

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор Департамента  
государственной политики и регулирования  
в области геологии и недропользования  
Минприроды России



*[Signature]*  
А.В. Орёл  
18 декабря 2015 г.

**СОГЛАСОВАНО**



Директор  
Геологоразведка»  
В.В. Шиманский  
18 декабря 2015 г.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Научно-методического Совета  
по геолого-геофизическим технологиям поисков и разведки  
твердых полезных ископаемых (НМС ГГТ) Минприроды России  
18 декабря 2014 г.  
(89-я сессия)

Председатель Научно-методического  
совета ГГТ Минприроды России

*[Signature]*

В.П. Кальварская

Санкт-Петербург

Санкт-Петербург

Очередная (89-я) сессия Научно-методического совета по геолого-геофизическим технологиям поисков и разведки месторождений полезных ископаемых (НМС ГГТ) Минприроды России по тематике «**Современные геолого-геофизические технологии при геологическом изучении земных недр, в инженерной геологии и экологии**», состоялась 18 декабря 2014 г. на базе ФГУНПП «Геологоразведка» (Санкт–Петербург).

В составе сессии были рассмотрены

#### **1. Доклады**

**1.1. Геофизическое оборудование и программное обеспечение, выпускаемое ФГУНПП «Геологоразведка». Состояние. Перспективы** (ФГУНПП «Геологоразведка», Санкт-Петербург).

Автор и докладчик – В.И. Игнатъев, начальник ОПГТ ФГУНПП «Геологоразведка».

**1.2. Георадиолокация в условиях вечной мерзлоты при решении инженерно-геологических задач** (НМСУ «Горный», СПбГУ, Санкт-Петербург). Авторы: В.В. Глазунов, С.С. Крылов, Д.А. Лаломов.

Докладчик – Д.А. Лаломов, аспирант НМСУ «Горный».

**1.3. Опыт применения георадара для исследования водозащитных целиков в выработках (на примере Анастасово-Порецкого гипсово-ангидритового месторождения)** (ООО «ФРОНТ Геология», Нижний-Новгород).

Автор и докладчик – С.В. Шакуро, генеральный директор ООО «ФРОНТ Геология».

**1.4. Оценка макроанизотропии горизонтально слоистых разрезов по данным метода радиоманнитотеллурических зондирований с контролируемым источником** (СПбГУ, Санкт-Петербург). Авторы: А.А. Шлыков, А.К. Сараев.

Докладчик – А.А. Шлыков, инженер-исследователь СПбГУ.

**1.5. Автономные донные станции и плавучие платформы с гидрофонами на основе анизотропных одномодовых оптических волокон для подледных морских сейсмических работ на углеводороды на арктическом шельфе** (НИУ ИТМО, Санкт-Петербург, ОАО «МАГЭ», Мурманск). Авторы: И.К. Мешковский, А.В. Куликов, С.П. Павлов.

Докладчики: И.К. Мешковский, профессор НИУ ИТМО, д.ф.-м.н., А.В. Куликов, заведующий лабораторией СФ НИУ ИТМО, к.т.н.

**1.6. Предвестники горных ударов в массивах горных пород по данным детального сейсмического каталога** (ИГФ УрО РАН, Екатеринбург). Авторы: О.А. Хачай, О.Ю. Хачай.

Докладчик – О.А. Хачай, ведущий научный сотрудник ИГФ УрО РАН, д.ф.-м.н.

**1.7. Мониторинг экологических рисков на территории Коркинского угольного разреза** (ОАО «ВНИМИ», Санкт-Петербург).

Автор и докладчик – С.Н. Мулев, заведующий лабораторией ОАО «ВНИМИ».

**1.8. Комплекс геофизических методов для обнаружения утраченных радиоизотопных термоэлектрических генераторов** (ООО «ТехноТерра», Санкт-Петербург). Авторы: А.Ю. Елисеев, В.В. Решетов.

Докладчик – А.Ю. Елисеев, начальник партии ООО «ТехноТерра».

В работе 89 сессии Совета приняли участие 45 специалистов из 22 организаций, из них докторов наук – 9, кандидатов – 13. В числе присутствующих членов Совета – 25 (приложение 1)

Тематика 89 сессии Научно-методического совета по геолого-геофизическим технологиям поисков и разведки месторождений полезных ископаемых (НМС ГГТ) Минприроды России формировалась с учетом ряда превходящих факторов<sup>\*)</sup>, в их числе

– действующие отраслевые Федеральные программы до 2020 – 2030 гг.;

– задачи сегодняшнего дня, выдвинутые руководством страны и отрасли, включая послание Президента В.В. Путина, на ближайшие 3–5 лет на различных форумах и встречах, проведенных в 2014 году [приложение 10, п.п. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] в области технико-технологического обеспечения геологоразведочных работ, инженерных изысканий, геоэкологии – по защите объектов и сооружений от природных и антропогенных процессов, в том числе в области радиоактивного заражения [А.Н. Дмитриевский, С.Е. Донской; А.Ф. Морозов, В.А. Пак, Р.С. Панов, В.В. Путин, Д.Г. Храмов];

– разработки, выполняемые организациями, коллективами и отдельными авторами, нацеленными на создание и внедрение современных геолого-геофизических технологий отраслевого значения, требующие экспертной оценки НМС, согласно действующего положения Совета (положение о НМС ГГТ МПР России, утвержденное приказом МПР России от 15.05.97 г. № 74);

– работы молодых специалистов – Победителей молодежного конкурса–конференции «Геофизика-2013», доклады которых были рекомендованы к заслушиванию на НМС в 2014 г.

В итоге на 89 сессии были рассмотрены и обсуждены 8 разработок отраслевого значения.

## **1. Доклады**

**1.1.** Первый доклад, посвященный техническому обеспечению геофизических работ, характеризует деятельность ФГУНПП «Геологоразведка», начало которой относится к 1931 г. Созданное более 80 лет назад предприятие было флагманом отечественного геофизического приборостроения, специализированным в организации, разработке и серийном выпуске отечественной геофизической аппаратуры и оборудования. К настоящему времени им выпущено более 30000 единиц серийной и около 5500 образцов опытной продукции для технического обеспечения магниторазведочных, гравиметрических, радиометрических, электроразведочных, сейсморазведочных и других видов геофизических и геологических исследований в составе геологоразведочных работ.

В 2003 г., в результате объединения в составе предприятия ФГУНПП «Геологоразведка», ВИРГа, ВИТРа и завода геофизического приборостроения (приказ от 19.02.2003г. № 124 Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации) была значительно расширена номенклатура технической продукции и усилена важнейшая научно-исследовательская тематика по экспериментально-теоретическому и методическому обоснованию разработок и обоснован прогноз по технико-технологическому развитию и обеспечению отрасли на перспективу.

В 2004–2012 г. в связи с резким сокращением объемов геологоразведочных работ по отрасли предприятие перешло на выпуск опытных образцов продукции, по количеству, соответствующему с потребностями потребителей.

Ситуацию сегодняшнего дня в определенной степени позволяют оценить материалы 2014 г., представленные в докладе начальника опытного производства предприятия В.И. Игнатьева (приложение 2).

В 2014 году отдел производства геофизической техники поставил потребителям около 60 новых комплектов геофизической аппаратуры и оборудования. Особым спросом пользовались протонные оверхаузеровские магнитометры МИНИМАГ-М, пешеходные и скважинные радиометры СРП-97/СРП-97К.

---

<sup>\*)</sup> Перечень использованных материалов представлен в Приложении 10

Одновременно была проведена модернизация самого популярного в России пешеходного протонного оверхаузеровского магнитометра МИНИМАГ-М, который получил индекс «v.2014». Совместно с компанией-партнером ООО «ГЕОДЕВАЙС» пользователям был предложен программный продукт MagGPS, который позволил значительно ускорить и упростить обработку полевых магниторазведочных данных, выполнить быструю координатную привязку (в т.ч. и по ГЛОНАСС/GPS), реализовать контроль качества и статистический анализ данных. В настоящее время ведется ряд разработок с целью выпуска нового пешеходного радиометра СРП-15 и глубоко модернизированного магнитометра МИНИМАГ-М. Новое оборудование будет отличаться большей компактностью и лучшей защищенностью, наличием современных цифровых интерфейсов, увеличенным размером внутренней памяти и встроенным ГЛОНАСС/GPS приемником для определения координат в точке наблюдения.

По результатам обсуждения материалов доклада (В.М. Каулио, В.К. Поликарпов, А.К. Сараев, А.И. Иванов, Е.С. Лаврентьева, А.С. Черников, Ю.Г. Товстенко, А.П. Савицкий, М.П. Кашкевич)

***НМС отмечает:***

- Доклад В.И. Игнатьева позволяет судить о современном состоянии на предприятии ФГУНПП «Геологоразведка» по выпуску продукции технического обеспечения геофизических исследований в составе ГРР.

- Заслуживает внимания реализуемый на предприятии гибкий индивидуальный подход поставщика продукции в общении с пользователем при внедрении разработок, следствием которого являются

- модернизация выпускаемой продукции в соответствии с требованиями времени;
- разработка программного обеспечения, позволяющего упростить обработку данных и осуществлять контроль за качеством измерений;
- разработка новых модификаций аппаратуры и оборудования.

- Одновременно НМС поддерживает основной тезис, сформулированный ОАО «Росгеология» по вопросу минимизации импортозависимости в техническом обеспечении геофизических исследований и наращиванию российского экспортного потенциала, для чего имеются достаточные возможности, но для их реализации необходим комплекс мер государственной поддержки и стимулирования отечественных производителей [Панов, 2014].

Представляется что предприятие «Геологоразведка» готово участвовать в процессе минимизации технико-технологической импортозависимости отрасли и наращивания российского экспортного потенциала.

***НМС рекомендует:***

1. Информацию о геофизической аппаратуре и программном обеспечении ФГУНПП «Геологоразведка» принять к сведению и использованию.

2. Материалы доклада подготовить к публикации, дополнив их систематизированными данными о потребности технической продукции, планами выпуска ФГУ НПП «Геологоразведка» в 2015–16 гг. и детализацией задач по импортозамещению и экспортному потенциалу предприятия, а также проблемам, сдерживающим реализацию перспектив.

3. Сформировать Требования к геофизическим разработкам, размещение которых для выпуска опытных серий планируется на предприятии «Геологоразведка».

**1.2.** В докладе Д.А. Лаломова (НМСУ «Горный», СПбГУ), рассмотрены возможности георадиолокации при решении инженерно-геологических задач в условиях вечной мерзлоты (приложении 3).

Круг задач, решаемых георадиолокацией в многолетнемерзлых породах (ММП), весьма широк и многообразен. Это криологические задачи, такие как определение границ ММП, льдистости и криогенного строения, поиск пластового и жильного льда, криопеггов и таликов; исследование геоморфологических объектов - бугров пучения, термокарста, полигональных

структур; криосолифлюкции, влажности сезонно-талого слоя (СТС). Эти методы могут использоваться и в геотехнических целях для контроля состояния насыпей, техногенных таликов, фундаментов, мерзлотных завес, сезонно-охлаждающих устройства (СОУ) и т.п.

Особое внимание в докладе уделено результатам исследования насыпных оснований при строительстве промышленных объектов на полуострове Ямал и Гдынском полуострове. Анализируются возможности георадаров при решении таких малоглубинных задач, как поиск повторно-жильного льда, пластового льда и ледогрунта.

Отмечается низкая эффективность георадарных работ в районах арктического побережья, где распространены мерзлые суглинистые породы.

Пробуренные на исследованных участках инженерно-геологические скважины позволяют не только заверить результаты геофизической съемки, но и получить дополнительную информацию на основе исследования физических свойств отобранных образцов пород. Особо следует отметить значимость георадарных работ в производственных целях: при необходимости решения геотехнических задач по контролю состояния техногенных объектов и при инженерных изысканиях в условиях многолетнемерзлых пород.

Авторами собран значительный по объему и уникальности полевой материал, включающий не только результаты георадарных работ, но и данные электротомографии и зондирований становлением поля в ближней зоне. Вместе с тем, накопленный к настоящему времени опыт проведения георадарных работ на мерзлоте нуждается в обобщении и осмыслении. Необходимо решение широкого круга научных задач, связанных с теорией распространения электромагнитных волн в случайно-неоднородных средах, проведение математического и физического моделирования, организация качественных исследований электрических свойств естественных пород на образцах.

По результатам рассмотрения материалов доклада (А.Н. Телегин, А.К. Сараев, А.А. Шлыков, А.П. Савицкий, И.М. Хайкович)

***НМС отмечает:***

- Несмотря на значительные теоретические и практические трудности, возникающие в настоящее время при проведении георадарных исследований на Крайнем Севере, такие работы сегодня весьма востребованы в связи с активным освоением Арктической Зоны РФ.

- К актуализированному направлению исследований в области георадиолокации следует отнести разработку Методических рекомендаций (МР) по применению георадиолокации при решении инженерно-геологических задач в условиях мерзлоты.

***НМС рекомендует:***

1 Работы по георадиолокации в условиях вечной мерзлоты, выполняемые СПбГУ совместно с НМСУ «Горный», одобрить.

2. Материалы доклада использовать в курсах лекций вузов соответствующего назначения.

3. Развитие работ по направлению связать с экспериментально-теоретическими исследованиями в области решения задач по распространению электромагнитных волн в неоднородных средах, математического и физического моделирования, определений физических свойств на образцах.

4. Составить МР по применению георадиолокации для решения инженерно-геологических задач в условиях вечной мерзлоты.

**1.3.** В докладе С.В. Шакуро (ООО «Фронт Геология») представлены материалы, характеризующие эффективность геофизики на базе георадара при исследовании водозащитных целиков в условиях гипсово-ангидритового месторождения (приложение 4).

Объектом проведения работ явилось Анастасово-Порецкое гипсово-ангидритовое месторождение (Поволжье), приуроченное к сакмарским отложениям нижней перми.

На месторождении существует острая необходимость в постоянном контроле мощности водоохраных целиков в почве и кровле выработок, во избежание возможных протечек и обрушений.

В 2012 г. силами ООО «Фронт Геология» на объекте были выполнены в несколько этапов геофизические исследования комплексом методов, включая электротомографию, электротондирование, георадиолокацию с сопровождением работ экспериментами по выбору рабочей частоты, направленности антенны и пр.

В итоге разработана методика работ и техника измерений, необходимые для обеспечения возможности выполнения оперативного контроля мощности остаточных водоохранных целиков штатным персоналом рудника и использования полученных результатов для обоснования эксплуатационных потерь гипса.

На основе рассмотрения материалов доклада (С.С. Крылов, А.Н. Телегин, Ю.Г. Товстенко, А.П. Савицкий)

***НМС отмечает:***

- Комплекс геофизических исследований на Анастасово-Порецком гипсово-ангидритовом месторождении выполнен ООО «Фронт Геология» достаточно профессионально, оптимизирован, эффективен для решения поставленной задачи – исследование водо-защитных целиков в выработках.

В целях повышения достоверности результатов, а также для упрощения работ, целесообразно

- Дополнить разработку сопроводительной документацией по технике и методике работ.
- Для производственного использования разработанных методики и технико-технологических приемов материалы доклада следует представить в виде Методических рекомендаций (МР) по применению метода георадиолокации на Анастасово-Порецком месторождении.

***НМС рекомендует:***

1. Разработать ООО «ФРОНТ Геология» Методические рекомендации по применению метода георадиолокации на Анастасово-Порецком месторождении с целью широкого практического внедрения выполненной разработки на большинстве гипсово-ангидритовых месторождениях Поволжья.

2. Представить Методические рекомендации на рассмотрение НМС ГГТ Минприроды РФ в 2015–16 гг.

**1.4.** В докладе СПбГУ, представленном А.А. Шлыковым и А.К. Сараевым, показаны возможности применения метода радиоманнитотеллурических зондирований с контролируемым источником при изучении макроанизотропных горизонтально слоистых разрезов (Приложение 5).

Метод радиоманнитотеллурических (РМТ) зондирований основан на измерении электромагнитного (ЭМ) поля широкополосных радиостанций в диапазоне частот от 10 до 250–1000 кГц [Tezkan, 2008]. Эффективность этого метода в удаленных регионах (например, районы Крайнего Севера) ограничена наличием сигналов только немногих мощных СДВ радиостанций, рабочие частоты которых сосредоточены в узком диапазоне (10–30 кГц). В этом случае возможно лишь профилирование на одной-двух частотах и информативность метода резко снижается. Для подобных условий разработан метод радиоманнитотеллурических зондирований с собственным (контролируемым) источником – РМТ-К. В методе РМТ-К используется в качестве источника ЭМ поля как горизонтальный магнитный диполь [Bastani, 2001], так и горизонтальный электрический диполь [Simakov et al., 2010]. Применение контролируемого источника позволяет расширить частотный диапазон зондирований в сторону низких частот до 1 кГц, что повышает глубину исследования в 2–3 раза. Измерения методом РМТ-К как правило проводятся в дальней зоне источника, что позволяет применять хорошо разработанные методики и программные средства обработки и инверсии данных МТ зондирований.

Авторами разработаны методика и алгоритм анизотропной 1D инверсии данных метода РМТ-К (поверхностного импеданса  $Z_{xy}=E_x/H_y$  и типпера  $T_{zy}=H_z/H_y$ ), измеренных в промежуточной зоне заземленного кабеля, позволяющие получить более достоверную информацию о

горизонтально-слоистом макроанизотропном геоэлектрическом разрезе и оценить коэффициенты макроанизотропии соответствующих слоев. Ценность разработанного алгоритма и методики заключается в том, что при использовании данных метода РМТ-К нет необходимости проводить дополнительные измерения другим методом, как, например, в случае комплекса ВЭЗ-ЗСБ, что значительно снижает трудозатраты.

В зарубежной практике подобные алгоритмы применяются только для морских низкочастотных электромагнитных исследований, ориентированных на поиски и разведку углеводородов. Разработанный авторами алгоритм применим и для высокочастотного случая (учитываются токи смещения в земле и в воздухе). Это позволяет применять данный алгоритм для решения инженерно-геологических, гидрогеологических и экологических задач.

По результатам обсуждения материалов доклада (С.С. Крылов, С.Н. Мулев, Ю.Г. Товстенко, В.П. Кальварская, М.Л. Верба, А.К. Сараев).

***НМС отмечает:***

- Метод радиоманнителлурических зондирований с контролируемым источником в виде горизонтального электрического диполя (заземленного кабеля) позволяет, без привлечения дополнительных геоэлектрических исследований оценить наличие макроанизотропных горизонтов в разрезе и дать их количественную характеристику (мощность, горизонтальное и вертикальное удельное сопротивление). В сравнении с комплексом ВЭЗ-ЗСБ метод РМТ-К позволяет значительно снизить трудозатраты на исследование макроанизотропных сред.

- Разработанный авторами алгоритм анизотропной инверсии дает возможность более точно оценить мощности макроанизотропных слоев и определить их коэффициенты макроанизотропии.

***НМС рекомендует:***

1. Разработанную методику радиоманнителлурических зондирований, включая алгоритмы обработки и интерпретации данных, рекомендовать к практическому использованию.

2. Для более широкого внедрения разработки по материалам, представленным в докладе, подготовить Методические рекомендации (МР), рассмотрение которых возможно НМС ГГТ в 2016–17 гг.

**1.5.** Доклад И.К. Мешковского, А.В. Куликова (Университет ИТМО) и С.П. Павлова (ОАО «МАГЭ») обращает внимание на применение одномодовых анизотропных оптических волокон в донных станциях и плавучих платформах, предназначенных для подледных морских сейсмических работ на углеводороды (приложение 6).

К вопросу использования волоконной оптики в геофизической аппаратуре и оборудовании в качестве измерительных систем (ВОИС), для регистрации сверхслабых сейсмических событий, для решения задач 3D, 4D сейсмического моделирования и пр. НМС в высшие инстанции обращался неоднократно, начиная с 2001 г. Цель состояла в значительном повышении на этой основе геологической и экономической эффективности геофизических исследований, особенно в области сейсморазведки.

Доклады по научному заделу этого направления представлялись на заседаниях Совета от НПП ООО «Аква» (Мурманск), ГОИ им. ак. С.И. Вавилова (Санкт-Петербург), ОАО «МАГЭ» (Мурманск), ОАО КБ «Импульс» (Арзамас) и др.

Вместе с тем, решения НМС о необходимости развития применения волоконной оптики в геофизике, представляемые в составе Заключений Совета и утверждаемые Министерством, реализации не достигали.

В последнее десятилетие появилось за рубежом большое количество публикаций по этой тематике, отражающих не только разработку, но и внедрение волоконно-оптических систем измерений, в частности: при мониторинге продуктивных пластов в нефтегазовой сфере, при сборе сейсмических данных, вертикальном сейсмическом профилировании и пр. [Распределенное волоконно-оптическое измерение в нефтегазовой сфере в 2014–2024 гг., 2014].

На настоящем заседании члены Совета с удовлетворением ознакомились с опытом работ ОАО «МАГЭ» и Университета ИТМО по указанной тематике.

По результатам обсуждения (М.Л. Верба, В.С. Цирель, А.Ю. Елисеев, В.П. Кальварская, Б.А. Яшин, И.К. Мешковский, А.Н. Телегин, Г.И. Иванов, Б.Н. Севастьянов, Е.Г. Жемчужников)

***НМС отмечает:***

- Создан действующий макет донной сейсмической станции с волоконно-оптическим гидрофоном на основе анизотропных одномодовых оптических волокон с брэгговскими решетки и геофоном на базе трехкоординатного микромеханического малошумящего акселерометра. В действующем макете донной сейсмической станции использованы упомянутые элементы.

- Разработан проект создания автономных платформ для построения подледных плавучих измерительных кос с волоконно-оптическими гидрофонами. Коса позволит производить подледные гидроакустические геофизические исследования на нефть и природный газ, в том числе на арктическом шельфе.

***НМС рекомендует:***

1. Направление работ ОАО «МАГЭ» и Университета ИТМО в области создания донных станций и подледных сейсмических кос на базе волоконно-оптических систем признать инновационным и целесообразным, особенно для подледных исследований на углеводороды в условиях арктических шельфов.

2. Министерству природных ресурсов и экологии содействовать развитию тематики по внедрению действующих элементов разрабатываемых волоконно-оптических систем (гидрофоны, измерительные косы и др.) в практику морских работ для решения проблем импортозамещения, что особенно важно при исследованиях на арктическом шельфе и в геоэкологическом мониторинге.

3. Развитие направления по созданию платформы сопроводить сравнительной оценкой возможностей современной морской сейсморазведки с предложенными разработками и результатами экспериментальных работ по оценке измеряемых величин, с использованием аксельметра, в том числе в геоэкологическом мониторинге.

4. Материалы доклада целесообразно опубликовать.

**1.6.** Доклад О.А. Хачай (ИГФ УрО РАН) содержит материалы, позволяющие оценить по сейсмологической информации возможность опасных явлений в рудных шахтах под воздействием горных ударов (приложение 7).

Представленная разработка является развитием исследований, начатых организацией в 2005 году совместно с ИГД УрО РАН и ИГД СО РАН применительно к освоению крупных и суперкрупных магнетитовых месторождений (Таштагольский рудник, Естюнинская шахта).

Авторами разработки на сегодняшний день

- Разработан новый алгоритм обработки сейсмологической информации детального шахтного каталога Таштагольского рудника с учетом кинематических и динамических характеристик деформационных волн, распространяющихся с разными скоростями в массиве горных пород, находящихся под интенсивным внешним воздействием в виде массовых или технологических взрывов.

- Установлено, что волны, распространяющиеся со скоростями от 10 до 1 м/час, являются преимущественным переносчиком энергии в массиве, способствуют ее выделению.

- Показано, что события, происходящие в массиве с этими скоростями и обладающие энергией выделения больше, чем  $10^4$  джоуля, могут быть использованы как предвестники, которые рекомендуется принимать во внимание при корректировке проведения взрывов в той или иной части массива.

С помощью метода фазовых диаграмм проанализирована динамическая структура энерговыделения массивом во время событий с энергией  $10^6$ - $10^7$  и более джоулей. Показано,



что высокоэнергетическое выделение массивом происходит резонансно, спустя несколько суток после произведения взрыва.

По результатам рассмотрения материалов доклада ИГФ УрО РАН (М.Л. Верба, В.К. Поликарпов, С.Н. Мулев, В.П. Кальварская)

***НМС отмечает:***

- Полученная комплексная информация из данных сейсмологического каталога является важной для прогноза опасных явлений в рудных шахтах и принятия технологических решений для ослабления разрушительных последствий от горных ударов.

- В силу необходимости повышения экологической безопасности на объектах, находящихся под воздействием массовых взрывов, вопросы прогноза опасных явлений в рудных шахтах не теряют своей актуальности, что прямо относится к разработке, выполненной в институте геофизики УрО РАН.

- Вместе с тем, возможность практического применения полученных результатов из-за отсутствия нормативных документов по направлению (МР, МУ и др.) ограничивается только опытным внедрением при научно-методическом сопровождении разработчиков, что представляется недостаточным.

***НМС рекомендует:***

1. Обратить внимание ИГФ УрО РАН на необходимость разработки методического пособия в области прогноза и геофизического мониторинга опасных явлений в рудных шахтах, обусловленных технологическими взрывами, для повышения экологической безопасности горнодобычных работ.

2. В составе МР предусмотреть, по возможности, реализацию рекомендаций НМС по докладу О.А. Хачай, на 79 сессии НМС в 2011 г. (Заключение НМС от 30.11-1.12.2011 г.).

**1.7.** В докладе С.Н. Мулева ОАО «ВНИМИ» представлен комплекс исследований, необходимый для прогноза опасных деформаций, планирования и реализации мероприятий по предупреждению экологических рисков в условиях угольного разреза (приложение 8).

Об экологических рисках на угольных карьерах судят, как правило, по устойчивости бортов разреза, отслеживая их напряженно-деформированное состояние по данным мониторинга, включающего инструментальные и геофизические наблюдения.

В докладе применительно к угольному карьере «Коркинский» и прилегающих к нему территорий представлены данные по оценке устойчивости бортов разреза с учетом геомеханической и сейсмической обстановки. Показана карта прогноза зон опасных деформаций для зданий и сооружений, расположенных вблизи разреза.

В 2013 году, на Коркинском разрезе были организованы сейсмические наблюдения. Этот вид мониторинга направлен на обеспечение непрерывного контроля за проявлением деформаций бортов карьера в виде сейсмических событий различной энергии, природа которых может быть связана с активизацией оползневых процессов, изменением гидростатических давлений, природными тектоническими подвижками.

Было зафиксировано незначительное количество событий в районе южного оползня (6 соб.). Энергия событий до 300 Дж. Это уровень энергии, который фиксируется только высокоточными приборами и свидетельствует о плавном движении участков борта. Тем не менее даже незначительные сейсмические события являются показателем наличия структурных неоднородностей в массиве, способных накапливать упругую энергию с последующим ее сбросом в виде динамических подвижек.

По результатам обсуждения материалов доклада (М.Л. Верба, В.К. Поликарпов, О.А. Хачай, Г.И. Иванов)

***НМС отмечает:***

- Для обоснования инженерных мероприятий по управлению напряженным состоянием массива горных пород, наряду с указанными видами мониторинга, необходима организация наблюдений за режимом подземных вод, т.е. система гидрогеологического мониторинга, как индикатора развития гидрогеомеханических процессов.

- Обязательной составляющей разрабатываемых угольных месторождений в целях реализации безопасности производимых работ и народонаселения на прилегающих территориях должна быть Система комплексного мониторинга, включающая в себя инструментально-макшейдерские и геофизические наблюдения.

- Разработка подобных систем применительно к конкретным условиям их использования и внедрения является предметом научно-конструкторских и научно-методических исследований, а также опытно-методических работ ОАО «ВНИМИ».

***НМС рекомендует:***

1. Информацию, представленную в докладе ОАО «ВНИМИ», принять к сведению и практическому использованию.

**1.8.** Доклад А.Ю. Елисеева и В.В. Решетова (ООО «ТехноТерра») знакомит аудиторию с возможностями применения комплекса геофизических методов для обнаружения утраченных радиоизотопных термоэлектрических генераторов (приложение 9).

Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ), преобразующие тепловую энергию радиоизотопного источника  $^{90}\text{Sr}$  в электрическую, применялись в труднодоступных районах для обеспечения морских и речных навигационных знаков. За время эксплуатации часть РИТЭГов, в которых в качестве источника использовался стронций-90, была утрачена. Разработка методики поиска утерянных радиоизотопных источников осуществляется по тематике в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и период до 2015года».

В ООО «ТехноТерра» с целью решения поставленной задачи был разработан и успешно реализован комплекс геофизических методов, учитывающий

- технические характеристики искомых РИТЭГ;
- исходное местоположение генераторов;
- обстоятельства утраты;
- геологическое строение верхней части разреза и другие факторы.

В состав геофизического комплекса входили следующие методы: георадиолокационное подповерхностное зондирование; детальные магниторазведочные работы, радиометрическая съемка детального масштаба.

В результате проведенных исследований с применением различных модификаций из состава выбранного комплекса методов обеспечено решение поставленной задачи.

Обсудив материалы доклада ООО «ТехноТерра» (Г.И. Иванов, С.Н. Мулев, В.Н. Шувал-Сергеев)

***НМС отмечает:***

- Работы ООО «ТехноТерра» в решении проблем радиоактивного загрязнения заслуживают внимания и обращения потенциальных заказчиков в адрес организации при необходимости оценки подобных явлений и работ по их ликвидации.

***НМС рекомендует:***

1. Одобрить работы ООО «ТехноТерра» по применению комплекса геофизических методов для обнаружения утраченных радиоизотопных термоэлектрических генераторов в целях исключения возможного заражения радионуклидами водных артерий.

2. В целях развития и практического внедрения разработки предусмотреть формирование методической и инструктивной документации по направлениям работ.

***Принято единогласно.***

Секретарь Совета

Т.А. Кудрявцева

**СПИСОК  
ПРИСУТСТВУЮЩИХ НА СЕССИИ НМС ГГТ МПР РОССИИ**

18 декабря 2014 г.

г. Санкт–Петербург

Члены Совета

Кальварская В.П. главный научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка», д.г.-м.н. (председатель)  
 Апанасевич А.В. ведущий геофизик РГЭЦ – филиал ФГУГП «Урангео»  
 Верба М.Л. главный научный сотрудник ОАО «Севморгео», д.г.-м.н.  
 Дверницкий Б.Г. начальник Геоэкологической партии ОАО «Севзапгеология»  
 Жемчужников Е.Г. главный геофизик ООО «Сейсмо-Шельф», к.г.-м.н.  
 Иванов А.И. главный инженер ЗАО КЦ «Росгеофизика»  
 Иванов Г.И. помощник генерального директора по науке ОАО «МАГЭ», д.г.-м.н.  
 Каулио В.М. заместитель главного геолога по геофизике ФГУНПП «ПМГРЭ»  
 Кашкевич М.П. доцент СПбГУ, к.г.-м.н.  
 Крылов С.С. доцент СПбГУ, к.ф.-м.н.  
 Марченко А.Г. заместитель генерального директора ООО «Теллур Северо-Восток», д.г.-м.н.  
 Московская Л.Ф. ведущий научный сотрудник СПб Ф ИЗМИРАН, д.ф.-м.н.  
 Мулев С.Н. заведующий лабораторией ОАО «ВНИМИ»  
 Овсов М.К. заведующий лабораторией ФГУНПП «Геологоразведка», к.т.н.  
 Поликарпов К.В. к.г.-м.н.  
 Поляков А.В. ученый секретарь ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н.  
 Попов Б.Л. заведующий лабораторией ФГУНПП «Геологоразведка»  
 Савицкий А.П. заместитель директора ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н.  
 Сараев А.К. доцент СПбГУ, к.г.-м.н.  
 Севастьянов Б.Н. ведущий научный сотрудник ОАО «ВНИМИ», к.т.н.  
 Телегин А.Н. профессор НМСУ «Горный», д.г.-м.н.  
 Товстенко Ю.Г. директор ООО «НТП «ТЭТРОС», к.г.-м.н.  
 Хайкович И.М. главный научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка», д.ф.-м.н.  
 Хачай О.А. ведущий научный сотрудник ИГФ УрО РАН, д.ф.-м.н.  
 Цирель В.С. начальник отдела ФГУНПП «Геологоразведка», к.т.н.

Приглашенные

Великин А.А. научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка»  
 Веряскин А.А. главный геолог ООО «ГИПОР-М»  
 Голубев А.М. заведующий лабораторией ФГУНПП «Геологоразведка»  
 Гребенщиков В.В. доцент СПбГТУ, к.т.н.  
 Думлер Д.Ф. ООО «Геодавайс»  
 Елисеев А.Ю. начальник партии ООО «ТехноТерра»  
 Ефимов М.Е. научный сотрудник СФ НИУ ИТМО  
 Игнатъев В.И. начальник ОПГТ ФГУНПП «Геологоразведка»  
 Кудрявцева Т.А. инженер 1 кат. ФГУНПП «Геологоразведка»  
 Куликов А.В. заведующий лабораторией СФ НИУ ИТМО, к.т.н.  
 Лаврентьева Е.С. начальник службы качества ФГУНПП «Геологоразведка»  
 Лаломов Д.А. аспирант НМСУ «Горный»  
 Леонов О.В. ведущий геофизик ФГУНПП «ПМГРЭ»  
 Мешковский И.К. заведующий кафедрой СФ НИУ ИТМО, д.т.н.  
 Никитенко А.Н. научный сотрудник СФ НИУ ИТМО  
 Черныш В.Ю. ведущий инженер ФГУНПП «Геологоразведка»  
 Шакуро С.В. генеральный директор ООО «Фронт Геология»  
 Шлыков А.А. инженер-исследователь СПбГУ  
 Шувал-Сергеев ведущий научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка»  
 Яшин Б.А. ведущий геофизик ФГУП «ВСЕГЕИ»

**ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ,  
ВЫПУСКАЕМОЕ ФГУНПП «ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА».  
СОСТОЯНИЕ. ПЕРСПЕКТИВЫ**

*В.И. Игнатьев* (ФГУНПП «Геологоразведка», Санкт-Петербург)

Тезисы доклада

В 2014 году отдел производства геофизической техники поставил потребителям более 50 новых комплектов геофизического оборудования. Особым спросом пользуются протонные оверхаузеровские магнитометры МИНИМАГ-М и пешеходные радиометры СРП-97. Кроме задачи увеличения продаж по сравнению с прошлыми годами, отдел сконцентрировался на качественно новом подходе в работе с клиентами предприятия в следующих принципиальных направлениях:

- Создание дилерской сети
- Индивидуальный и максимально гибкий подход при работе с клиентом
- Повышение надежности и модернизация выпускаемого и ранее выпущенного оборудования

- Сокращение времени ремонта

В текущем году была проведена модернизация самого популярного в России пешеходного протонного оверхаузеровского магнитометра МИНИМАГ-М, который получил индекс «v.2014». Перечень мероприятий определился из качественного анализа замечаний непосредственных пользователей оборудования. В их составе

- Принципиально переработана схема питания магнитометра.
- Обеспечена влагозащищенность оборудования.
- Создан значительно более компактным и удобным ранцевый подвес.

Основными покупателями аппаратуры и оборудования производства ФГУНПП «Геологоразведка» в текущем году стали:

- ООО «Производственно-Буровая Компания» (Красноярск)
- ООО «ФЕРТОИНГ» (Санкт-Петербург)
- ТОО «Азимут Геология» (Республика Казахстан, Караганда)
- ТОО «Кустанайская поисково-съёмочная экспедиция» (Республика Казахстан, Кустанай)
- ООО «Уральское горно-геологическое агентство» (Уфа)
- ООО «ГЕОДЕВАЙС» (дилер, Санкт-Петербург)
- ООО «ГеоГет» (дилер, Санкт-Петербург)
- Другие физические и юридические лица

В середине 2014 года коллективом предприятия совместно с компанией-партнером ООО «ГЕОДЕВАЙС» пользователям был предложен программный продукт MagGPS, который позволил значительно ускорить и упростить обработку полевых магниторазведочных данных, выполнить быструю координатную привязку (в т.ч. и по ГЛОНАСС/GPS), провести контроль качества и статистический анализ данных. Важной особенностью программы является возможность визуализации различных параметров геомагнитного поля, таких как полный вектор геомагнитного поля (Т), аномальное магнитное поле ( $\Delta T$ ), градиент магнитного поля по любому направлению или «круговой» ( $gradT$ ) в виде карт графиков или карт классифицированных точек. Добавлена функция учета априорной информации в виде построения растровой карты-подложки.

В настоящее время отдел активно ведет ряд разработок с целью выпуска нового пешеходного радиометра СРП-15 и глубоко модернизированного магнитометра МИНИМАГ-М. СРП-15 будет отличаться от выпускаемого в настоящее время СРП-97 полностью цифровым пультом управления, беспроводным блоком детектирования, наличием памяти и встроенным ГЛОНАСС/GPS приемником. Новый модернизированный МИНИМАГ-М будет оснащен

процессорным магнитоизмерительным преобразователем и новым пультом управления со встроенным навигатором.

В настоящее время отдел успешно решает задачу импортозамещения геофизического оборудования и имеет большой экспортный потенциал: в 2014 году четвертая часть отгруженной продукции была поставлена за пределы России.

Приложение 3

## ГЕОЛОКАЦИЯ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ ПРИ РЕШЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

*В.В. Глазунов<sup>1</sup>, С.С. Крылов<sup>2</sup>, Д.А. Лаломов<sup>1</sup>* (<sup>1</sup>НМСУ «Горный», <sup>2</sup>СПбГУ, Санкт-Петербург).

Тезисы доклада

В докладе определяется круг задач, которые решаются георадиолокацией в условиях многолетнемерзлых пород (ММП). Это криологические (границы ММП, льдистость и криогенное строение, пластовый и жильный лед, криопеги и талики), геоморфологические (бугры пучения, термокарст, полигональные структуры криосолифлюкция, влажность СТС) и геотехнические (насыпи, техногенные талики, фундаменты, мерзлотные завесы, СОУ и т.п.) объекты. Приводятся примеры решения таких задач в различных условиях; отмечается низкая эффективность радарных работ в районах арктического побережья, где распространены мерзлые суглинистые породы. Обращается внимание на проблему аномально высокого затухания радарных сигналов в случаях, когда среда по данным методов постоянного тока является высокоомной. Анализируются возможности георадаров при решении таких малоглубинных задач, как поиск повторно-жильного льда, пластового льда и ледогрунта. Особое внимание в докладе уделено результатам исследования насыпных оснований при строительстве промышленных объектов на п-ве Ямал. Авторами собран значительный по объему и уникальности полевой материал, включающий не только результаты радарных работ, но и данные электроромографии и зондирования становлением поля в ближней зоне. На исследованных участках пробурены инженерно-геологические скважины, позволяющие не только заверять результаты геофизической съемки, но и получать дополнительную информацию, выполняя измерения физических свойств отобранных образцов пород. В настоящее время полученные результаты обрабатываются, и будут использованы, как в научных (в частности, при защите диссертации Д.А. Лаломовым), учебных (включение в курсы лекций для магистрантов и аспирантов, специализирующихся в области георадиолокации), так и в производственных целях, при геотехнических работах по контролю состояния техногенных объектов и инженерных изысканиях в условиях ММП. Накопленный к настоящему времени опыт проведения радарных работ на мерзлоте нуждается в обобщении и осмыслении. Необходимо решение широкого круга научных задач, связанных с теорией распространения электромагнитных волн в случайно-неоднородных средах, проведение математического и физического моделирования, организация качественных исследований электрических свойств естественных пород на образцах. Несмотря на значительные теоретические и практические трудности, возникающие в настоящее время при проведении радарных исследований на Крайнем Севере, такие работы весьма востребованы в связи с активным освоением Арктической Зоны РФ, что делает **необходимым подготовку на основе имеющегося опыта методических рекомендаций по применению георадиолокации при решении инженерно-геологических задач в условиях мерзлоты.**

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОРАДАРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ВОДОЗАЩИТНЫХ ЦЕЛИКОВ В ВЫРАБОТКАХ****(на примере Анастасово-Порецкого гипсово-ангидритового месторождения)***С.В. Шакуро* (ООО «ФРОНТ Геология», Нижний-Новгород)

Тезисы доклада

Анастасово-Порецкое гипсово-ангидритовое месторождение, как и большинство гипсовых месторождений Поволжья, приурочено к сакмарским отложениям нижней перми. Оно представлено тремя продуктивными пластами: I гипсовый, II ангидритовый и III гипсовый, каждый мощностью порядка 10 метров. Пласты залегают горизонтально на глубине до 100 метров, в настоящее время ведётся подземная разработка I и III пластов гипса, преимущественно буровзрывным способом.

Серьёзные проблемы, возникающие при разработке месторождения, связаны с тем, что оно зажато между двумя водоносными пластами: сверху залегают водообильные казанские карбонатные породы, а в подошве III гипсового пласта – двухметровый слой трещиноватых доломитов. Не учтённый при разведке месторождения слабоводоносный доломитовый пропласток, гидравлически связанный с вышележащим водоносным горизонтом, отмечается и в верхней трети I гипсового пласта.

Прорыв воды из разведочной скважины, произошедший в 2005 году при проходке верхнего гипсового пласта, поставил шахту на грань закрытия, а его ликвидация потребовала нескольких лет. Периодически в кровле выработок I пласта возникает капёж, а несколько лет назад, вследствие снижения мощности целика, изолирующего слабоводоносный доломитовый пропласток, произошло обрушение кровли одной из разрезных камер. В 2012 году, из-за уменьшения мощности целика, в почве III пласта образовалась течь со сравнительно небольшим дебитом, но попытки её тампонажа до сегодняшнего дня не увенчались успехом.

**Таким образом, на месторождении существует острая необходимость в постоянном контроле над мощностью водоохранных целиков в почве и кровле выработок.** При этом в первую очередь востребованы неразрушающие технологии, поскольку последствия вскрытия водоносных пластов разведочными скважинами могут иметь неконтролируемые последствия.

В 2012 году с целью выяснения причин возникновения водопритока в III гипсовом пласте ООО «ФРОНТ Геология» были выполнены исследования методами электротомографии и георадиолокации. Электронзондирование методом сопротивлений, как метод, нацеленный на изучение вариаций физических свойств пород, нежели на структурные построения, помогло выделить наиболее водообильные интервалы в водоносном пласте, дать количественную оценку степени трещиноватости коллектора, но не смогло прямо ответить на вопрос о причинах аварии. В то же время, для георадиолокации кровля водоносного пласта, залегающая на глубине порядка 2 метров, оказалась контрастной отражающей границей. По полученным радарограммам были построены детальные карты мощности целика и рельефа подошвы гипсового пласта, которые показали, что прорыв воды произошёл в месте с минимальной мощностью гипса в почве выработки. Снижение мощности водоохранного целика произошло ввиду естественной волнистости подошвы гипсового пласта, не выявленной на этапе разведки.

На втором этапе геофизических работ была предпринята попытка опережающего контроля: перед георадиолокацией была поставлена задача по определению положения подошвы III гипсового пласта из выработок I горизонта, проходящих над ещё не освоенной толщей. Глубина до целевой отражающей границы при этом составила 15...20 метров. В ходе исследований были проведены эксперименты по определению диэлектрической проницаемости пород в естественном залегании; для этого помимо стандартного анализа дифрагированных волн, выполнялись наблюдения в наклонных выработках и промеры межкамерных целиков с известной мощностью.

Результаты работ оказались отрицательными. Во-первых, отражающие границы, расположенные между поверхностью, по которой перемещается георадар, и целевым горизонтом, значительно ослабляют зондирующий импульс и приводят к образованию кратных волн, что в большинстве случаев не позволило идентифицировать искомое отражение. Во-вторых, на основании полученного разброса значений диэлектрической проницаемости был сделан вывод, что погрешность определения положения отражающего горизонта, залегающего на глубине 20 метров, может превышать ошибку простой линейной интерполяции этой границы между разведочными скважинами. В-третьих, и это оказалось неожиданностью, на большинстве радарограмм, как мощное отражение на значительной глубине, маскирующее все прочее, была проявлена кровля I гипсового пласта – граница, находящаяся над профилем наблюдения.

Полученные результаты явились предпосылкой для проведения третьего этапа исследований, в ходе которого изучалась мощность целика в кровле выработок I пласта. Работы проводились как с прижимом антенны к потолку с помощью специальных штанг, так и с отрывом от него, на разных высотных уровнях. Результаты во всех случаях показали уверенное картирование первой от поверхности отражающей границы даже антеннами с высокой центральной частотой зондирующего импульса.

В настоящее время в шахте проводится периодический контроль мощности водоохраных целиков в кровле выработок I гипсового пласта и подошве выработок III пласта. Для калибровки георадара на транспортном уклоне оборудован опорный разрез, вскрытый тремя специально пробуренными скважинами. Выполнение калибровки георадара также возможно в камерах, проходящих вблизи разведочных скважин. Здесь положение отражающих горизонтов в разрезе восстанавливается по результатам измерений с антенной, направленной в пол и потолок выработок.

**С целью обеспечения возможности выполнения оперативного контроля мощности остаточных водоохраных целиков штатным персоналом рудника и использования полученных результатов для обоснования эксплуатационных потерь гипса необходима разработка методического руководства по применению на Анастасово-Порецком месторождении метода георадиолокации.**

Приложение 5

## **ОЦЕНКА МАКРОАНИЗОТРОПИИ ГОРИЗОНТАЛЬНО СЛОИСТЫХ РАЗРЕЗОВ ПО ДАННЫМ МЕТОДА РАДИОМАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ИСТОЧНИКОМ**

*А.А. Шлыков, А.К. Сараев (СПбГУ, Санкт-Петербург).*

Тезисы доклада

Для решения поставленной задачи обратимся к вопросам ее теоретического обоснования. Пачка тонких низкоомных и высокоомных слоев может быть представлена в виде эквивалентного вертикально анизотропного слоя со следующими параметрами [Maillet, 1947]:

$$h_{\Sigma} = \sum h_i \quad \rho_t = h_{\Sigma}/S \quad \rho_n = T/h_{\Sigma} \quad (1)$$

где  $h_{\Sigma}$  – суммарная мощность пачки слоев,  $\rho_t$  – удельное электрическое сопротивление вдоль слоистости,  $\rho_n$  – удельное электрическое сопротивление вкrest слоистости,  $S = \sum h_i/\rho_i$  – суммарная продольная проводимость пачки слоев,  $T = \sum h_i \cdot \rho_i$  – суммарное поперечное сопротивление пачки слоев,  $h_i$  – мощность тонкого слоя,  $\rho_i$  – удельное сопротивление тонкого слоя,  $i$  – индекс тонкого слоя в пачке.

Результаты гальванических методов, таких, как вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ), зависят от продольной проводимости и поперечного сопротивления слоев. Параметры макроанизотропных слоев, определяемые по данным гальванических зондирований

(мощность  $h^\Gamma$  и удельное сопротивление  $\rho^\Gamma$ ), выражаются следующим образом [Maillet, 1947; Краев, 1951]:

$$\begin{aligned} h^\Gamma &= h_\Sigma (\rho_n / \rho_t)^{1/2} = h_\Sigma \lambda \\ \rho^\Gamma &= (\rho_n \cdot \rho_t)^{1/2} = \rho_m \end{aligned} \quad (2)$$

В этом случае истинная мощность суммарного слоя завышается в  $\lambda$  раз, а его удельное сопротивление равно среднему геометрическому удельных сопротивлений вкрест и вдоль макроанизотропного слоя  $\rho_m$ . Отсюда следует, что при инверсии данных ВЭЗ над макроанизотропной средой получаемые мощности слоев будут значительно завышены. При этом данные гальванических методов не позволяют определить наличие и оценить влияние макроанизотропии без привлечения дополнительной информации.

Результаты индуктивных методов, использующих импульсные поля (зондирование становлением в ближней зоне – ЗСБ) или гармонически изменяющиеся поля при работах в дальней зоне источника (controlled source audiomagnetotellurics - CSAMT), а также естественные электромагнитные поля (магнитотеллурические - МТ, аудиомagnetотеллурические – АМТ зондирования) в случае измерений импеданса зависят от продольной проводимости и мощности слоев. Определяемые параметры макроанизотропных слоев по данным индуктивных зондирований (мощность  $h^И$  и удельное сопротивление  $\rho^И$ ) выражаются следующим образом [Jupp, Vozoff, 1977; Иванов и др., 2011]:

$$h^И = h_\Sigma \quad \rho^И = \rho_t \quad (3)$$

В этом случае определяемая мощность равна мощности суммарного слоя, а его удельное сопротивление равно удельному сопротивлению  $\rho_t$  вдоль макроанизотропного слоя. Как и для гальванических методов, данные индуктивных методов при работах в дальней зоне источников не позволяют определить наличие и оценить параметры макроанизотропии без привлечения дополнительной информации, однако истинная мощность макроанизотропного слоя определяется при этом без ошибки.

Следовательно, для макроанизотропных сред результаты инверсии гальванических и индукционных зондирований могут различаться. Использование совместной инверсии данных гальванических и индуктивных зондирований дает возможность определить коэффициент макроанизотропии  $\lambda$  ( $\lambda^2 = \rho_n / \rho_t$ ) и уменьшить влияние эквивалентности на результаты инверсии [Jupp, Vozoff, 1977; Иванов и др., 2011].

Горизонтальный электрический диполь – ГЭД (или заземленный кабель) имеет ЭМ поле смешанной структуры. В ближней зоне первичное поле ГЭД содержит преимущественно гальваническую моду, аналогично постоянному току, а в дальней зоне первичное поле может быть аппроксимировано плоской волной и содержит преимущественно индукционную моду. В промежуточной зоне в первичном поле ГЭД доли гальванической и индуктивной моды сравнимы. В то же время вертикальная компонента магнитного поля ГЭД имеет чисто индукционную природу.

Измерение компонент ЭМ поля в промежуточной зоне ГЭД (заземленного кабеля) может быть использовано для изучения макроанизотропных сред, аналогично совместному использованию методов ВЭЗ и ЗСБ.

Метод радиомагнитотеллурических (РМТ) зондирований основан на измерении ЭМ поля широкополосных радиостанций в диапазоне частот от 10 до 250-1000 кГц [Tezkan, 2008]. Эффективность этого метода в удаленных регионах (например, районы Крайнего Севера) ограничена наличием сигналов только немногих мощных СДВ радиостанций, рабочие частоты которых сосредоточены в узком диапазоне (10-30 кГц). В этом случае возможно лишь профилирование на одной-двух частотах и информативность метода резко снижается. Для подобных условий разработан метод радиомагнитотеллурических зондирований с собственным (контролируемым) источником – РМТ-К. В методе РМТ-К используется в качестве



источника ЭМ поля как горизонтальный магнитный диполь [Bastani, 2001], так и горизонтальный электрический диполь [Simakov et al., 2010]. Использование контролируемого источника позволяет расширить частотный диапазон зондирований в сторону низких частот до 1 кГц, что повышает глубину исследования в 2–3 раза. Измерения методом РМТ-К, как правило, проводятся в дальней зоне источника, что позволяет применять хорошо разработанные методики и программные средства обработки и инверсии данных МТ зондирований.

Авторами разработаны методика и алгоритм анизотропной 1D инверсии данных метода РМТ-К (поверхностного импеданса  $Z_{xy}=E_x/H_y$  и типпера  $T_{zy}=H_z/H_y$ ), измеренных в промежуточной зоне заземленного кабеля, позволяющие получить более достоверную информацию о горизонтально-слоистом макроанизотропном геоэлектрическом разрезе и оценить коэффициенты макроанизотропии соответствующих слоев. Ценность разработанных алгоритма и методики заключается в том, что при использовании данных метода РМТ-К нет необходимости проводить дополнительные измерения другим методом, как, например, в случае комплекса ВЭЗ-ЗСБ, что значительно снижает трудозатраты.

В зарубежной практике подобные алгоритмы применяются только для морских низкочастотных электромагнитных исследований, ориентированных на поиски и разведку углеводородов. Разработанный авторами алгоритм применим и для высокочастотного случая (учитываются токи смещения в земле и в воздухе). Это позволяет применять данный алгоритм для решения инженерно-геологических, гидрогеологических и экологических задач.

#### **Список литературы**

1. Maillet R. The fundamental equations of electrical prospecting // *Geophysics*, 12, 1947. P. 529–556.
2. Краев А.П. Основы геоэлектрики. Изд. 2-е. Л.: Недра. 1965. 587 с.
3. Jupp D.L.B., Vozoff K. Resolving anisotropy in layered media by joint inversion // *Geophysical Prospecting*, 25, 1977. P. 460-470.
4. Иванов П.В., Алексеев Д.А., Бобачев А.А., Пушкарев П.Ю., Яковлев А.Г. О комплексировании методов вертикального электрического зондирования и зондирования становлением поля в ближней зоне // *Инженерные изыскания*, №11, ноябрь 2011, с.42-51.
5. Tezkan B. Radiomagnetotellurics. Groundwater geophysics: a tool for hydrogeology // Reinhard Kirsch (ed.), Berlin, Heidelberg. Springer, 2008, pp. 295-318.
6. Bastani M. EnviroMT – A New Controlled Source/Radio Magnetotelluric System // *Acta Universitatis Upsaliensis*. 2001. P. 179.
7. Simakov A., Saraev A., Antonov N., Shlykov A., Tezkan B. Mobile and controlled source modifications of the radiomagnetotelluric method and prospects of their application in the near-surface geophysics. 20th Workshop on Electromagnetic Induction in the Earth, Giza, Egypt, 2010, September 18-24, S5-P9.

Приложение 6

### **АВТОНОМНЫЕ ДОННЫЕ СТАНЦИИ И ПЛАВУЧИЕ ПЛАТФОРМЫ С ГИДРОФОНАМИ НА ОСНОВЕ АНИЗОТРОПНЫХ ОДНОМОДОВЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН ДЛЯ ПОДЛЕДНЫХ МОРСКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ РАБОТ НА УГЛЕВОДОРОДЫ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ**

*И.К. Мешковский, А.В. Куликов, С.П. Павлов (ОАО «МАГЭ», Мурманск)*

Тезисы доклада

В докладе отражен опыт создания волоконно-оптических гидрофонов на основе анизотропных одномодовых оптических волокон с брэгговскими решетками и геофонов на базе микромеханических малощумящих акселерометров. Кроме этого, в процессе презентации доклада представлен действующий макет донной сейсмической станции, реализованной на основе упомянутых элементов.

Вторая часть доклада посвящена проекту создания автономных платформ для построения подледных плавучих измерительных кос с волоконно-оптическими гидрофонами. Косы

предполагается буксировать за исследовательским судном, плывущим следом за ледоколом и осуществляющим измерения на глубинах 30-40 м. Предлагаемая коса позволит производить подледные гидроакустические геофизические исследования на нефть и природный газ, а также может быть использован для оценки трудно извлекаемых запасов углеводородов на арктическом шельфе.

Приложение 7

## ПРЕДВЕСТНИКИ ГОРНЫХ УДАРОВ В ПОРОДНЫХ МАССИВАХ ПО ДАННЫМ ДЕТАЛЬНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО КАТАЛОГА

*О.А. Хачай, О.Ю. Хачай* (ИГФ УрО РАН, Екатеринбург)

Тезисы доклада

Коллективом Института Геофизики УрО РАН разработаны технология обработки и анализа сейсмоданных, обеспечивающих возможность выявления предвестников горных ударов, что важно с позиций планирования и реализации профилактических мероприятий в условиях рудника.

1. Разработан новый алгоритм обработки сейсмологической информации детального шахтного каталога Таштагольского рудника с учетом кинематических и динамических характеристик деформационных волн, распространяющихся с разными скоростями в массиве горных пород, находящегося под интенсивным внешним воздействием в виде массовых или технологических взрывов.

2. Установлено, что волны, распространяющиеся со скоростями от 10 до 1 м/час, являются преимущественным переносчиком энергии в массиве и способствующими ее выделению.

3. События, происходящие в массиве с этими скоростями и обладающие энергией выделения меньше  $10^4$  джоулей, способствуют криповой перестройке массива.

4. События, происходящие в массиве с этими скоростями и обладающие энергией выделения более  $10^4$  джоулей, могут быть использованы как предвестники, которые рекомендуется принимать во внимание при корректировке производства взрывов в той или иной части массива.

5. Полное отсутствие этих событий свидетельствует об увеличении напряженного состояния в массиве шахты в целом или в значительной ее части.

6. С помощью метода фазовых диаграмм проанализирована динамическая структура энерговыделения массивом во время событий с энергией  $10^6$ - $10^7$  и более джоулей. Показано, что высокоэнергетическое выделение массивом происходит резонансно и спустя несколько суток после производства взрыва, т.е. в то время, когда в шахте находятся люди.

7. Полученная комплексная информация из данных сейсмологического каталога является важной для прогноза опасных явлений в рудных шахтах и принятия необходимых технологических решений.

### Литература

1. *Хачай О.А., Хачай О.Ю., Климко В.К.* Динамические характеристики медленных волн деформации как отклика массива на взрывные воздействия. // Горный Информационно-аналитический бюллетень, 2013, № 5. с. 208–214.

2. *Хачай О.А., Хачай О.Ю., Шинеев О.В.* Исследование иерархической структуры динамических характеристик медленных деформационных волн - отклика на взрывные воздействия. // Горный Информационно-аналитический бюллетень, 2013, № 5. с. 215–222.

3. *Хачай О.А., Хачай А.Ю.* Моделирование сейсмического и электромагнитного поля в иерархически неоднородных средах. // Вестник Южно-Уральского Государственного Университета. Серия «Вычислительная математика и информатика», 2013, том 2, № 2, с. 48–56.

4. *Хачай О.А.* Сценарий подготовки горных ударов в породных массивах под воздействием взрывов по данным сейсмического каталога. // Материалы международной конферен-

ции «Седьмые научные чтения Ю.П. Булашевича. Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей» Екатеринбург 8–13 сентября 2013 г., С. 318–320.

5. Olga *Hachay*, Oleg *Khachay*, and Oleg *Shipeev* Research of dynamical Characteristics of slow deformation Waves as Massif Responses on Explosions. // Geophysical Research abstracts. Vol. 15, EGU2013–48, 2013

6. *Хачай О.А., Хачай О.Ю.* Кинематические и динамические характеристики медленных деформационных волн в породном массиве как отклик на взрывные воздействия // Труды XX Всероссийской научной конференции. Геодинамика и напряженное состояние недр Земли. Новосибирск, ИГД СО РАН 2013, с. 38–42.

7. *Хачай О. А., Хачай О. Ю.* Алгоритм построения сценария подготовки горных ударов в породных массивах под воздействием взрывов по данным сейсмического каталога. // Горный Информационно-аналитический бюллетень, 2014, № 4. с. 239–246.

8. *Хачай О.А., Хачай О.Ю.* Сценарий подготовки резонансных энергетических откликов породных массивов под воздействием взрывов по данным сейсмического каталога// VIII Российская научно-техническая конференция «Механика, ресурс, диагностика материалов и конструкций Тезисы» Ин-т машиноведения, Ин-т механики сплошной среды УрО РАН – Екатеринбург 2014. с. 4.

9. *Хачай О.А., Хачай О.Ю.* Сценарий подготовки резонансных энергетических откликов породных массивов под воздействием взрывов (по данным сейсмического каталога) // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2014, № 3, с. 31–38.

Приложение 8

## МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ТЕРРИТОРИИ КОРКИНСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

*С.Н. Мулев* (ОАО «ВНИМИ», Санкт-Петербург).

Тезисы доклада

В докладе представлена геомеханическая оценка устойчивости бортов разреза «Коркинский» и прилегающих к нему территорий с учетом геомеханической и сейсмической обстановки. Показана карта прогноза зон опасных деформаций для зданий и сооружений, расположенных вблизи разреза.

Для определения особенностей формирования напряженно-деформированного состояния прибортовых массивов в карьере организован комплексный мониторинг, включающий в себя инструментальные маркшейдерские и геофизические наблюдения.

В 2013 году, на Коркинском разрезе были организованы сейсмические наблюдения. Этот вид мониторинга направлен на обеспечение непрерывного контроля за проявлением деформаций бортов карьера в виде сейсмических событий различной энергии, природа которых может быть связана с активизацией оползневых процессов, изменением гидростатических давлений, природных тектонических подвижек.

На данном этапе наблюдений, представленных в докладе, зафиксировано незначительное количество событий в районе южного оползня (6 соб.). Энергия событий до 300 Дж., это уровень энергии, который фиксируется только высокоточными приборами и свидетельствует о плавном движении участков борта. Тем не менее, даже незначительные сейсмические события являются показателем наличия структурных неоднородностей в массиве, способных накапливать упругую энергию с последующим ее сбросом в виде динамических подвижек.

Кроме вышеперечисленных видов мониторинга для обоснования инженерных мероприятий по управлению напряженным состоянием массива горных пород, в докладе показана необходимость организации наблюдений за режимом подземных вод, представлена система гидрогеологического мониторинга, как индикатора развития гидрогеомеханических процессов.

## КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УТРАЧЕННЫХ РАДИОИЗОТОПНЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ

А.Ю. Елисеев, В.В. Решетов (ООО «ТехноТерра», Санкт-Петербург)  
Тезисы доклада

Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ) –генераторы преобразующие тепловую энергию радиоизотопного источника  $^{90}\text{Sr}$  в электрическую. РИТЭГ применялись в труднодоступных районах для обеспечения морских и речных навигационных знаков. За время эксплуатации часть РИТЭГов была утрачена. В рамках реализации Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и период до 2015года» осуществлялся поиск радиоизотопных источников, для чего был разработан и успешно реализован комплекс геофизических методов. Указанный комплекс поисков учитывал технические характеристики искомым РИТЭГ, исходное местоположение, обстоятельства утраты, геологическое строение верхней части разреза и др. В состав комплекса входили следующие методы: георадиолокационное подповерхностное зондирование; детальные магниторазведочные работы, радиометрическая съемка детального масштаба.

Применение выбранного комплекса методов обеспечило достижение поставленной задачи.

## ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОГРАММЫ 89 СЕССИИ НМС

1. V Всероссийское совещание «**Проблемы геологии нефти и газа**» (Москва, ВНИГНИ, 25–26.09.14). А.Н. Дмитриевский, О.М. Прищепа, В.Д. Каминский, Л.Е. Чесалов, А.Н. Тригубович, Ю.А. Агафонов, А.В. Липилин.

2. Конференция «Геологоразведка-2014» (Москва, ноябрь, 2014)

3. Заседание Научно-технического совета ведомства Минприроды России. Опубликовано 19 ноября 2014 г.

4. Всероссийская научно-практическая конференция «**Состояние, проблемы и перспективы геологоразведочных и научно-исследовательских работ в области гидрогеологии, инженерной геологии, геокриологии и геоэкологии**» (Москва, ВСЕГЕНГЕО, 17.11.14).

5. Совещание под председательством В.А. Пака (зам. Министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации – руководитель Федерального агентства по недропользованию) «**Перспективы активизации поисков и освоения месторождений минерального сырья на территории РФ: состояние проблемы и пути их решения**» (Москва, 27.11.14).

6. Совещание под председательством Министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации С.Е. Донского (Интервью газете «Известия» «О перспективах покорения Арктики» –4 декабря 2014).

7. Совещание на предприятии ООО «Концерн «ИЗНИИ Электроприбор», по импортозамещению в области аппаратурно-технических средств для геологоразведочных работ на шельфе, в транзитной зоне мелководья и прилегающей суше (Санкт-Петербург 08.12.14). Соорганизаторы: Министерство промышленности и торговли РФ, Минприроды РФ, ОАО «Росгеология».

8. Интервью журналу «Коммерсантъ. Власть» С.Е. Донского Министра Природных ресурсов и экологии РФ. Пресс-служба Минприроды России 8.12.14.