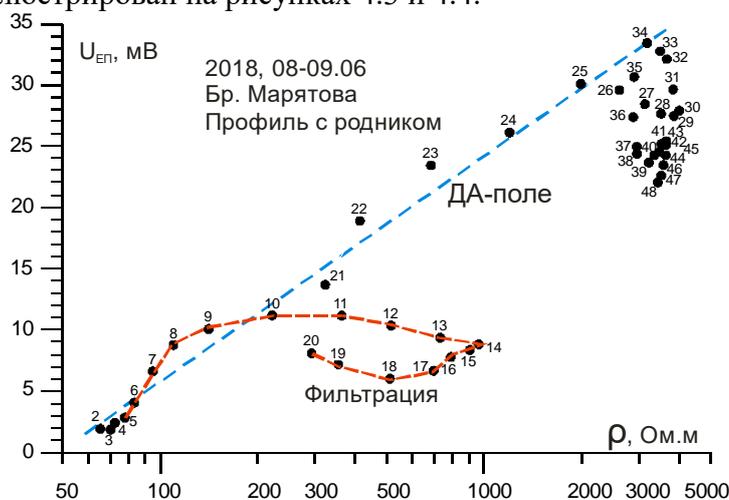


Рис.4.3. Корреляция сопротивлений (метод ЭП-ВП) и потенциала ЕП (метод ЕП).

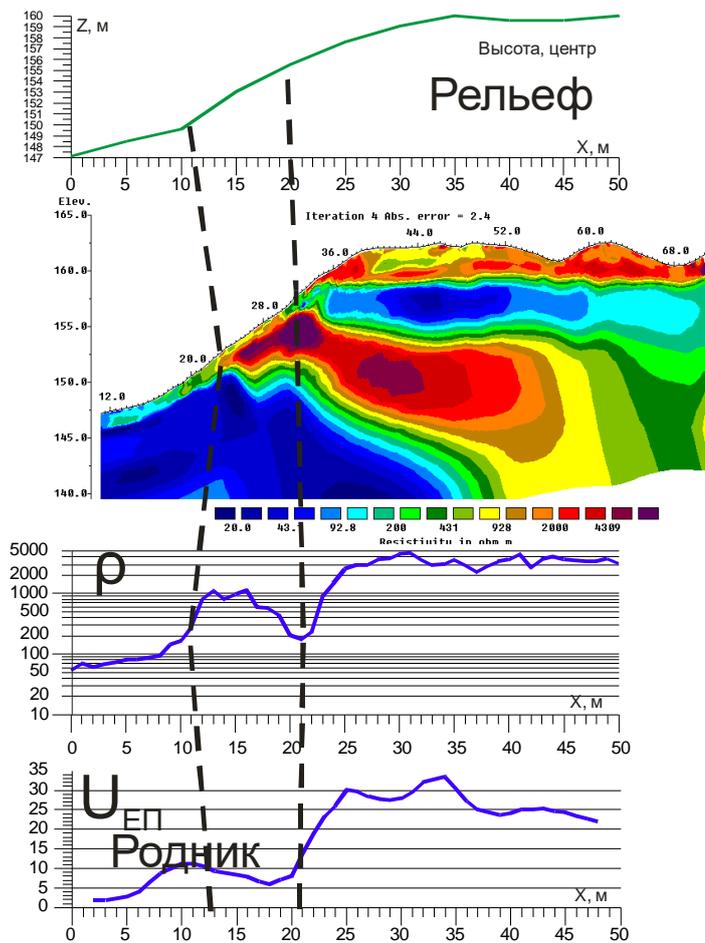


Рис. 4.4. Результаты по профилю "Родник". Сверху вниз: Рельеф, Электротомография, График ρ_k , График ЕП. Черные пунктиры выделяют слой песка на склоне, к подошве слоя приурочен родник.

Основная аномалия (выделена синим пунктиром) имеет диффузионно-адсорбционное (ДА) происхождение (см. статью в Вестнике МГУ). Но оставалась одна не до конца преодоленная трудность. Если два метода ЭП-ВП и ЕП ходили по одному профилю в разные дни, а иногда и годы, то начало и конец профилей, точки измерений не совпадали, корреляция получалась хуже. В этом году впервые удалось измерять так, что точки совпали. На данном рисунке показан профиль с ДА аномалией и небольшой фильтрационной аномалией (родник). Эти две аномалии имеют совершенно разный рисунок в поле корреляции.

7. Развитие методики многосегментной электротомографии.

Результаты получены по материалам полевых исследований методом электротомографии в районе Звенигородской биологической станции имени С.Н. Складовского биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Основная цель исследований – построение геоэлектрической модели современной долины Москвы-реки с присущей методу электротомографии детальностью и максимально возможной глубиной. Многосегментная методика электротомографии позволяет при высокой плотности данных, характерной для метода в целом, достигать значительно большей глубины исследований по сравнению со стандартной двухсегментной методикой. Основной особенностью выполненных работ являлось применение многосегментных измерений. Другая особенность – сочетание на профиле наблюдений наземных измерений и измерений на акватории реки с сохранением методики, непрерывности и плотности данных, эффективной глубины исследований.

- **Трехсегментная методика электротомографии и результаты исследований долины Москвы-реки в районе Звенигородской биостанции МГУ (п. Луцино, Московская обл.) / Д. К. Большаков, И. Н. Модин, К. Д. Ефремов, Т. В. Топилина // 14-я научно-практическая конференция Инженерная и рудная геофизика 2018, Алматы, 23-27 апреля 2018. — EAGE, Москва, 2018. — С. 1–10.**

8. Были проведены инженерно-геофизические и геоморфологические исследования, направленные на поиски приповерхностных скоплений газа. Использовались методы малоглубинной сейсморазведки (метод преломленных волн) и электроразведки (электротомографии) (рис. 4.5). Показаны возможности этих методов при изучении подобных отложений. Исследования проводились на площадке проектируемого строительства в пределах предглинтовой низменности Балтийско-Ладожского глинта. В ходе инженерно-геологического бурения были зафиксированы кратковременные выбросы воды, песка и газа на высоту до 5 м. По прошествии года газовыделение из некоторых скважин продолжается. Через площадку проходит эрозионный уступ, разделяя ее на два субгоризонтальных уровня. Результаты инженерно-геофизических и геоморфологических исследований позволили выявить, что нижний уровень представляет собой морскую (литориновую) террасу, верхний — поверхность ледниковой аккумуляции валдайского времени. Различное происхождение слагающих толщ подтверждается как различными сейсмическими характеристиками и типами геоэлектрических разрезов, так и результатами инженерно-геологического бурения. Предполагаемая граница примыкания проходит непосредственно под уступом. Детальности исследований не хватило для определения количественных параметров границы примыкания. Совместный анализ геофизических данных позволил выделить в разрезе газонасыщенные песчано-глинистые линзы и наметить картировочные признаки газонасыщенных грунтов, распространенных в пределах изучаемой территории. Для газонасыщенных грунтов здесь характерны относительно высокие значения удельных электрических сопротивлений и скоростей продольных волн (V_p), понижение в несколько раз отношения V_s/V_p и линзовидная форма геофизических аномалий. Геофизические данные хорошо согласуются между собой. Источниками газа на обследованной площадке являются, предположительно, насыщенные органикой морские отложения в литориновой толще.

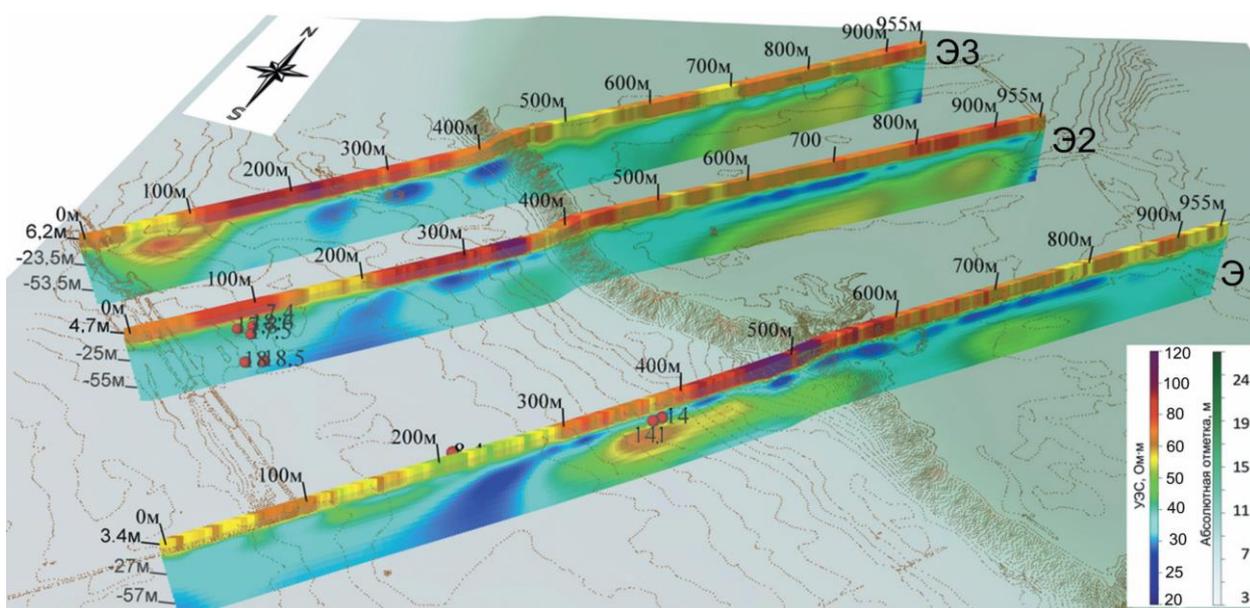


Рис. 4.5. Трехмерное представление двумерных геоэлектрических разрезов ЭТ. Красные точки — места начала газопроявлений из скважин с указанием глубины в метрах. Балтийская система высот.

- ***Инженерно-геофизические исследования приповерхностных газопроявлений в песчано-глинистых грунтах / А. Д. Скобелев, В. С. Серебряков, Е. Ю. Матлахова Ермаков А.П., Модин И.Н., Богданов М.И. // Инженерные изыскания. — 2018. — Т. 12, № 3-4. — С. 70–80.***

9. При проведении геофизических исследований, в частности при поиске предвестников землетрясений, возникают задачи изучения геоэлектрической структуры среды в пункте наблюдений и ее изменений во времени. Получил развитие подход к решению этих задач, основанный на использовании данных многолетнего мониторинга среды методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Зондирование проводилось в центральной части Гармского полигона с помощью стационарной многоэлектродной установки ежедневно в течение 12 лет (с апреля 1979 г. по май 1992 г.). По этим данным было построено около 4 тыс. единичных кривых ВЭЗ, а по ним – 36 среднедекадных. Среднедекадные кривые использовались для решения обратной задачи в рамках горизонтально-слоистой модели с помощью пакета IPI. На основе интерпретации полученных решений были построены 4-, 5-, 6- и 7-слойные модели геоэлектрического разреза. Эти модели сравниваются по различным критериям их качества. В итоге выбрана 4-слойная модель, которую можно рассматривать как наилучшую, в смысле минимизации невязки решения обратной задачи, горизонтально-слоистую аппроксимацию реального (среднего по сезонам года) геоэлектрического разреза. Сопоставление имеющихся геолого-геофизических данных между собой и с результатами решения обратной задачи ВЭЗ показывает, что 4-слойная модель разреза хорошо согласуется с данными геологических (бурение, геологическое картирование), геоэлектрических (ЗС, профильные ВЭЗ) и других исследований, выполненных в пункте наблюдений.

- ***Построение оптимальной модели геоэлектрического разреза по данным режимных ВЭЗ на примере центральной части гармского полигона Децеровский А. В., Модин И. Н., Сидорин А. Я. // Геофизические процессы и биосфера. — 2018. — Т. 17, № 3. — С. 109–140.***

10. На основе отработки и интерпретации данных МТ-зондирований создана цифровая геоэлектрическая модель блока Каратон-Саркамыс, расположенного в южной казахстанской части Прикаспийской впадины. Построены геоэлектрические разрезы и структурные карты по геоэлектрическим горизонтам. Показана возможность эффективного применения МТ-зондирования в комплексе с данными сейсморазведки ГИС для получения дополнительной информации о литологии и коллекторских свойствах нефтегазоносных комплексов

- ***Результаты магнитотеллурических исследований на опорных геофизических профилях Каратон-саркамысского блока в Казахстане / Умирова Г. К., Истекова С. А., Модин И. Н. // Геология и геофизика. — 2018. — Т. 59, № 1. — С. 118–128.***

11. Исследованы три типичных ситуации, которые приводят к сильным искажениям в результатах инверсии данных электромографии. Можно констатировать появление значительных аномалий на геоэлектрическом разрезе после инверсии. Такие аномалии будем называть артефактами инверсии. Исходя из полученных материалов, результаты инверсии каждый раз должны подвергаться тщательному анализу и окончательные разрезы

должны быть отредактированы геофизиком в соответствии с объективными знаниями о геологическом разрезе. Особое внимание интерпретатора необходимо уделять разрезам с контрастными и сильно контрастными по сопротивлению слоями. В последнем случае формальное представление данных инверсии как окончательный результат электроразведочных работ необходимо признавать необоснованным и ложным

- *Модин И. Н., Шевнин В. А., Ялов Т. В. Двумерная инверсия данных электрической томографии и искажения геоэлектрического разреза // 14-я научно-практическая конференция Инженерная и рудная геофизика 2018, Алматы, 23-27 апреля 2018. — EAGE EAGE(Москва), 2018. — С. 1–9.*

12. Проведены геофизические исследования Херсонесского некрополя у Карантинной бухты. Применение электротомографии позволило установить структурные особенности геологического строения скального массива и выявить размещение слоя известняков пониженной прочности (продуктивного слоя), в котором древние строители предпочитали вырубать склепы. Метод позволяет также обнаруживать дромосы и могилы, вырубленные в скале и заполненные грунтом. Высокоточная тахеометрическая съемка фиксирует положение поверхности памятника и дает возможность получить детальную топографическую карту микрорельефа некрополя, которая является основой для синтеза по данным комплексных геофизических исследований 3D модели некрополя. Данные георадиолокационного сканирования геофизического планшета были преобразованы в карту волновых электромагнитных возмущений, вероятно связанных со склепами, расположенными в продуктивном горизонте. На фрагменте карты видно, что плотность георадиолокационных аномалий высока, заметная упорядоченность их размещения косвенно указывает на их искусственное происхождение. Выявленная закономерность позволяет понять предельно рациональную логику древних строителей. Они рассматривали особенность геологического строения скального массива как средство, облегчающее их работу. Пониженная прочность и толщина (1.5-2м) продуктивного слоя идеально подходила для вырубки склепов требуемых размеров, а верхний прочный слой, как естественная крыша, защищал их от обрушения. Комплекс выбранных методов является оптимальным, так как результаты работ позволяют получить наиболее достоверную и полную информацию о скрытом пространстве некрополя.

- *Инновационные археолого-геофизические исследования Херсонесского некрополя у Карантинной бухты / В. В. Глазунов, И. Н. Модин, Т. В. Топилина и др. // XIX Боспорские чтения: Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Традиции и инновации. Материалы международной научной конференции. — БФ Деметра Симферополь-Керчь, 2018. — С. 115–122.*

13. В 2018 г. в издательстве *Springer в электронном виде* вышла монография «The Boundary Element Method in Geophysical Survey» (авторы: Balgaisha Mukanova, Igor Modin), 154 с.; в издательстве *ПолиПРЕСС (Тверь)* издано учебное пособие: «Электроразведка: пособие по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей». Том I / Алексанова Е.Д., Бобачев А.А., Епишкин Д.В., Зорин Н.И., Куликов В.А., Модин И.Н., Пушкарев П.Ю., Шевнин В.А., Шустов Н.Л., Яковлев А.Г., 274 с. Сотрудниками лаборатории опубликовано 6 статей в журналах и 9 в сборниках, сделано 8 докладов на конференциях различного уровня.

РАЗДЕЛ 5.

Научные исследования в Геофизической обсерватории учебно-научного полигона «Александровка» (н.с. Шустов Н.Л.), а также в области геофизических исследований в скважинах (ГИС) (с.н.с. Никулин Б.А.).

В июне-июле 2018 г. в геофизической обсерватории МГУ «Александровка» проведены следующие работы:

- построен немагнитный павильон для выносной стационарной установки протонного магнитометрического датчика;

- проведена реконструкция датчиков системы наблюдений вариаций электрического поля Земли:

установлены новые приемные линии (Ех, Еу) длиной 100м с защитой кабеля кожухом, смонтированы боксы на концах линий (для возможности оперативной замены электродов);

- установлено оборудование для передачи данных в режиме «on-line» по каналам GSM сетей.

С.н.с. Никулин Б.А. в 2018 г. осуществлял разработку и внедрение в практику работ на учебной скважине МГУ **цифрового каротажного комплекса**. Рассматривались вопросы комплексной интерпретации данных применительно к задачам гидрогеологии и оценки ОВ в породе. 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, пробуренных на пресной воде или в высокоомных карбонатных разрезах.

- *Никулин Б.А., Чуткерашвили С.Е., Скибицкая Н.А. **Определение состава органического вещества комплексом геофизических методов в карбонатном разрезе.** Материалы Международной научно-практической конференции «СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НЕДР: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ, МГРИ-РГГУ, Москва, 2018*
- *Никулин Б.А., Скибицкая Н.А., Никитин А.А. **Оптимизация комплекса геофизических методов при решении задач ГИРС в карбонатном разрезе.** Материалы Международной научно-практической конференции “ГЕОФИЗИКА И МГРИ 100лет ВМЕСТЕ“, МГРИ-РГГУ, Москва, 2018.*
- *Никитин А.А., Никулин Б.А. **Разложение поля давления в скважине на ее собственные моды.** Материалы Международной научно-практической конференции “ГЕОФИЗИКА И МГРИ 100лет ВМЕСТЕ“, МГРИ-РГГУ, Москва, 2018.*

РАЗДЕЛ 6.

Международные связи сотрудников кафедры геофизических методов исследования земной коры

В 2018 г. сотрудниками кафедры осуществлялись обширные международные связи:

1. **Проф. Шевнин В.А.** выезжал в Португалию, г. Порту для участия (с докладом) на Международной конференции NSG (Near Surface Geoscience) EAGE. 9-13 сентября.
2. Граждане Франции **Орельен Брюде, Жан-Батист Каир и Яннис Лафон**, а также гражданка Швейцарии **Мартина Ландо**, студенты Университета Страсбурга (Франция), приезжали с 24 июня по 29 июля. Они прошли учебную практику по геофизическим методам в Калужской области.
3. **Доц. Большаков** выезжал в г. Душанбе (Таджикистан) для чтения лекций и проведения практических занятий в филиале МГУ.
4. Трое студентов кафедры при финансовой поддержке ООО «Северо-Запад» выезжали в **Боливию** для прохождения производственной практики.
5. Под руководством проф. **Модина И.Н.** сотрудники и аспиранты кафедры принимали участие в совместном проекте-гранте (Германия (Тюбингенский университет), Россия (РАН+МГУ) и Казахстан (Кзыл-Ординский университет) по археологической геофизике на памятнике Джанкент.

РАЗДЕЛ 7.

Мероприятия, организованные кафедрой геофизических методов исследования земной коры, и научные конференции, в которых сотрудники кафедры принимали участие в качестве членов организационных и программных комитетов.

Сотрудниками кафедры геофизических методов исследования земной коры геофизических методов исследования земной коры в 2018 г. были организованы несколько мероприятий по проведению научных экспедиций, учебно-научных школ-семинаров и открытых конкурсов на лучшую НИР студентов:

- **30 июля 2018 - 12 августа 2018.** Проведение полевых исследований вдоль регионального профиля «Кириши-Подпорожье» (180км) методами МТЗ и ГМТЗ. Экспедиция, 19 участников. организаторы: Кафедра геофизических методов исследования земной коры, Лаборатория комплексной интерпретации геофизических данных, место проведения: профиль "Кириши-Подпорожье".
- **7 июля 2018 - 10 июля 2018.** Полевая школа-семинар «Трещиноватые коллекторы: Инновационные комплексные исследования». Экспедиция, 50 участников, организаторы: Кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, Кафедра геофизических методов исследования земной коры, Кафедра динамической геологии, место проведения: г. Севастополь, Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополь.
- **24 июня 2018 - 30 июля 2018** VIII летняя школа по разведочной геофизике для студентов Страсбургского университета (Франция). Летняя учебная школа, 20 участников, организаторы: Кафедра геофизических методов исследования земной коры, Лаборатория комплексной интерпретации геофизических данных, место проведения: Калужская обл., д. Александровка, Учебно-научная база геологического факультета МГУ.
- **17 мая 2018** Гравиметрический и магнитометрический семинар, посвященный памяти В.Р. Мелихова. 20 участников, организатор: Кафедра геофизических методов исследования земной коры, место проведения: Москва, геологический факультет МГУ
- **11 апреля 2018** XXV Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных "Ломоносов-2018", секции «Геология», Подсекция «Геофизические методы исследований земной коры», Открытый конкурс на лучшую НИР студентов, 35 участников. Организаторы: Кафедра геофизических методов исследования земной коры, место проведения: Москва, геологический факультет МГУ.
- **25 января 2018 - 3 февраля 2018** ЗИМНЯЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА В АЛЕКСАНДРОВКЕ. 25.01. – 03.02 2018 Экспедиция, 59 участников. Организаторы: Кафедра геофизических методов исследования земной коры, Лаборатория комплексной интерпретации геофизических данных, ООО «Северо-Запад». Место проведения: Калужская обл., д. Александровка, Учебно-научная база геологического факультета МГУ.
- **5 апреля 2018** Московская студенческая конференция "День научного творчества - 2017" Геологический факультет МГУ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Основные результаты научно-исследовательской работы сотрудников кафедры геофизических методов исследования земной коры в 2018 г. можно сформулировать следующим образом:

1. **В лаборатории гравиразведки** выполнены оценка и анализ обоснованности программы геофизических исследований Нижне-Канского массива для получения пространственной и количественной оценки линеаментных структур и выделения зон повышенной трещиноватости. В рамках сотрудничества с ПАО «Газпром Нефть» оценены перспективы применения методов потенциальных полей и геохимической разведки для поиска и разведки месторождений нефти и газа (совместно с **лабораторией магниторазведки, электроразведки**, кафедрой горючих и полезных ископаемых). Выполнена комплексная интерпретация гравиметрических и магнитометрических данных морских съемок на Медынско-Варандейском и Западно-Матвеевском лицензионных участках в Печорском море. Проведены полевые комплексные геофизические исследования на Альбановском лицензионном участке недр (Интерпретация гравиметрических и магнитометрических данных). Выполнен супервайзинг аэромагнитных работ с использованием беспилотного летательного аппарата (совместно с **лабораторией магниторазведки**). В рамках выполнения гранта РФФИ «Тектоносфера подводных поднятий Индийского океана по геофизическим данным» (рук. проф. А.А. Булычев) проведено изучение строения тектоносферы поднятий центрального сектора Индийского океана.

2. **В лаборатории магниторазведки:** 1). Развивается новое направление в геофизических методах исследования земной коры – агрогеофизика. По результатам проведенных научно-практических исследований разработана методика изучения магнитных свойств почвенных разрезов в лабораторных условиях и в их естественном залегании; по результатам построения магнитных моделей разнотипных почвенных разрезов дано научное обоснование для практического применения магнитных съемок при изучении почв; 2). Был проведен анализ спутниковых гравитационных и магнитных данных, который позволил уточнить геолого-тектоническое строение изучаемой территории Ладожской аномалии электропроводности; 3). Выполнены исследования геодинамики платформенных территорий по результатам сейсмо-экологического мониторинга.

3. **В лаборатории геоэлектрики:** 1). Проведены комплексные геолого-геофизические исследования на аномалии «Козловка» (Калужская область) в рамках темы «Применение метода вызванной поляризации при изучении природы слабомагнитных объектов»; 2). Завершена интерпретация глубинных магнитотеллурических зондирований, выполненных в пределах северо-западного склона Воронежского кристаллического массива в рамках международного проекта KIROVOGRAD. Построена геоэлектрическая модель литосферы, уточнены границы Барятинской и Курской коровых аномалий, их глубинное строение и связь с хорошо изученными ранее областями высокой электропроводности Украинского щита; 3). Разработана методика применения метода многочастотной вызванной поляризации при поисках и оценке месторождений песчано-гравийных смесей (ПГС); 4). В рамках работ по гранту РФФИ 16-05-00543А «Комплексная геофизическая модель области Ладожской аномалии электропроводности и ее геолого-тектоническая интерпретация» были выполнены полевые работы по региональному профилю «Кириши-Подпорожье» (180км) методами МТЗ и ГМТЗ, представлены результаты построения комплексной геоэлектрической модели; 5). В рамках гранта РФФИ 18-05-0733 «Глубинное строение

зоны тройного сочленения сегментов Восточно-Европейской платформы по магнитотеллурическим и сейсмологическим данным» проведены глубинные МТ зондирования на западе Смоленской области и на востоке Белоруссии.

4. Сотрудники **лаборатории инженерной и технической геофизики**: 1). Принимали участие в гранте географического факультета. Цель работ: изучение палеодолин и палеорусел великих русских рек - Камы, Волги и Днепра. В результате выполненных исследований были определены участки с наиболее развитыми разрезами четвертичных отложений и рекомендованы точки для постановки скважин геологического бурения; 2). Осуществляли исследования в рамках совместного международного проекта-гранта Германия (Тюбингенский университет), Россия (РАН+МГУ) и Казахстан (Кзыл-Ординский университет) по археологической геофизике на памятнике Джанкент. Были получены уникальные результаты, позволившие уточнить строение фортификационных сооружений, таких как стены города, башни и т.д.; 3). Также были проведены геофизические исследования археологических объектов на территории России по совместным проектам с институтом археологии РАН: в г. Ярославле, в республике Крым, а также окрестностях г. Суздаль; 4). Выполнены исследования по распознаванию аномалий естественного электрического поля (ЕП) диффузионно-адсорбционного происхождения; 5). Развивается методика многосегментной электротомографии. Показано, что многосегментная методика электротомографии позволяет при высокой плотности данных, характерной для метода в целом, достигать значительно большей глубинности исследований по сравнению со стандартной двухсегментной методикой.

5. Продолжались научные исследования в Геофизической обсерватории учебно-научного полигона «Александровка»: проведена реконструкция датчиков системы наблюдений вариаций электрического поля Земли; установлены новые приемные линии (Ех, Еу) длиной 100м с защитой кабеля кожухом, смонтированы боксы на концах линий (для возможности оперативной замены электродов); установлено оборудование для передачи данных в режиме «on-line» по каналам GSM сетей. В области геофизических исследований в скважинах осуществлялась разработка и внедрение в практику работ на учебной скважине МГУ цифрового каротажного комплекса. Также рассматривались вопросы комплексной интерпретации данных применительно к задачам гидрогеологии и оценки ОВ в породе.

По результатам научных исследований сотрудниками и аспирантами кафедры геофизических методов исследования земной коры защищены три кандидатские диссертации, причем одна из них впервые защищалась на физическом факультете МГУ. Написаны и изданы: 3 монографии, 7 учебных пособий, 23 научные статьи в журналах (из них – в российских журналах из списка РИНЦ -14, в иностранных журналах – 5, в изданиях из списков WoS или Scopus – 9, в журналах из списка RSCI WoS - 11. Опубликовано 20 статей в сборниках и 23 тезисов докладов, сделано 45 докладов на конференциях различного уровня. Выполнены научно-исследовательские работы по 9 хоздоговорам, 1 гранту РФФИ (МГУ) и 2 грантам РФФИ (ИФЗ РАН). Объем дополнительного финансирования по грантам и договорам составил 10 645 т.р. Сотрудники подразделения организовали или приняли участие в организации 8 конференций различного уровня. Четверо иностранных специалистов из Университета Страсбурга, Франция прошли стажировку в подразделении. Шесть сотрудников кафедры являются членами зарубежных научных сообществ, 10 – членами редколлегии реферируемых журналов. Двое сотрудников кафедры удостоены почетных наград Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Доцент Золотая Л.А. награждена нагрудным знаком "Отличник разведки недр", а профессор Булычев А.А. – нагрудным знаком "Почетный разведчик недр".

6. За счет **внебюджетного финансирования (спонсорские средства ООО «Северо-Запад» и личные средства сотрудников)** общей суммой более 3200 тыс. руб.: обеспечено проведение летней и зимней практик на учебно-научной базе им. В.К. Хмелевского в д. Александровка, обеспечено участие 5 стажеров (студентов и аспирантов) в Практике по гравиразведке и магниторазведке для студентов 209 и 210 учебных групп; частично отремонтирована аудитория Ц-54 (заменены окна, демонтированы металлические панели, выполнена черновая отделка стен), приобретены оборудование и мебель в ауд. 308 в главном здании МГУ.