

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

_____ А.В. Орёл
«__» _____ 2013 г

СОГЛАСОВАНО
Директор
ФГУНПП «Геологоразведка»

_____ В.В. Шиманский
«__» _____ 2013 г.

Директор Департамента государственной политики и регулирования в
области геологии и недропользования Минприроды России
А.В. Орёл утвердил 22 мая 2013 г

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научно-методического Совета
по геолого-геофизическим технологиям поисков и разведки
твердых полезных ископаемых (НМС ГГТ) Минприроды России
5 марта 2013 г.
(83-я сессия)

Заместитель председателя
Научно-методического совета ГГТ Минприроды России

А.Л. Ронин

Санкт-Петербург

Очередная (83-я) сессия Научно-методического совета по геолого-геофизическим технологиям поисков и разведки месторождений полезных ископаемых (НМС ГТТ) Минприроды России по тематике «**Проблемы и перспективы технико-технологического перевооружения геологической отрасли. Постановка задачи. Механизмы реализации**», состоялась 5 марта 2013 г. на базе ФГУНПП «Геологоразведка» (Санкт–Петербург).

В составе программы сессии были рассмотрены

1. Доклады

1.1. Актуализированный перечень стандартов и нормативных документов в области геологического изучения и недропользования (МОО ЕАГО, ФГУГП «Волгагеология», ФГУП «ВИМС», ОАО «НПЦ «Недра», Москва, Нижний Новгород, Ярославль). Авторы: О.В. Горбатов, О.А. Есипко, А.М. Коломиец, В.Н. Сытенков.

Докладчик – О.В. Горбатов, руководитель отдела стандартизации и сертификации МОО ЕАГО, к.ф.-м.н.

1.2. Повышение информативности геологических моделей терригенных коллекторов на основе расчета величины их эффективной пористости (РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва). Авторы: Д.А. Кожевников, К.В. Коваленко, И.С. Дешененков, А.Н. Петров.

Докладчик – И.С. Дешененков, аспирант РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина.

1.3. Новая технология плотностной и магнитной томографии по данным гравиметрических и магнитных съемок. Алгоритмы и применение (ФГУНПП «Геологоразведка», Санкт, Петербург). Авторы: М.Б. Штокаленко, С.Г. Алексеев.

Докладчик – М.Б. Штокаленко, ведущий научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка», к.т.н.

1.4. Методы решения обратных задач гравиразведки и магниторазведки, использующие синтез функционально-аналитического и вероятностно-статистического подходов (ГИ УрО РАН, Пермь). Авторы: А.С. Долгаль, П.И. Балк, С.Г. Бычков, А.В. Мичурин, П.Н. Новикова, Л.А. Христенко.

Докладчик – А.С. Долгаль, ведущий научный сотрудник ГИ УрО РАН, д.ф.-м.н., профессор.

1.5. Построение трехмерной геолого-геофизической модели по данным гравиметрической и магнитометрической съемки (Сингуляр-3-Мер) (ФГУНПП «Геологоразведка», Санкт-Петербург). Авторы О.И. Погарева, В.Г. Забелин, Н.Б. Карасева.

Докладчик – О.И. Погарева, ведущий геофизик ФГУНПП «Геологоразведка», к.т.н.

1.6. Актуализация технологии профильных исследований на сопровождающем этапе ГДП-200 (ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика», Санкт-Петербург).

Автор и докладчик – А.А. Лихачев, ведущий научный сотрудник ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика».

1.7. Технология многокомпонентной сейсморазведки на базе донных станций нового поколения (ООО «Сейсмо-Шельф», Санкт-Петербург), Авторы: Ю.В. Рослов, М.А. Воронов, И.Н. Долотказин, А.А. Мережко.

Докладчик – Ю.В. Рослов, заместитель директора ООО «Сейсмо-Шельф», к.ф.-м.н.

1.8. Пути совершенствования технологии литоплотностного каротажа с целью повышения геологической информативности метода (ОАО НПЦ «ВНИИГИС», Октябрьский). Авторы: В.И. Борисов, Л.К. Борисова.

Докладчик – В.И. Борисов, старший научный сотрудник ОАО НПЦ «ВНИИГИС», к.г.-м.н.

1.9. Современные аппаратурно-методические комплексы и геофизические технологии для исследования рудных, угольных и гидрогеологических скважин (ОАО НПЦ «ВНИИГИС», Октябрьский). Авторы: А.И. Лысенков, В.Н. Даниленко, А.И. Машкин, В.Т. Перельгин.

Докладчик – А.И. Лысенков, заместитель генерального директора ОАО НПЦ «ВНИИГИС», к.т.н.

2. Разное

2.1 Уточнение состава НМС ГГТ.

Докладчик – А.Л. Ронин, заместитель председателя НМС ГГТ Минприроды, к.г.-м.н.

В работе 83 сессии Совета приняли участие 37 специалистов из 13 организаций, в их числе членов Совета – 24 (приложение 1).

На расширенном аппаратном совещании, посвященном подведению итогов работы Минприроды России и подведомственных ему федеральных служб и агентств в 2012 году, особое внимание было уделено несовершенству нормативно-правовой базы в сфере недропользования, неудовлетворительному состоянию значительной части технической базы геологоразведочных предприятий, недостаточному объему финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Обращение к этим направлениям сегодня является исключительно актуальным, так как их недоработкой в конечном итоге тормозится решение задач воспроизводства минерально-сырьевой базы в России. По состоянию технико-технологического обеспечения геологоразведочных работ по целому ряду направлений отрасль приближается к точке «невозврата» – невозможности наверстать упущенное.

В результате внедрения рыночных отношений в геологической отрасли прекращено производство многих геофизических приборов, а государственные и частные компании приобретают западную геофизическую аппаратуру, поскольку отечественная аппаратура не выдерживает конкуренцию на рынке по признаку «цена- качество». Резко сократился объем геологоразведочных и геофизических работ, выполнявшихся ранее по госзаказу. Частные компании, в основном используют западную продукцию, так как массовое производство геофизической аппаратуры и оборудования практически прекращено так же, как и проектирование новых видов аппаратуры.

В настоящее время по указанию Заместителя Министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации Д.Г. Храмова (письмо от 05.12.2012 № 02-11-46/20218) ФГУНПП «Геологоразведка» с участием Научно-методического совета (НМС ГГТ) Минприроды России поручено продолжить работу в области развития «Стратегии развития геологической отрасли Российской Федерации до 2030 года» и проекта Государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» на основе синтеза и анализа основных направлений и механизмов технико-технологического перевооружения геологической отрасли.

Материалы 83 сессии НМС ГГТ по сути являют собой начало этого процесса и характеризуют состояние стандартизации измерений в области геологического изучения и недропользования, направление актуализации построения геолого-геофизических разрезов в рамках ГСР-200, новые подходы к обработке и интерпретации геофизических данных в целях повышения их геологической информативности, отражают направления совершенствования технического перевооружения в морской геофизике и ГИС, состояние повышения квалификации молодых специалистов.

1. Доклады

1.1. В докладе О.В. Горбатюка представлены основные результаты работ, выполненных организациями МОО ЕАГО, ФГУГП «Волгагеология», ФГУП «ВИМС», ОАО «НПЦ «Недра» в 2011 – 2012 годах по договору с Министерством природных ресурсов и экологии России в рамках базового проекта «Разработать предложения по разработке национальных стандартов в области геологического изучения, использовании и охраны недр».

Объектом исследований являлся существующий фонд государственных, отраслевых, национальных стандартов, руководящих и инструктивных документов в области геологического изучения и недропользования (ГИН), а целью работ – подготовка предложений по со-

зданию национальных стандартов в этой области. В процессе сбора и обобщения информации о действующих стандартах и нормативных документах (НД) было выявлено свыше 400 документов отраслевого уровня, что составляет практически 85 % всего проанализированного фонда НД. Несмотря на несовершенство данной нормативной базы, большинство организаций при проведении ГИН продолжают руководствоваться этими документами, поскольку срок их действия не ограничен.

Анализ состояния и перспектив развития стандартизации позволил наметить перспективные направления с учетом формирования единого экономического пространства России – Казахстана – Белоруссии, вступления России в ВТО и гармонизации с действующими международными стандартами-аналогами. Подготовлены предложения по разработке в 2012-2015 годах национальных стандартов и нормативных документов для геологического изучения, использования и охраны недр, в том числе предложения по включению разрабатываемых стандартов в программу разработки национальных стандартов, формируемую национальным органом по стандартизации – Росстандарт, и прогнозу эффективности их использования.

Разработаны первые редакции проектов 3-х национальных стандартов.

Отдельный раздел доклада посвящен законопроекту «О стандартизации в Российской Федерации» и «дорожной карте» по его реализации, разработанными в соответствии с поручением Председателя Правительства РФ, Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии с участием представителей Комитета по техническому регулированию и стандартизации РСПП. Этот законопроект, принятие которого намечено в 2013 году, на практике должен обеспечить признание стандартизации в качестве стратегического инструмента, во многом определяющего способность экономики России к развитию и конкуренции на глобальном уровне.

Обсудив проблемы технического регулирования и стандартизации, обусловленные необходимостью выполнения программ технологической модернизации геологоразведочного производства и участием России в интеграционных процессах на постсоветском пространстве (Д.Ф. Калинин, А.П. Савицкий, Н.Н. Ржевский, А.Л. Ронин),

НМС отмечает:

- В настоящее время в Российской Федерации создание системы национальных стандартов в области геологического изучения и использования недр находится на начальном этапе.
- Количество национальных и межгосударственных стандартов в этой области нельзя считать приемлемым для современных экономических условий и активного взаимодействия в области геологии и недропользования со странами ближнего и дальнего зарубежья.

НМС рекомендует:

1. Обратиться в Минприроды РФ с предложением направлять первые и окончательные редакции проектов стандартов, концепции, стратегии (в части, касающейся геолого-геофизических технологий, методов, методик) на рассмотрение и согласование в заинтересованные подведомственные предприятия и организации, в том числе НМС ГГТ Минприроды РФ, а также организации Российской академии наук и ведущие университеты.

2. Разработчикам ведомственных нормативных правовых актов провести обсуждение проекта ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» (редакция от 25.01.2013 г.) с привлечением профильных научно-технических советов и заинтересованных организаций.

3. Просить руководство организаций и предприятий отрасли представить в 2013 году в ТК 431 «Геологическое изучение, использование и охрана недр» предложения о разработке межгосударственных и (или) национальных стандартов, обеспечивающих продвижение на рынок разработанных инновационных технологий и продукции.

1.2. Доклад РГУНГ им. И.М. Губкина (Дешененков И.С.) посвящен повышению информативности геологических моделей терригенных коллекторов, обеспечиваемой введением в качестве базисных параметров динамических характеристик коллекторов вместо статических параметров, не являющихся однозначным атрибутом коллектора (приложение 2).

Цифровые трехмерные геолого-технологические модели являются инструментом разведки, контроля и управления разработкой месторождений нефти и газа. Для оценки фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) оперируют статическими параметрами (общая пористость и др.), ни один из которых не является однозначным атрибутом коллектора.

В настоящей работе основным интерпретационным параметром комплекса методов ГИС является петрофизический инвариант, непосредственно связанный с эффективной пористостью и другими ФЕС.

Предлагаемый авторами переход к «динамической» петрофизике существенно повышает достоверность и надежность геологического и гидродинамического моделирования.

Построение геологических моделей, реализуется с использованием связей технологических характеристик коллекторов (удельная продуктивность, характер притока, строение переходной зоны, эффективные проницаемости) и ФЕС, определяемых по данным комплекса ГИС.

При этом обеспечивается:

- оценка водоудерживаемой способности цемента;
- расчет распределения насыщения в переходной зоне выше зеркала чистой воды (ЗЧВ);
- возможность прогноза продуктивности и состава притока.

Использование эффективной пористости, определенной по данным методов ГИС, принципиально повышает петрофизическую информативность 3D геологического моделирования месторождений нефти и газа посредством прогноза эффективных проницаемостей и относительных фазовых проницаемостей (ОФП) по нефти и воде, эффективной нефтенасыщенности, удельной продуктивности, капиллярных давлений по результатам анализа данных стандартного комплекса ГИС и специальных исследований керна.

Рассмотрев материалы доклада (А.А. Жамалетдинов, В.С. Цирель, В.И. Лысенков, В.В. Шиманский, А.П. Савицкий, А.Л. Ронин, Н.Н. Ржевский),

НМС отмечает:

- Инструментом разведки, контроля и управления разработкой месторождений углеводородов являются цифровые трехмерные геолого-геофизические модели, в которых при оценке фильтрационно-емкостных свойств **используют статические параметры**, не являющиеся однозначным атрибутом коллектора.

- Кафедрой ГИС РГУНГ им. И.М. Губкина для преодоления отмеченной неоднозначности предложено развитие новой концепции, базирующейся на динамических характеристиках коллекторов (эффективная пористость, фазовые проницаемости по нефти и воде и др.).

- Новый подход в совокупности с данными ГИС и результатами специальных исследований керна позволяет значительно повысить петрофизическую информативность 3D геологического моделирования месторождений УВ в области прогноза эффективной нефтенасыщенности, удельной продуктивности, капиллярных давлений и пр.

НМС рекомендует:

1. Одобрить результаты научно-исследовательской работы по теме «Повышение информативности геологических моделей терригенных залежей нефти и газа на основе динамической петрофизики», выполненной кафедрой ГИС РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина. Считать это направление НИР актуальным и приоритетным, обладающим научной новизной и высокой практической значимостью.

2. Развитие работ по технологии оценки прогнозных дебитов, по геолого-геофизическим данным, предложенной каф. ГИС РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, поддержать с опытной проверкой их работоспособности на других месторождениях нефти и газа.

3. Рекомендовать Федеральному агентству по недропользованию внедрение разработанной методики прогноза дебитов и обводненности продукции при проведении геологоразведочных работ на нефть и газ.

4. Предложить авторам технологии подготовить Методические рекомендации для последующего производственного внедрения разработки. Продолжение работ по направлению считать целесообразным для повышения эффективности освоения ресурсной базы углеводородов.

1.3. Доклад М.Б. Штокаленко (ФГУНПП «Геологоразведка») знакомит с возможностями использования томографических построений по данным гравиметрической и магнитных съемок при прогнозно-поисковых работах на УВ и твердые полезные ископаемые (приложение 3).

С начала XXI века в геофизике развивается плотностная и магнитная томография – послойное исследование толщи горных пород. По существующим представлениям, обязательным атрибутом томографии является движущийся источник поля. По-видимому, это определение заимствовано из медицины и для геофизики не всегда подходит.

Началом развития томографии в геофизике стали вейвлет-преобразования, разработанные к концу XX века. Эти преобразования взаимно однозначно связывают функцию одной переменной с функцией двух переменных, поэтому используются, например, для эффективного сжатия графических образов. Функцией одной переменной может быть график значений поля по профилю, а функцией двух переменных – геофизический разрез.

В 2006 г. была разработана технология вейвлет-преобразований с физическим смыслом [Штокаленко и др., 2007], которая применялась для прогноза и поисков углеводородных и рудных месторождений по данным гравиразведки и магниторазведки. Технология позволяет контрастно выявлять наложенные ореолы плотности и намагниченности амплитудой в тысячные доли $г/см^3$ и $А/м$, секущие геологические границы. Такие ореолы, рассматриваемые в качестве поисковых предпосылок и поисковых признаков полезных ископаемых, использовались для прогноза месторождений. Суть метода заключается в распознавании аномалий, создаваемых источниками, расположенными на разных глубинах.

Следует отметить, что разрешающая способность таких исследований закономерно снижается с глубиной, т.е. с увеличением глубины залегания объекта выявляемые плотностные и магнитные неоднородности всё более и более расплываются.

Для исправления ситуации вейвлет-преобразование с физическим смыслом заменили пересчётом потенциального поля вниз, а для того, чтобы поле не расщеплялось на особых точках, из него предварительно выделялись полосовой фильтрацией частотные составляющие.

Результаты пересчёта первоначально выражаются в единицах поля ($мГал$ или $нТл$). Для перехода к эффективным плотностям или намагниченностям от полученного распределения поля в нижнем полупространстве решается прямая задача, как будто это плотность или намагниченность в условных единицах.

Разработанная технология плотностной и магнитной томографии применяется в различных масштабах на разных стадиях геологоразведочных работ в комплексе с другими геофизическими и геохимическими методами. Методика прогноза и поисков УВ опробована на объектах Волго-Уральской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской нефтегазоносных провинций (Ромашкинское, Костюкское, Возейское, Ямбургское, Ванкорское, Лодочное и др. месторождения). Возможности прогноза рудных месторождений проверены на золоторудных месторождениях Олимпиада, Сухой Лог и др. в Восточной Сибири, на кимберлитовых полях Зимнего Берега.

Рассмотрев представленные в докладе материалы (Н.Н. Ржевский, А.С. Долгаль, Ю.В. Рослов, Е.Д. Мильштейн, А.В. Тарасов, В.И. Борисов, П.С. Бабаянц, А.Л. Ронин),

НМС отмечает:

• На предприятии «Геологоразведка» убедительно обоснована технология плотностной и магнитной томографии применительно к решению различных геологических задач на разных стадиях геологоразведочных работ.

- В комплексе с другими геофизическими и геохимическими методами технология опробована на газо-нефтяных объектах Волго-Уральской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской провинций.

- Возможности прогнозирования рудных месторождений с использованием предложенной технологии проверены на золоторудных месторождениях: Олимпиада, Сухой Лог и др. в Восточной Сибири, на кимберлитовых полях Зимнего Берега.

- Положительную оценку научной общественности разработка получила при ее представлении в докладах на международных семинарах (2000 г., 2013 г.).

НМС рекомендует:

1. Одобрить результаты исследований ФГУНПП «Геологоразведка» в области плотностной и магнитной томографии по данным гравиметрических и магнитных съёмок.

2. Включить изложенную технологию в комплекс опытно-методических прогнозно-поисковых геофизических и геохимических работ, выполняемых ФГУНПП «Геологоразведка», при научно-методическом руководстве со стороны разработчиков.

3. ФГУНПП «Геологоразведка» подготовить предложения по созданию «Методического руководства по применению плотностной и магнитной томографии при прогнозировании и поисках углеводородных и рудных месторождений» в перечень конкурсной тематики, выполняемой за счёт средств госбюджета.

1.4. Доклад А.С. Долгая (ГИ УрО РАН) посвящен методам решения обратных задач гравиразведки и магниторазведки, использующих синтез функционально-аналитического и вероятностно-статистического подходов» (приложение 4).

При решении практических задач геофизики часто возникает необходимость в совместной оценке физических и геометрических параметров геологических тел (структур) по геопотенциальным (гравитационным и магнитным) полям, которая заключается в решении т.н. смешанной обратной задачи. Такая постановка предполагает совокупное решение обратной задачи в линейной и нелинейной постановках с учетом априорной информации о помехах и источниках поля. На современном этапе развития геофизических методов прерогативой является *оценивание точности и достоверности* решения смешанных обратных задач. По своей сути рассматриваемая работа сочетает достоинства детерминистского и вероятностно-статистического подходов, а ее практическая реализация является новым существенным продвижением в этом направлении.

В основе предлагаемой методики количественной интерпретации гравитационных и магнитных аномалий лежат монтажные алгоритмы решения обратных задач, предполагающие оценку геометрических и петрофизических параметров аномалиеобразующих объектов на различных стадиях геологоразведочных работ. Авторы развивают новую модификацию монтажного метода решения нелинейной обратной задачи «рудного» типа, не требующего точного априорного задания плотностей (намагниченностей) тел, но предполагающего задание *интервальных распределений* петрофизических параметров среды, более соответствующих реальным геологическим условиям. Процесс построения допустимого решения обратной задачи заключается в итерационном подборе значений плотности (или составляющих вектора намагниченности) моделируемых объектов в заданных интервалах значений, причем на каждой итерации одновременно уточняются геометрические параметры и осуществляется автоматизированная корректировка физических параметров модели источников поля.

Оригинальным элементом методики является т.н. *гарантированный подход* к анализу структуры множества допустимых решений нелинейной обратной задачи, который объективно характеризует практические возможности количественной интерпретации гравиразведки (магниторазведки) при ограниченном объеме априорных данных. В результате пространственно-статистической оценки достоверности решения смешанной обратной задачи могут быть выделены фрагменты геологической среды, с высокой вероятностью принадлежащие реальным возмущающим объектам.

Еще одним новым элементом методики является вероятностно-детерминистский подход к решению линейной обратной задачи, который заключается в определении аномальных физических характеристик (избыточной плотности, эффективной намагниченности) геологических объектов с известными геометрическими параметрами по наблюдаемым геофизическим полям посредством *минимизации эмпирического риска*. С учетом априорных данных о свойствах помех на множестве допустимых решений обратной задачи строится функция плотности вероятностей, которая исчерпывающе описывает вектор оцениваемых параметров источников поля. Следует отметить, что метод эмпирического риска *в несколько раз повышает точность* определения петрофизических параметров аномалиеобразующих объектов по сравнению с традиционно принятой минимизацией среднеквадратического отклонения полей в условиях интенсивных знакопеременных помех с произвольным статистическим распределением. Отдельно следует упомянуть о неоспоримом преимуществе данного метода – возможности получать *оценку качества результатов* при решении практических задач.

В настоящее время в Горном институте УрО РАН (г. Пермь) разрабатывается современная компьютерная технология, реализующая монтажные алгоритмы решения обратных задач. Ожидается последующее внедрение технологии в практику геофизических исследований. Ее предполагаемая геологическая эффективность заключается в повышении достоверности определения размеров, формы, глубин залегания и физических свойств геологических объектов. Экономическая эффективность технологии обусловлена увеличением вероятности вскрытия искомых аномалиеобразующих объектов в заданных интервалах глубин поисковыми и разведочными скважинами, рекомендованными по результатам решения смешанных обратных задач геофизики.

Рассмотрев материалы доклада (Д.Ф. Калинин, А.А. Жамалетдинов, А.В. Тарасов, Е.Д. Мильштейн, А.Л. Ронин, Н.Н. Ржевский),

НМС отмечает:

- Классическая теория интерпретации гравитационных и магнитных аномалий стоит на пороге новой парадигмы, характеризуемой отходом от традиционных представлений результатов количественной интерпретации данных как отдельного («оптимального») решения обратной задачи. Для подобной смены парадигм уже сегодня имеются достаточные теоретические и экспериментальные наработки, реальное воплощение которых вполне обеспечивает мощность современных вычислительных средств.

- Предлагаемое авторами создание компьютерной технологии, реализующей монтажные алгоритмы решения обратных задач с ее последующим внедрением в практику геофизических исследований, научно обосновано и представляет практический интерес.

- Оценка геологической эффективности направления требует детальной проработки и наполнения примерами применения на конкретных геологических объектах и различных стадиях ГРР.

- По объему представленных авторами публикаций, их содержанию и наполненности физико-математическими материалами, подтверждающими правомерность положений, реализуемых в технологии, авторы готовы к составлению монографии, посвященной формированию современной компьютерной технологии, реализующей принципиально новые алгоритмы решения обратных задач геофизики.

НМС рекомендует:

1. Одобрить результаты работ ГИ УрО РАН в области разработки методов решения обратных задач гравиразведки и магниторазведки с использованием синтеза функционально-аналитического и вероятностно-статистических подходов.

2. Считать целесообразным включение материалов по решению обратных задач геофизики в курсы лекций для студентов специальности «Геофизика».

3. Предприятиям Российской Федерации, выполняющим исследования методами гравиразведки и магниторазведки, либо использующие материалы этих исследований, предложить применение технологии ГИ УрО РАН в опытно-методических работах при научно-методическом сопровождении разработчиков.

4. ГИ УрО РАН и ФГУНПП «Геологоразведка» рассмотреть возможность логического объединения монтажных алгоритмов решения обратных задач с системой многоальтернативного прогноза целевых геологических объектов по комплексу геоданных MultAlt (на этапе принятия взвешенных интерпретационных решений) с целью усиления результативности совместного практического внедрения при проведении геологоразведочных работ.

5. Ходатайствовать о постановке перспективной тематики НИР, связанной с синтезом функционально-аналитического и вероятностно-статистического подходов при решении обратных задач геофизики.

1.5. В докладе О.И. Погаревой (ФГУНПП «Геологоразведка») рассмотрены вопросы построения трехмерной геолого-геофизической модели по данным гравиметрической и магнитометрической съемки (Сингуляр-3-Мер) (приложение 5).

Компьютерная технология «Сингуляр-3-Мер» предназначена для интерпретации геопотенциальных полей и состоит из двух этапов. На первом проводится интерпретация методом локализации особых точек, на втором – построение геолого-плотностной или геолого-магнитной модели изучаемой среды.

Технология включает три способа построения геолого-геофизической модели:

- построение модели по каждому профилю наблюдений путем аппроксимации разреза горизонтальными призмами, имеющими в сечении многоугольник;
- построение единой трехмерной модели с учетом размеров и направления тел по простиранию с вычислением поля от созданной единой трехмерной модели по всему планшету;
- построение трехмерных поверхностей, связанных с горизонтальными границами раздела сред.

По априорным геологическим сведениям и результатам интерпретации магнитного и гравитационного полей методом «Особых точек» сделано построение трёхмерной модели. Использованы данные магнитометрической и гравиметрической съемки на Северо-восточной части Войкаро-Сыньинского участка (Урал); на участке Лазурский (Горный Алтай) – по данным гравиметрической съемки.

По данным магнитометрической съемки на Сырьянском участке Казанско-Кажимского авлакогена осуществлено построение трёхмерной поверхности.

Отличительные черты предлагаемой методики:

1. Критерием достоверности подобранной модели служит мера сходимости исходного (наблюденного) и рассчитанного полей.
2. Графическое изображение модели среды представляется как в трехмерном варианте, так и в двухмерном по профилям.
3. Трёхмерное изображение может быть получено в разных ракурсах модели и с разной степенью детальности путем исключения из рассмотрения тех или иных тел.

По результатам обсуждения материалов доклада (П.С. Бабаянц, Н.Н. Ржевский, А.С. Долгаль)

НМС отмечает:

- Научную и практическую значимость исследований в области построения трехмерной геолого-геофизической модели по данным гравиметрической и магнитной съемки.
- Предложенную технологию следует использовать в прогнозно-поисковых геофизических работах, выполняемых ФГУНПП «Геологоразведка», при научно-методическом сопровождении разработчиков.

НМС рекомендует:

1. Одобрить результаты исследований ФГУНПП «Геологоразведка» в области построения трехмерной геолого-геофизической модели по данным гравиметрической и/или магнитной съемки.
2. Включить компьютерную технологию «Сингуляр-3-Мер» в состав комплексной компьютеризированной геолого-геофизической технологии прогнозно-поискового назначения, разрабатываемой в ФГУНПП «Геологоразведка» на основе ПМО MultAlt.

1.6. В докладе А.А. Лихачева (ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика») рассмотрены вопросы построения геолого-геофизических разрезов в современных условиях проведения геолого-съёмочных работ в рамках ГДП-200 (приложение 6).

С целью оценки применимости съёмок м-ба 1:200000 для построения разрезов проведено моделирование минимально возможных размеров тел, которые могли бы проявиться в гравиметрической съёмке м-ба 1:200000. Моделирование показало, что по данным съёмок такого масштаба могут быть количественно интерпретированы геологические объекты размером по ширине не менее 3.2 км. Слишком редкий шаг съёмки (2-4 км), характерный для площадных гравиметрических данных м-ба 1:200000, может существенно ограничить достоверность изучения геологического разреза. Для получения разреза в диапазоне глубин 0-6 км требуются более детальные данные. Моделированием установлено, что для выделения минимально допустимого размера тела, например, шириной 600 м шаг по профилю должен быть не более 250 м.

Одной из основных проблем ГДП-200 является неполное покрытие съёмками м-ба 1:50000 отдельных листов. В этом случае, для наиболее достоверного выделения элементов геологического разреза на участках, обеспеченных только данными м-ба 1:200000, можно рекомендовать вдоль моделируемого профиля выполнить измерения гравитационного и магнитного полей с более детальным шагом, определяемым на основе моделирования потенциальных полей. Такой способ решения проблемы редкой сети наблюдений существенно дешевле, чем проведение площадных работ.

Летом 2012 года в процессе ГДП-200 листов Q-59-XXIX, XXX (Отроженская площадь) были проведены наземные сопровождающие работы методами грави-, магнито- и электроразведки (АМТЗ и МТЗ) для выявления элементов глубинного строения массивов офиолитов (размерами от 600 м и крупнее) на глубинах до 6 км и для решения картировочных задач на участках, перекрытых обширным чехлом четвертичных отложений. Магнитная и гравиметровая съёмки были проведены по четырём отдельным профилям общей длиной 147.5 п. км. Длина профилей изменялась от 35 до 60 км. Шаг магнитной съёмки составил 25 м, а гравиметровой 200 м.

При сопоставлении результатов гравиметрической съёмки с картой поля силы тяжести в редукции Буге из комплекта карт геофизической основы Геологической карты РФ масштаба 1:200000 по указанным выше листам установлено, что для центральной части Отроженской площади характерен более сложный характер изменения поля силы тяжести. Сравнительный анализ горизонтальных градиентов силы тяжести этих двух наборов данных показал, что положение контактов пластин офиолитов с вмещающей толщей изменилось в плане на отдельных участках до 1.5 км.

По результатам наземной магнитной съёмки сделан вывод о том, что источники магнитных аномалий более локальны, чем предполагалось ранее и располагаются у дневной поверхности или на незначительной глубине. В то же время, при анализе кривой магнитного поля, снятой с карты изолиний аномального магнитного поля м-ба 1:200000, построенной по данным аэромагнитной съёмки, выделяются более крупные и глубинные источники. Для сопоставления аэромагнитных данных и данных наземных измерений, последние были пересчитаны на высоту съёмочных полетов. При удовлетворительной сопоставимости таких приведённых к одному уровню данных было отмечено наличие в аэроданных отдельных локальных аномалий, отсутствующих при наземной съёмке. Полученные геолого-геофизические разрезы, построенные по наборам данных разной детальности, имеют существенные расхождения в конфигурации моделируемых блоков. Таким образом, современные, более детальные наземные магнитные и гравитационные данные позволили существенно уточнить геолого-геофизические разрезы вдоль пройденных профилей. Результаты полевых работ подтвердили эффективность детального измерения геофизических полей вдоль расчетных профилей как относительно дешевого решения в условиях, когда площадные крупномасштабные съёмки отсутствуют.

По результатам обсуждения доклада (М.Б. Штокаленко, А.С. Долгаль, П.С. Бабаянц, Е.Д. Мильштейн, А.Л. Ронин, Н.Н. Ржевский Н.Н)

НМС отмечает:

- Геофизические съёмки масштаба 1:200 000 не обладают необходимым для ГДП-200 пространственным разрешением, что не позволяет получить адекватное представление о геологическом строении территории до глубины 2 км.

- Проведение геофизических работ по отдельным профилям позволяет получить качественно новую информацию о геологическом строении вдоль линий опорных геологических разрезов. Проведение такого вида работ может являться частичной альтернативой проведения крупномасштабных геофизических съемок.

- Использование современных методов редуцирования при обработке гравиметрических данных позволяет повышать точность и достоверность результатов обработки.

- Действующая «Инструкция по гравиразведке» нуждается в приведении ее в соответствие современному уровню.

НМС рекомендует:

Апробировать в опытно-методическом порядке в комплексе ГДП-200 специализированные геофизические съемки по отдельным опорным профилям на листах не обеспеченных в полном объеме крупномасштабными геофизическими съемками.

1.7. В докладе Ю.В. Рослова (ООО «Сейсмо-Шельф») обсуждаются вопросы технологии многокомпонентной сейсморазведки на базе донных станций нового поколения (приложение 7).

Современная морская сейсморазведка в настоящее время переживает революционный этап: повсеместное внедрение и использование технологий донной регистрации сейсмических сигналов на базе кабельных и бескабельных систем, обеспечивающих получение уникальных многокомпонентных площадных сейсмических материалов, недоступных в рамках стандартной морской сейсморазведки с плавающими косами. Вместе с тем, стоимость данных работ остается гораздо более высокой в сравнении с сейсморазведкой с плавающими косами.

ООО «Сейсмо-Шельф» занимается проблемами морской донной сейсморазведки уже более трех лет. В этом году предприятие завершило разработку и готовится к выполнению производственных полевых работ с новой линейкой оборудования – донной многокомпонентной сейсмической станцией «Черепаша» (новое поколение).

В станции «Черепаша» предусмотрено использование технологии донной сейсморазведки, позволяющей повысить эффективность исследований и снизить стоимость полевых работ. В ее составе:

1. Использование надежных регистрирующих систем, минимизирующих количество бракованного сейсмического материала и, соответственно, времени перестрела.

2. Компактное размещение оборудования в контейнера, позволяющих оперативно производить его транспортировку и развертывание в любой части мира.

3. Отказ от использования специализированных судов.

4. Оперативный оборот донного оборудования в ходе морских работ, направленный на повышение эффективности его использования и уменьшение операционного времени.

5. Применение масштабированного, кластерного подхода для увеличения/уменьшения количества задействованного полевого оборудования.

Неотъемлемой частью технологии являются процедуры обработки и интерпретации полученных сейсмических материалов, позволяющие получить геолого-геофизические результаты, наглядно демонстрирующие все преимущества морской многокомпонентной донной сейсморазведки.

Разработка предназначена для технико-технологического обеспечения морских геологоразведочных работ на углеводороды в условиях шельфа Российской Федерации.

Эффективность связана с повышением достоверности построения геолого-геофизических моделей объектов, снижением геологических рисков при поисковом бурении.

Разработка защищена серией патентов Российской Федерации.

Потребители станции – компании недропользователей Роснедра.

По результатам рассмотрения работы ООО «Сейсмо-Шельф» «Технология многокомпонентной сейсморазведки на базе донных станций нового поколения» (Э.В. Исанина, В.С. Цирель, А.Л. Ронин)

НМС отмечает:

- Выполненная предприятием ООО «Сейсмо-Шельф» разработка актуальна и стратегически значима для решения (с использованием морской сейсморазведки) важных прогнозно-поисковых задач в условиях шельфа Российской Федерации.

- Донная станция «Черепаша» удовлетворяет современным требованиям к аппаратуре и оборудованию и может рассматриваться в составе технических средств перевооружения геологической отрасли на перспективу.

- Замена зарубежных станций Z700, FairfieldNodal, Geospace на отечественную станцию «Черепаша» позволит существенно снизить стоимость морских геологоразведочных работ на нефть и газ и освободит от импортозависимости морскую сейсморазведку на шельфе.

НМС рекомендует:

1. Одобрить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки ООО «Сейсмо-Шельф» по развитию технологии морской донной сейсморазведки выражающейся, в частности, в разработке донной многокомпонентной сейсмической станции «Черепаша» нового поколения, отвечающей самым современным техническим мировым требованиям, и технологии донной многокомпонентной сейсморазведки.

2. Оказать финансовую поддержку федерального уровня (Минприроды РФ, ФАН «Роснедра») организациям, развивающим разработки технико-технологических средств (аппаратура, оборудование, технологии, метрологическое обеспечение и др.), импортозамещающего характера.

3. В тематике «Технология многокомпонентной сейсморазведки на базе донных станций нового поколения» предприятию ООО «Сейсмо-Шельф» предусмотреть создание нормативно-методической технической документации (Методические рекомендации, Требования и др.) в целях производственного внедрения разработки.

1.8. В докладе В.И. Борисова (ОАО НПП «ВНИИГИС») предлагаются пути совершенствования технологии нефтяной модификации литоплотностного каротажа с целью повышения геологической информативности метода (приложение 8).

Эксплуатация приборов в производственных условиях показала, что дифференциация исследуемых разрезов по $Z_{эфф}$ недостаточна и, по мере уменьшения $Z_{эфф}$, ухудшается.

Проведенный авторами анализ показал, что экспериментально наблюдаемое при многократном рассеянии поглощение квантов в диапазоне от 250 кэВ и ниже не может происходить только за счет фотоэлектрического поглощения электронами атомов. Существенную долю в поглощении этих квантов играют ядерные структуры атомов. Чем меньше атомный номер исследуемой среды, тем большая часть низкоэнергетического спектра многократно рассеянного гамма-излучения поглощается ядрами атомов.

Авторами предлагается улучшить дифференциацию литологического зонда нефтяной модификации ЛПК путем дополнения измерительного зонда низкоэнергетическим источником гамма-излучения, чтобы поглощение гамма-квантов происходило только в результате фотоэффекта, исключив, тем самым, поглощение квантов ядрами атомов.

Оценив материалы, представленные в докладе В.И. Борисова,

НМС отмечает:

Авторами научно обоснована возможность повышения геологической информативности литоплотностного каротажа (при исследовании разрезов скважин с малыми значениями эффективных атомных номеров горных пород) в случае использования в литологическом зонде низкоэнергетического источника гамма-излучения, позволяющего оценивать эффективный атомный номер исследуемых горных пород по величине фотоэлектрического поглощения гамма-квантов электронами атомов, исключив влияние поглощения квантов структурами ядер.

НМС рекомендует:

1. Одобрить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки ОАО НПП «ВНИИГИС» по развитию технологии литоплотностного каротажа для одновременного определения в нефтяной геофизике объемной плотности исследуемых горных пород и их литологической принадлежности.

2. В тематике разработок ОАО НПП «ВНИИГИС» предусмотреть создание нормативно-методической технической документации (Методические рекомендации, Требования и др.) в целях производственного внедрения разработки.

1.9. Доклад ОАО НПП «ВНИИГИС» «Современные аппаратурно-методические комплексы и геофизические технологии для исследования рудных, угольных и гидрогеологических скважин» представлен А.И. Лысенковым (приложение 9).

Коллективом ОАО НПП «ВНИИГИС» выполняются научно-исследовательские, опытно-методические и производственные работы в областях нефтегазовой, рудной, угольной геофизики, гидрогеологии. Постановка задач включает как теоретические разработки новых методов, аппаратуры и технологий проведения каротажа, так и производство собственными силами скважинных приборов серийного выпуска и индивидуального изготовления под технические требования заказчика, а также проведение ГИС и решение конкретных геологических задач.

Разрабатываемые компьютеризованные аппаратурно-методические комплексы рудного и угольного направления (АКИПС-уголь, руда) предназначены для геофизических исследований вертикальных и наклонных скважин глубиной до 2000 метров.

Функционирование комплекса в различных геолого-технологических режимах осуществляется под управлением бортового компьютера с использованием системного программного обеспечения. Первичная обработка данных измерений осуществляется с использованием пакета прикладных программ. Все приборы проходят метрологическую аттестацию на стандартных образцах пластов, поверочных установках и полевых калибраторах.

В Октябрьском с 2010 года введен в эксплуатацию завод каротажного оборудования ОЗКО ВНИИГИС, который выпускает широкий спектр спускоподъемного оборудования на любых шасси и в исполнении по требованию Заказчика.

При ОАО НПП «ВНИИГИС» работает также учебный центр, осуществляющий обучение и подготовку специалистов по широкому кругу специальностей, необходимых для проведения геофизических работ и интерпретации геолого-геофизического материала.

В настоящее время около 70 аппаратурно-методических комплексов работают в различных регионах России, странах Ближнего и Дальнего Зарубежья. В последние годы каротажные станции и комплексы поставлялись для исследования скважин при поисках и разведке месторождений алмазов в Якутии, Архангельске, Республике Ангола, на золоторудных, урановых и угольных месторождениях в различных регионах России и Казахстана. Проводятся работы по разработке оптимального комплекса ГИС для решения гидрогеологических задач, создания различных модулей комплексной аппаратуры для исследования рудных, угольных и гидрогеологических скважин. К заказчикам на получение геофизических услуг от предприятия относятся: ОАО АК «АЛРОСА», ОАО «Атомредметзолото», ЗАО «Полус», ОАО «Сибирский химический комбинат» и другие организации России, стран СНГ и дальнего зарубежья.

После ответов на вопросы и рассмотрения материалов доклада (Д.Ф. Калинин, В.М. Каулио, А.Л. Ронин)

НМС отмечает:

- В ОАО НПП "ВНИИГИС" в настоящее время разработаны и успешно функционируют компьютеризованные аппаратурно-методические комплексы (КАМК) и агрегатированные комплексы скважинных измерительных преобразователей (АКИПС-уголь, руда), предназначенные для решения геологических задач при поисках и разведке твердых полезных ископаемых (в том числе алмазов, золота, железа, угля), а также пресных вод. Обладая большими потенциальными возможностями для регистрации, визуализации и обработки результатов, аппаратурно-методические комплексы открывают широкие функциональные возможности по управлению технологическим процессом проведения скважинных исследований.

- Для геофизических исследований рудных, угольных и гидрогеологических скважин предлагаются скважинные приборы как аналогового типа (старый парк), так и современная программно-управляемая аппаратура по всем видам каротажа, включающая ядерно-физические методы для целенаправленного изучения элементного состава горных пород и руд цветных, благородных и редких металлов.

НМС рекомендует:

1. Одобрить активную деятельность ОАО НПП «ВНИИГИС» по разработкам и промышленному производству импортозамещающих аппаратурно-методических комплексов и геофизических технологий для исследования рудных, угольных и гидрогеологических скважин.

2. Перевооружение отрасли в области геофизических исследований рудных, угольных и гидрогеологических скважин выполнять на основе аппаратурно-методических комплексов

АКИПС и КАМК, а также спуско-подъемного оборудования, каротажных и переносных станций, разработанных в ОАО НПП «ВНИИГИС».

3. Обучение специалистов производственных предприятий технике и методике работ аппаратурно-методическими комплексами производить на базе учебного центра ОАО НПП «ВНИИГИС».

2 Разное

2.1. Уточнение состава НМС ГГТ.

Докладчик А.Л. Ронин, заместитель председателя НМС ГГТ, к.г.-м.н.

В целях усиления экспертно-консультативной деятельности НМС ГГТ Минприроды

- ввести в состав Бюро **Лыгина А.М.** – к.т.н., начальника Управления геологических основ, науки и информатики федерального агентства «Роснедра» Минприроды РФ.

по секции 1 «Геологосъемочные и региональные исследования

- назначить соруководителем **Снежко В.В.** – к.г.-м.н., заведующего отделом отраслевых информационных систем и банков данных ФГУП «ВСЕГЕИ».

секции

- ввести в состав секции **Вербицкого В.Р.** – директора Центра геологической картографии ФГУП «ВСЕГЕИ».

по секции 2 «Прогнозно-поисково-разведочные работы»

- исключить **Снежко В.В.** (в связи с переводом в секцию «Геологосъемочные и региональные исследования»).

Принято единогласно.

Секретарь Совета

Т.А. Кудрявцева

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

5 марта 2013 г.

г. Санкт–Петербург

Члены Совета

Ронин А.Л. заместитель директора ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н. (заместитель председателя)
Авдевич М.М. ведущий научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н.
Бабаянц П.С. главный геофизик ЗАО ГП «Аэрогеофизика»
Высокоостровская Е.Б. ведущий научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н.
Голомолзин В.Е. заведующий лабораторией ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н.
Горбатов О.В. руководитель органа сертификации ЕАГО, к.ф.-м.н.
Долгаль А.С. ведущий научный сотрудник ГИ УрО РАН, д.ф.-м.н., профессор
Жамалетдинов А.А. главный научный сотрудник СПбФ ИЗМИРАН, д.г.-м.н.
Исанина И.В. ведущий геофизик РГЭЦ – филиал ФГУГП «Урангео»
Калинин Д.Ф. главный научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка», д.т.н.
Караев Н.А. главный научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка», д.ф.-м.н.
Каулио В.М. ведущий геофизик ФГУНПП «ПМГРЭ»
Краснов А.И. ведущий научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н.
Мац Н.А. заместитель директора ФГУНПП «Геологоразведка», д.т.н.
Поляков А.В. ученый секретарь ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н.
Попов Б.Л. заведующий отделом ФГУНПП «Геологоразведка»
Ржевский Н.Н. директор филиала компании «Сиберд иксplorейшн ФЗ-МК» в С-Пб, к.г.-м.н.
Рослов Ю.В. заместитель директора ООО «Сейсмо-Шельф», к.ф.-м.н.
Савицкий А.П. заместитель директора ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н.
Танинская Н.В. заведующая отделом ФГУНПП «Геологоразведка», д.г.-м.н.
Тарасов А.В. главный геофизик ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика», к.г.-м.н.
Цирель В.С. начальник отдела ФГУНПП «Геологоразведка», к.т.н.
Шиманский В.В. директор ФГУНПП «Геологоразведка», д.г.-м.н.
Штокаленко М.Б. ведущий научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка», к.т.н.

Приглашенные

Андросов Е.А. ведущий геофизик ФГУП «ВСЕГЕИ»
Борисов В.И. старший научный сотрудник ОАО НПП «ВНИИГИС», к.г.-м.н.
Гольшева Ю.С. геофизик ФГУП «ВСЕГЕИ»
Дешененков И.С. аспирант РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина
Кудрявцева Т.А. инженер 1 кат. ФГУНПП «Геологоразведка»
Лихачев А.А. . ведущий научный сотрудник ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика»
Лысенков А.И. заместитель генерального директора ОАО НПП «ВНИИГИС», к.т.н.
Мильштейн Е.Д. заведующая отделом ФГУП «ВСЕГЕИ», к.г.-м.н.
Погарева О.И. ведущий геофизик ФГУНПП «Геологоразведка», к.т.н.
Птицын В.А. заведующий сектором ФГУНПП «Геологоразведка»
Терминасов С.Ю. ведущий инженер ФГУНПП «Геологоразведка»
Яновская Ю.А. ведущий геофизик ФГУНПП «Геологоразведка»
Яшин Б.А. ведущий геофизик ФГУП «ВСЕГЕИ»

ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА ВЕЛИЧИНЫ ИХ ЭФФЕКТИВНОЙ ПОРИСТОСТИ

Д.А. Кожевников, К.В. Коваленко, И.С. Дешененков (РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, Москва)

Тезисы доклада

Цифровые трехмерные геолого-технологические модели являются инструментом разведки, контроля и управления разработкой месторождений нефти и газа. Для оценки фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) оперируют статическими параметрами (общая пористость и др.), ни один из которых не является однозначным атрибутом коллектора.

Для преодоления этой неоднозначности развита новая концепция эффективного порового пространства (ЭПП) (Дмитриевский А.Н., Закиров С.Н. и др., Ringrose и др., Кожевников Д.А., Коваленко К.В. и др., Элланский М.М.), базисными параметрами которой являются динамические характеристики коллекторов (эффективная пористость, фазовые проницаемости по нефти и воде и др.).

В настоящей работе основным интерпретационным параметром комплекса методов ГИС является петрофизический инвариант, непосредственно связанный с эффективной пористостью и другими ФЕС [2, 3].

Принципы адаптивности и петрофизической инвариантности являются основой «динамической» петрофизики, а эффективная пористость применяется на всех этапах геомоделирования – от сейсмической инверсии до построения флюидальной и гидродинамической моделей [1, 4]. Переход к «динамической» петрофизике существенно повышает достоверность и надежность геологического и гидродинамического моделирования.

Построение геологических моделей, основанных на знании динамических ФЕС, радикально облегчается благодаря наличию тесных корреляционных (в ряде случаев функциональных и устанавливаемых аналитически) связей технологических характеристик коллекторов (удельная продуктивность, характер притока, строение переходной зоны, эффективные проницаемости) и ФЕС, определяемых по данным комплекса ГИС.

Используя Ψ как интерпретационный параметр методов ГИС, можно непосредственно оценить максимально возможную насыщенность емкостного пространства коллектора нефтью или газом $K_{нг\ max} = 1 - K_{во}$.

Зависимость капиллярного давления от текущей водонасыщенности позволяет рассчитать распределение насыщения в переходной толще выше ЗЧВ. Если по площади залежи известны абсолютные отметки уровня свободной воды, то по величине эффективной пористости возможен прогноз продуктивности и состава притока.

Рядом исследователей изучались статистические связи между продуктивностью и ФЕС коллекторов нефти и газа, устанавливаемыми по данным ГИС. Такие эмпирические тренды отмечались с показаниями метода СП. Адаптивная технология интерпретации данных ГИС, исключая влияние множества помех, указывает на интенсивную корреляцию удельной продуктивности с эффективной пористостью.

Использование эффективной пористости, определенной по данным методов ГИС, принципиально повышает петрофизическую информативность 3D геологического моделирования месторождений нефти и газа посредством прогноза эффективных проницаемостей и ОФП по нефти и воде, эффективной нефтенасыщенности, удельной продуктивности, капиллярных давлений по результатам анализа данных стандартного комплекса ГИС и специальных исследований керна.

В работе приведены конкретные примеры пространственной модели одного из месторождений Западной Сибири.

Литература

1. *Кожевников Д.А., Коваленко К.В.* Изучение коллекторов нефти и газа по результатам адаптивной интерпретации геофизических исследований скважин // УДК 550.83, ББК 33.36, К58, ISBN 978-5-91961-051-9, Москва, Издательский центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2011.
2. *Кожевников Д.А., Коваленко К.В., Дешененков И.С.* Информационный потенциал адаптивной интерпретации данных комплекса ГИС // Нефтяное хозяйство, 2011, № 9.
3. *Кожевников Д.А., Коваленко К.В., Дешененков И.С.* Прогноз фазовых проницаемостей коллекторов по данным ГИС для построения цифровых моделей залежей // Бурение и нефть, 2012, № 1.
4. *Кожевников Д.А., Коваленко К.В., Лазуткина Н.Е., Жемжурова З.Н., Сафронов М.А.* Адаптивная интерпретация данных ГИС в моделировании месторождений нефти и газа // Нефтяное хозяйство, 2011, № 4.

Приложение 3

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЛОТНОСТНОЙ И МАГНИТНОЙ ТОМОГРАФИИ ПО ДАННЫМ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ СЪЁМОК. АЛГОРИТМЫ И ПРИМЕНЕНИЕ

М.Б. Штокаленко, С.Г. Алексеев (ФГУНПП «Геологоразведка», Санкт-Петербург)
Тезисы доклада

С начала XXI века в геофизике развивается плотностная и магнитная томография по данным гравиметрических и магнитных съёмок. Томографией называют послойное исследование толщи горных пород. Существует определение, в котором обязательным атрибутом томографии является движущийся источник поля. По-видимому, это определение заимствовано из медицины и для геофизики не всегда подходит. Ранее появлению плотностной и магнитной томографии препятствовал психологический барьер: геофизики не могли отвлечься от мысли о том, что одним из эквивалентных решений обратной задачи является распределение всех источников поля непосредственно по дневной поверхности. Однако если наложить ограничение, например, допускать значения плотности не меньше 2 и не больше 4 г/см³, то указанное эквивалентное решение будет сразу отбраковано.

Вдохновляющим началом для развития томографии стали вейвлет-преобразования, разработанные к концу XX века. Эти преобразования взаимно однозначно связывают функцию одной переменной с функцией двух переменных, поэтому используются, например, для эффективного сжатия графических образов. Геофизики сразу сообразили, что функцией одной переменной может быть график значений поля по профилю, а функцией двух переменных – геофизический разрез. Кроме того, вейвлеты позволяют всем желающим самим изображать новые ядра преобразования, что также побуждает к научному творчеству.

Если написать выражение для гравитационного или магнитного поля в самом общем виде – как функционал от распределения плотности или намагниченности в нижнем полупространстве, но такое выражение будет иметь вид типичный для интегральных преобразований. Поэтому, у многих геофизиков с юных лет появлялась мечта об обратном интегральном преобразовании, которое воспроизведёт оригинал – пространственное распределение источников – по изображению – физическому полю.

В нашем институте в 2006 г. была разработана технология вейвлет-преобразований с физическим смыслом [Штокаленко и др., 2007], которая применялась для прогноза и поисков углеводородных и рудных месторождений по данным гравиразведки и магниторазведки, чему немало способствовал банк данных «Гравимаг». Технология позволяет контрастно выявлять наложенные ореолы плотности и намагниченности амплитудой в тысячные доли г/см³ и А/м, секущие геологические границы. Такие ореолы рассматриваются в качестве поисковых

предпосылок и поисковых признаков полезных ископаемых и использовались для прогноза месторождений. Суть метода заключается в распознавании аномалий, создаваемых источниками, расположенными на разных глубинах.

Из приведённого здесь очень краткого изложения сути метода можно легко догадаться об одном из главных его недостатков: разрешающая способность исследований закономерно снижается с глубиной, т.е. выявляемые плотностные и магнитные неоднородности всё более и более расплываются с глубиной.

Чтобы исправить ситуацию, вейвлет-преобразование с физическим смыслом пришлось заменить пересчётом потенциального поля вниз, а для того, чтобы поле не расщеплялось на особых точках, из него предварительно выделялись полосовой фильтрацией частотные составляющие. Кроме того, были исключены последовательные операции, на которых могли бы накапливаться ошибки, т.е. выделенные составляющие пересчитывались вниз за один шаг, сразу на нужную глубину. Тем самым устранялись промежуточные по глубине особые точки, на которых следовало ожидать расщепления поля.

Результаты пересчёта первоначально выражены в единицах поля (мГал или нТл). Для перехода к эффективным плотностям или намагниченностям, от полученного распределения поля в нижнем полупространстве решается прямая задача, как будто это плотность или намагниченность в условных единицах. Затем указанное пространственное распределение умножается на отношение стандартных отклонений фактического и расчётного поля, поскольку интенсивность источников входит в формулы поля линейно, множители, изменяющие амплитуду поля можно применить непосредственно к его источникам.

Глубинная настройка расчётной схемы выполнена на моделях. Управление решением осуществлялось через параметры полосовой фильтрации, выделяющей составляющие поля.

Для перехода от избыточной эффективной плотности к полной плотности, которую можно назвать также абсолютной, по аналогии с абсолютной температурой, добавляется фоновая составляющая плотности. Распределение фоновой плотности земной коры описывается барометрической формулой, сообщения об этом были сделаны сотрудниками нашего института на международных геофизических семинарах [Shtokalenko et al., 2000; Штокаленко и др., 2013].

Сопоставляя распределение абсолютной эффективной плотности с сейсмоплотностным разрезом, можно определить значения абсолютной плотности, соответствующие поверхностям слоёв земной коры. В результате вместо разуплотнений на разрезе появляются погружения геологических границ, а вместо уплотнений – поднятия, т.е. разрез приобретает геологический вид. Полученная амплитуда колебаний глубины расчётных геологических границ позволяет оценить адекватность выполненных построений. Критерием объективности расчётных геофизических разрезов служит также корреляция выявленных плотностных и магнитных неоднородностей.

Разработанная технология плотностной и магнитной томографии применяется в различных масштабах на разных стадиях геологоразведочных работ, в комплексе с другими геофизическими и геохимическими методами. Методика прогноза и поисков УВ опробована на объектах Волго-Уральской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской нефтегазоносных провинций (Ромашкинское; Костюкское, Возейское; Ямбургское, Ванкорское, Лодочное и др. месторождения). Возможности прогноза рудных месторождений проверены на золоторудных месторождениях Олимпиада, Сухой Лог и др. в Восточной Сибири, на кимберлитовых полях Зимнего Берега [Штокаленко и др., 2013].

Литература

1. *Shtokalenko, M.B.; Kaulio, V.M.; Kozlov, S.A., Syomin, Yu.A.* The Barometric Distribution of the Earth's Crust Density. In: *Geophysics in Baltic Region: Problems and Prospects for the New Millennium*. Tallinn, 2000, pp. 65 - 67.

2. *Штокаленко М.Б., Алексеев С.Г.* Вейвлет-преобразования с физическим смыслом // *Материалы 34-й сессии Междунар. науч. семинара им. Д.Г.Успенского*. М.: ИФЗ РАН, 2007, с. 293-297.

3. Штокаленко М.Б., Алексеев С.Г., Козлов С.А. От избыточной эффективной плотности к абсолютной // Материалы 40-й сессии Междунар. науч. семинара им. Д.Г.Успенского. М.: ИФЗ РАН, 2013. С. 380 – 384.

4. Штокаленко М.Б., Ворошилов Н.А., Алексеев С.Г. Геофизические и геоэлектрохимические исследования флюидодинамических систем нефтегазоносных областей и рудных районов // Материалы 40-й сессии Междунар. науч. семинара им. Д.Г.Успенского. М.: ИФЗ РАН, 2013. С. 384 – 388.

Приложение 4

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ГРАВИРАЗВЕДКИ И МАГНИТОРАЗВЕДКИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ СИНТЕЗ ФУНКЦИОНАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО И ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДОВ

Долгаль А.С., Балк П.И., Бычков С.Г., Мичурин А.В., Новикова П.Н., Христенко Л.А. (Горный институт УрО РАН, Пермь)

Тезисы доклада

Введение. В математике, в соответствии с типом оператора решения прямой задачи, обратные задачи (ОЗ) подразделяются на линейные и нелинейные. В гравirazведке и магниторазведке линейные обратные задачи (ЛЮЗ) подразумевают оценки физических характеристик изучаемых геологических объектов, а нелинейные обратные задачи (НОЗ) – определение их геометрических параметров. В реальных физико-геологических условиях петроплотностные и петромагнитные характеристики однородных по вещественному составу массивов далеко не всегда представляют собой константы. Горные породы являются сложными гетерогенными образованиями, а сложенные ими геологические тела представляют собой неоднородные по физическим характеристикам мультифрактальные объекты. Поэтому на практике часто возникает необходимость в совместной оценке физических и геометрических параметров геологических тел или структур по геопотенциальным полям, т.е. в решении смешанной обратной задачи (СОЗ).

Состоятельность любого метода решения ОЗ любого типа определяется его адекватностью реалиям и целям геофизических исследований; открытостью к использованию различной априорной информации о помехах и источниках поля; наличием средств оценивания точности и достоверности собственных результатов. В полной мере удовлетворить этим требованиям могут лишь методы, сочетающие достоинства детерминистского и вероятностно-статистического подходов.

Монтажный метод решения НОЗ. В качестве альтернативы традиционным методам решения обратной задачи можно рассматривать конечноэлементный подход к описанию изучаемого объема геологической среды, названный В.Н. Страховым и М.И. Лапиной «монтажным методом» и получивший свое развитие в работах П.И. Балка. Сущность монтажного метода составляет неразрывное единство монтажного (конечноэлементного) способа описания плотностной среды и специального (сеточного) способа построения приближенного решения в классе таких моделей, не связанного с нелинейными методами оптимизации. Метод снимает проблему неустойчивости решения обратной задачи в ее классическом понимании, так как конечная размерность модели и природные ограничения на ее плотностные и геометрические параметры изначально приводят к компактному множеству возможных решений, а учет определенного объема априорной информации обеспечивает решение геологической задачи в подавляющем большинстве случаев.

Монтажный метод решения СОЗ. Предлагается новая модификация монтажного метода решения нелинейной обратной задачи «рудного» типа за счет замены стандартного предположения об априорном задании точных значений плотности (намагниченности) тел на

более слабое условие, по которому информация о петрофизических параметрах носит размытый характер: $\delta'_k \leq \hat{\delta}_k \leq \delta''_k$, $k = 1, 2, \dots, K$, где K – количество аномалиеобразующих объектов. Процесс построения допустимого решения завершается попаданием подобранных значений плотности (или составляющих вектора намагниченности) всех K объектов в заданные интервалы значений, поэтому оптимизируемые параметры связываются между собой линейными зависимостями, так что свободной остается лишь плотность (или вертикальная составляющая намагниченности 1-го тела). На каждой итерации предпринимается попытка уточнения коэффициентов этих зависимостей, т.е. корректировка физических параметров геометрической модели источников поля.

Гарантированный подход к решению ОЗ. На практике при ограниченном объеме исходных данных и априорной информации, возможности количественной интерпретации гравиразведки (магниторазведки) полностью определяются структурой множества X_0 допустимых решений ОЗ. Для получения характеристики множества X_0 при решении НОЗ в гравиразведке П.И. Балком был предложен гарантированный подход. При этом локализация геологического тела \hat{S} рассматривается как задача построения минимальной области D_1 , содержащей все допустимые решения $S^* \in X_0$ (следовательно и \hat{S}), и максимальной области D_2 пространства, являющейся фрагментом всех решений S^* (значит, и фрагментом самого тела \hat{S}). При этом область $D_1 \setminus D_2$ пространства – суть область неопределенности (ни одну ее точку нельзя идентифицировать на предмет принадлежности телу \hat{S}).

Вероятностная оценка достоверности решения СОЗ. В результате многократного выполнения монтажного алгоритма можно получить набор независимых частных решений (т.е. векторы геометрических $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_N$ и петрофизических $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N$ или $\mathbf{J}_1, \mathbf{J}_2, \dots, \mathbf{J}_N$ параметров моделируемых тел), которые являются репрезентативной выборкой, при большом числе N характеризующей структуру множества X_0 допустимых решений СОЗ. Каждое из этих решений обеспечивает требуемую точность совпадения полей, отвечает имеющимся априорным ограничениям и является одним из равноправных вариантов количественной интерпретации. Синтез частных решений $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_N$ осуществляется на основе понятия геометрической вероятности, его результатом является нормированная «функция локализации» $\nu(\omega_\alpha)^*$ характеризующая вероятность P присутствия аномалиеобразующего объекта в элементарном объеме среды ω_α , полученную в результате N равновероятных исходов эксперимента. Очевидно, что в пределах области с нулевыми значениями функции $\nu^*=0$ аномалиеобразующие массы отсутствуют, а области значений $\nu^*=1$ представляют собой фрагменты геологической среды, гарантировано принадлежащие возмущающим объектам.

Решение ЛОЗ методом минимизации эмпирического риска. Вероятностно - детерминистский метод решения ЛОЗ заключается в определении аномальных физических характеристик (избыточной плотности, эффективной намагниченности) геологических объектов с известными геометрическими параметрами по наблюдаемым геофизическим полям, осложненным аддитивными случайными помехами η_i с нулевыми медианными значениями: $Me[\eta_i] = 0$. Это условие означает, что при выполнении геофизической съемки не было объективных причин для преобладания в измерениях помех одного знака. Идея метода минимизации эмпирического риска (МЭР) заключается в построении (на основе априорных данных о свойствах помех) функции плотности вероятностей $P(q)$ на множестве допустимых решений обратной задачи D , являющейся исчерпывающей информацией о векторе оцениваемых параметров источников поля $q^T = (q_1^T, q_2^T, \dots, q_m^T)$. Следует отметить, что метод МЭР в несколько раз повышает точность определения петрофизических параметров аномалиеобразующих объектов по сравнению с традиционно принятой минимизацией среднеквадратического отклонения полей в условиях интенсивных помех с отличающимся от нормального распределением. Отдельно следует упомянуть о неоспоримом преимуществе данного метода – воз-

возможности получать оценку качества собственных результатов при решении практических задач, когда истинные значения физических параметров источников поля неизвестны.

Заключение. Авторы убеждены, что теория интерпретации гравитационных (и магнитных) аномалий стоит на пороге новой парадигмы, характеризуемой отходом от традиционных представлений результатов количественной интерпретации данных как отдельного («оптимального») решения обратной задачи. Для подобной смены парадигм уже сегодня имеются достаточные теоретические и экспериментальные наработки, реальное воплощение которых вполне обеспечивает мощность современных вычислительных средств.

Приложение 5

ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПО ДАННЫМ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ И МАГНИТОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ (СИНГУЛЯР-3-МЕР)

О.И. Погарева, В.Г. Забелин, Н.Б. Карасева (ФГУНПП «Геологоразведка, Санкт-Петербург») Тезисы доклада

Компьютерная технология «Сингуляр-3-Мер» предназначена для интерпретации геопотенциальных полей и состоит из двух этапов. На первом проводится интерпретация методом локализации особых точек, на втором – построение геолого-плотностной или геолого-магнитной модели изучаемой среды.

Технология предоставляет три способа построения геолого-геофизической модели:

- построение модели по каждому профилю наблюдений путем аппроксимация разреза горизонтальными призмами, имеющими в сечении многоугольник;
- построение единой трехмерной модели с учетом размеров и направления тел по простиранию и вычислением поля от созданной единой трехмерной модели по всему планшету;
- построение трехмерных поверхностей, связанных с горизонтальными границами раздела сред.

1. Построение трехмерной модели по данным магнитометрической и гравиметрической съемки Северо-Восточная часть Войкаро-Сыньинского участка на территории Урала.

Физико-геологическая модель построена по априорным геологическим сведениям и результатам интерпретации магнитного и гравитационного полей методом «Особых точек».

2. Построение трехмерной модели по данным гравиметрической съемки на участке Лазурский (Горный Алтай)

На участке Лазурский гравиметрическая съемка проведена по двум параллельным профилям с шагом 25 м и расстоянием между профилями 130 м, количество точек на профиле №1 равно 49, на профиле №2 – 37. Из имеющихся данных составлен планшет из 2 параллельных профилей с количеством точек 51 на каждом, недостающие данные дополнены фоновыми значениями.

Модель плотностной среды состоит из совокупности горизонтальных призм с сечением в виде произвольного многоугольника и ограниченных по простиранию вертикальными плоскостями. Подбор модели проводился в интерактивном режиме в два этапа:

- подбор сечений призм в вертикальной плоскости по каждому профилю;
- объединение моделей, составленным по профилям, в общую модель по всему планшету.

На основании результатов решения обратных задач гравиразведки и имеющейся априорной геологической информации было составлено нулевое приближение плотностных разрезов по каждому профилю. Размеры тел по простиранию задавались на основании карты геологических данных; протяженные тела – как единые на несколько профилей, более мелкие – ограничены расстоянием, равным расстоянию между профилями. Применяемая ком-

пьютерная технология позволяет подбирать детали разреза путем изменения физических свойств (плотности) или конфигурации призм в интерактивном графическом режиме. Критерием достоверности подбора служит визуальная оценка сходимости наблюденного и вычисленного полей силы тяжести.

На втором этапе проведено объединение полученных по отдельным профилям результатов в общую модель, корректировка деталей и вычисление подобранного поля по всему планшету наблюдений от единой модели физико-геологической среды. Физико-геологическая модель состоит из 57 тел различной плотности и конфигурации.

Отличительные черты предлагаемой методики.

1. Критерием достоверности подобранной модели служит мера сходимости исходного (наблюденного) и рассчитанного полей.

2. Графическое изображение модели среды представлено как в трехмерном варианте, так и в двухмерном по профилям.

3. Трехмерное изображение может быть получено в разных ракурсах модели и с разной степенью детальности путем исключения из рассмотрения тех или иных тел.

3. Построение трехмерной поверхности по данным магнитометрической съемки на Сырьянском участке Казанско-Кажимского авлакогена.

В магнитном поле Сырьянского участка выделяется обширная отрицательная аномалия, протяженная в центральной части с севера на юг. Происхождение этой аномалии может быть связано с погружением магнитоактивной поверхности (фундамента), что согласуется с имеющимися по этому району априорными сведениями. Крупные магнитоактивные блоки, слагающие фундамент, могут быть аппроксимированы мощными крутопадающими пластами. Исходя из предположения, что верхние кромки этих пластов образуют поверхность магнитоактивного фундамента, была проведена интерпретация магнитного поля ΔT методом особых точек по всему планшету и по полученным координатам построена поверхность, соответствующая поверхности магнитного фундамента.

Литература

1. *Страхов В.Н., Лапина М.И., Ефимов А.А.* Решение прямых задач гравиметрии и магнитометрии на основе новых аналитических представлений для элементов полей от типовых аппроксимирующих тел // Изв. АН СССР, Физика Земли, 1986, № 6, с. 55-69, № 7, с. 66-78.

2. *Трошков Г.А., Грознова А.А.* Математические методы интерпретации магнитных аномалий. - М.: Недра, 1985. - 151с.

3. *Трошков Г.А., Погарева О.И.* Применение компьютерной технологии «Особые точки» для определения поверхности кристаллического фундамента Русской платформы по аэромагнитным данным. Российский геофизический журнал. № 23–24, 2001, С. 21-29.

Приложение 6

АКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОФИЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СОПРОВОЖДАЮЩЕМ ЭТАПЕ ГДП-200

А.А. Лихачев (ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика», Санкт-Петербург)

Тезисы доклада

Построение геолого-геофизических разрезов является важным этапом при создании ГГК-200. Ключевой элемент этого процесса – двухмерное моделирование потенциальных полей. Достоверность интерпретационных построений на основе потенциальных полей определяется многими факторами, в том числе контрастностью физических свойств изучаемых объектов по отношению к вмещающей среде, качеством, однородностью и масштабом используемых исходных данных. Очевидно, что в сложных геологических условиях, сопровождающихся значительной дифференциацией физических свойств горных пород, детальность представления потенциальных полей прямо связана с масштабом съемки.

Методические требования, предъявляемые к ГГК-200, плотность сети наблюдений и точность гравиметрических съемок в сумме очерчивают границы применимости данных для создания двумерных моделей, служащих основой для построения геолого-геофизических разрезов к ГГК-200. Действующими нормативными документами в районах одноярусного строения допускается использование результатов гравиметрических съемок масштаба 1:200 000 и магнитных съемок масштабов 1:50 000 или 1:100 000. В районах с 2-х и 3-х ярусным строением в качестве исходных должны использоваться только материалы крупномасштабных съемок м-ба 1:50000^{*)}. При использовании в качестве основы съемок масштаба 1:200000 в районах со сложным характером поля, может произойти генерализация потенциальных полей, что приведет к искаженному представлению об источниках магнитных и гравитационных аномалий. Важным элементом является требование инструкции ГСР-200, по которому на листе геологической карты могут быть нанесены объекты не менее 3 мм в масштабе карты, что соответствует телу длиной 600 м и крупнее.

Чтобы оценить применимость съемок м-ба 1:200000 для построения разрезов было проведено моделирование минимально возможных размеров тел, которые могли бы проявиться в гравиметрической съемке м-ба 1:200000. При оценке достоверности обнаружения аномалии в качестве критерия была использована величина двойной погрешности определения аномалии Буге ± 1.6 мГал. Проведенное моделирование показало, что по данным съемок м-ба 1:200000 могут быть количественно интерпретированы геологические объекты с размером по ширине не менее 3.2 км (в рамках использованной нами модели). Слишком редкий шаг съемки (2-4 км), характерный для площадных гравиметрических данных м-ба 1:200000, может существенно ограничить достоверность изучения геологического разреза. Очевидно, что для получения разреза в диапазоне глубин 0-6 км требуются более детальные данные. Моделированием установлено, что для выделения минимально допустимого размера тала шириной 600 м шаг по профилю должен составить не более 250 м.

В современных условиях проведения ГСР-200 одной из основных проблем является неполное покрытие съемками м-ба 1:50000 отдельных листов. В этом случае, для наиболее достоверного выделения элементов геологического разреза, на участках обеспеченных только данными м-ба 1:200000, можно рекомендовать вдоль моделируемого профиля выполнить измерения гравитационного и магнитного полей с более детальным шагом. Такой способ решения проблемы редкой сети наблюдений существенно дешевле, чем проведение площадных работ. Необходимый шаг съемки можно определить на основе моделирования потенциальных полей.

Летом 2012 года в процессе ГДП-200 листов Q-59-XXIX, XXX (Отроженская площадь) были проведены наземные сопровождающие геофизические работы. Они были направлены на выявление элементов глубинного строения массивов офиолитов в диапазоне глубин от дневной поверхности до 6 км и решение картировочных задач на участках, перекрытых обширным чехлом четвертичных отложений. Шаг наблюдений был выбран исходя из требования выделить в разрезе геологические тела, размерами от 600 м и крупнее. Работы включали полевые геофизические исследования методами гравиразведки, магниторазведки и электроразведки (АМТЗ и МТЗ). Магнитная и гравиметровая съемки были проведены по четырем отдельным профилям общей длиной 147.5 п. км. Длина профилей изменялась от 35 до 60 км. Шаг магнитной съемки составил 25 м, а гравиметровой 200 м. Среднеквадратическая погрешность определения аномалий силы тяжести в редукции Буге составила ± 0.11 мГал, а магнитных аномалий ± 3.1 нТл.

При сопоставлении результатов гравиметрической съемки с картой поля силы тяжести в редукции Буге из комплекта карт геофизической основы Геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200000 по листам Q-59-XXIX, XXX (Отроженская площадь) было выявлено, что для центральной части Отроженской площади характерен значительно более сложный характер изменения поля силы тяжести. Сравнительный анализ горизонтальных

^{*)} Инструкция по гравиразведке. М.: Недра, 1980 г.

градиентов силы тяжести этих двух наборов данных показал, что положение контактов пластин офиолитов с вмещающей толщей изменилось в плане на отдельных участках до 1.5 км.

По результатам наземной магнитной съемки можно сделать вывод о том, что источники магнитных аномалий, в действительности, являются более локальными, чем предполагалось ранее и располагаются у дневной поверхности или на незначительной глубине. В то же время, при анализе кривой магнитного поля, снятой с карты изолиний аномального магнитного поля м-ба 1:200000, построенной по данным аэромагнитной съемки, выделяются более крупные и глубинные источники. Для сопоставления аэромагнитных данных и данных наземных измерений, последние были пересчитаны на высоту съемочных полетов. При удовлетворительно сопоставимости таких приведённых к одному уровню данных, было отмечено наличие в аэроданных отдельных локальных аномалий, отсутствующих в данных наземной съемки. Полученные геолого-геофизические разрезы, построенные по наборам данных разной детальности, имеют существенные расхождения в конфигурации моделируемых блоков. Таким образом, современные, более детальные наземные магнитные и гравитационные данные позволили существенно уточнить геолого-геофизические разрезы вдоль пройденных профилей. Результаты полевых работ подтвердили эффективность детального измерения геофизических полей вдоль расчетных профилей как относительно дешевого решения в условиях, когда площадные крупномасштабные съемки отсутствуют.

Приложение 7

ТЕХНОЛОГИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ НА БАЗЕ ДОННЫХ СТАНЦИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Ю.В. Рослов, М.А. Воронов, И.Н. Долотказин, А.А. Мережко (ООО «Сейсмо-Шельф», Санкт-Петербург)

Тезисы доклада

Развитие современной морской сейсморазведки в настоящее время переживает революционный этап: повсеместное внедрение и использование технологий донной регистрации сейсмических сигналов на базе кабельных и бескабельных систем. Данные системы регистрации позволяют получать уникальные многокомпонентные площадные сейсмические материалы, что принципиально невыполнимо в рамках стандартной морской сейсморазведки с плавающими косами. Уже выполнены многие десятки проектов на всех основных акваториях земли, показывающих эффективность донной сейсморазведки. С другой стороны, стоимость данных работ остается гораздо более высокой в сравнении с сейсморазведкой с плавающими косами. Основные требования к технологии донной сейсморазведки, позволяющие снизить стоимость полевых работ, состоят в следующем:

1. Использование надежных регистрирующих систем, минимизирующих количество бракованного сейсмического материала и, соответственно, времени перестрела.
2. Использование компактных контейнерных вариантов размещения оборудования, позволяющих оперативно производить его транспортировку и развертывание в любой части мира.
3. Отказ от использования специализированных судов.
4. Оперативный оборот донного оборудования в ходе выполнения полевых работ, направленный на повышение эффективности его использования и уменьшение операционного времени.
5. Применение масштабированного, кластерного подхода для увеличения/уменьшения количества задействованного полевого оборудования.

Неотъемлемой частью новых технологий являются процедуры обработки и интерпретации полученных сейсмических материалов, позволяющих получить геолого-геофизические результаты, наглядно демонстрирующие все преимущества морской многокомпонентной донной сейсморазведки.

ООО «Сейсмо-Шельф» занимается проблемами морской донной сейсморазведки уже более трех лет. В этом году оно завершило разработку и готовится к выполнению производственных полевых работ с новой линейкой оборудования – донной многокомпонентной сейсмической станцией «Черепаша» нового поколения.

Станция «Черепаша» российского производства отвечает всем вышеперечисленным современным требованиям, предъявляемым к оборудованию для выполнения эффективных сейсморазведочных работ, что показала серия тестовых испытания. Технические характеристики станции «Черепаша» можно найти на сайте www.seismoshelf.com. Примеры ее использования представлены в докладе.

Приложение 8

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТОПЛОТНОСТНОГО КАРОТАЖА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ МЕТОДА

В.И. Борисов, Л.К. Борисова (ОАО НПП «ВНИИГИС», Октябрьский)

Тезисы доклада

Литоплотностной каротаж (ЛПК) используется для одновременного определения объемной плотности исследуемых горных пород и их литологической принадлежности.

Получение этой информации базируется на двух физических эффектах, проявляющихся при прохождении гамма-квантов через вещество – комптоновском рассеянии и фотоэлектрическом поглощении.

Считается, что спектр многократно рассеянного гамма-излучения образуется в результате конкуренции комптоновского рассеяния и фотоэлектрического поглощения γ -квантов.

В литологическом зонде нефтяной модификации предполагается, что гамма-кванты от первичного источника будут уменьшать свою энергию в результате комптоновского рассеяния до тех пор, пока не начнут поглощаться электронами атомов среды в результате фотоэффекта. Однако эксплуатация приборов в производственных условиях показала, что дифференциация исследуемых разрезов по $Z_{эфф}$ неудовлетворительная и, по мере уменьшения $Z_{эфф}$, ухудшается.

Для выяснения причин низкой информативности литологического зонда нефтяной модификации аппаратуры ЛПК выполнен анализ механизма образования спектра многократно гамма-излучения на наличие обязательных компонентов фотоэффекта, которыми являются характеристическое рентгеновское излучение и фотоэлектроны, вылетающие из атомов.

Проведенный анализ показал, что экспериментально наблюдаемое при многократном рассеянии поглощение квантов в диапазоне от 250 кэВ и ниже не может происходить только за счет фотоэлектрического поглощения электронами атомов. Дальнейшие исследования позволили сделать вывод о том, что существенную долю в поглощении этих квантов играют ядерные структуры атомов. Чем меньше атомный номер исследуемой среды, тем большая часть низкоэнергетического спектра многократно рассеянного гамма-излучения поглощается ядрами атомов.

Известно, что величины краев поглощения квантов электронами меняются в сотни раз, в то время как энергии связей нуклонов в ядрах – только в разы. Следовательно, при увеличении роли ядерного поглощения квантов, по сравнению с фотоэлектрическим, будет наблюдаться уменьшение дифференциации интенсивности низкоэнергетической области спектра многократно рассеянного излучения.

Единственным способом улучшить сложившееся в нефтяной геофизике положение с ЛПК будет добавление в литологический зонд низкоэнергетического источника гамма-излучения, чтобы поглощение гамма-квантов происходило только в результате фотоэффекта, исключив, тем самым, поглощение квантов ядрами атомов. Возврат к используемой в рудной

и угольной геофизике технологии литоплотностного каротажа позволит повысить геологическую информативность при исследовании нефтегазовых объектов.

Приложение 9

СОВРЕМЕННЫЕ АППАРАТУРНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РУДНЫХ, УГОЛЬНЫХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

А.И. Лысенков, В.Н. Даниленко, А.И. Машкин, В.Т. Перелыгин (ОАО НПП «ВНИИГИС», Октябрьский)

Тезисы доклада

С начала 70-х годов по инициативе начальника Управления геофизических работ Мингео СССР В.В. Федынского и директора ВНИИГИС А.А. Молчанова в институте были возвращены работы рудного, угольного и гидрогеологического направлений. Основное их направление – разработка цифровых каротажных станций, комплектуемых регистрирующей аппаратурой, технологическим программным обеспечением, набором скважинных приборов и спускоподъемным оборудованием для выполнения исследований в скважинах малого диаметра. Институт располагает современным комплексом аппаратурно-методических, программных и метрологических разработок для исследования рудных, угольных и гидрогеологических скважин.

Коллективом ОАО НПП «ВНИИГИС» выполняются научно-исследовательские, опытно-методические и производственные работы в областях нефтегазовой, рудной, угольной геофизики, гидрогеологии. Постановка задач включает как теоретические разработки новых методов, аппаратуры и технологий проведения каротажа, так и производство собственными силами скважинных приборов серийного выпуска и индивидуального изготовления под технические требования заказчика, а также проведение ГИС и решение конкретных геологических задач.

Перспективы развития геофизических исследований скважин в значительной степени связаны с широкомасштабным внедрением в практику программно-управляемых информационно-измерительных систем. В этом направлении в ОАО НПП «ВНИИГИС» в настоящее время разработаны и успешно функционируют компьютеризованные аппаратурно-методические комплексы (КАМК) и агрегатированные комплексы скважинных измерительных преобразователей (АКИПС-уголь, руда), предназначенные для решения геологических задач на твердые полезные ископаемые, в том числе алмазы, золото, железо, уголь, а также пресные воды. Обладая большими потенциальными возможностями для регистрации, визуализации и обработки результатов, аппаратурно-методические комплексы открывают широкие функциональные возможности по управлению технологическим процессом проведения скважинных исследований. Разрабатываемые компьютеризованные аппаратурно-методические комплексы рудного и угольного направления предназначены для геофизических исследований вертикальных и наклонных скважин глубиной до 2000 метров.

Большинство приборов имеют расширенный диапазон измерения физических величин и обладают стабильной характеристикой выходных параметров в зависимости от температуры и времени. Механические части приборов выполняются из коррозионно-стойких материалов, управление их работой производится по команде с наземного комплекса каротажной станции.

Широкое опробование некоторых современных модификаций геофизической аппаратуры в различных геолого-технических условиях доказало их работоспособность и универсальность при значительно расширенных информационных возможностях методов.

Для геофизических исследований рудных, угольных и гидрогеологических скважин предлагаются любые типы скважинных приборов как аналогового типа (старый парк), так и современная программно-управляемая аппаратура по всем без исключения методам карота-

жа, включающая ядерно-физические методы для целенаправленного изучения элементного состава горных пород и руд цветных, благородных и редких металлов.

Функционирование комплекса в различных геолого-технологических режимах осуществляется под управлением бортового компьютера с использованием системного программного обеспечения. Первичная обработка данных измерений осуществляется с использованием пакета прикладных программ. Все приборы проходят метрологическую аттестацию на стандартных образцах пластов, поверочных установках и полевых калибраторах.

В Октябрьском с 2010 года введен в эксплуатацию завод каротажного оборудования ОЗКО ВНИИГИС, который выпускает широкий спектр спускоподъемного оборудования на любых шасси и в любом исполнении по требованию Заказчика.

При ОАО НПП «ВНИИГИС» работает также учебный центр, осуществляющий обучение и подготовку специалистов по широкому кругу специальностей, необходимых для проведения геофизических работ и интерпретации геолого-геофизического материала.

В настоящее время около 70 аппаратурно-методических комплексов работают в различных регионах России, странах Ближнего и Дальнего Зарубежья. В последние годы каротажные станции и комплексы поставлялись для исследования скважин при поисках и разведке месторождений алмазов в Якутии, Архангельске, Республике Ангола, на золоторудных, урановых и угольных месторождениях в различных регионах России и Казахстана. Проводятся работы по разработке оптимального комплекса ГИС для решения гидрогеологических задач, создания различных модулей комплексной аппаратуры для исследования рудных, угольных и гидрогеологических скважин. К заказчикам на получение геофизических услуг от предприятия относятся: ОАО АК «АЛРОСА», ОАО «Атомредметзолото», ЗАО «Полюс», ОАО «Сибирский химический комбинат» и другие организации России, стран СНГ и дальнего зарубежья.