

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

_____ А.В. Орёл
«__» _____ 2015 г

Директор Департамента государственной политики и регулирования в
области геологии и недропользования Минприроды России
А.В. Орёл утвердил 18 августа 2015 г

СОГЛАСОВАНО
Директор
ФГУНПП «Геологоразведка»

_____ В.В. Шиманский
«__» _____ 2015 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
Научно-методического Совета
по геолого-геофизическим технологиям поисков и разведки
твердых полезных ископаемых (НМС ГГТ) Минприроды России
12–13 мая 2015 г.
(91-я сессия)

Председатель Научно–методического
совета ГГТ Минприроды России

В.П. Кальварская

Санкт–Петербург

Очередная (91-я) сессия Научно-методического совета по геолого-геофизическим технологиям поисков и разведки месторождений полезных ископаемых (НМС ГГТ) Минприроды России по тематике «**Проблемы и реалии в импортозамещении технико-технологических средств в ГРР. Возможности и задачи государственного геологического картирования территории РФ и континентального шельфа**», состоялась 12–13 мая 2015 г. на базе ФГУНПП «Геологоразведка» (Санкт–Петербург).

В составе Программы сессии были рассмотрены

1. Доклады

1.1. Импортозамещение в области аппаратурно-технических средств в геологоразведочных работах (ОАО «Росгеология», Москва).

Автор и докладчик: С.Л. Костюченко, заместитель генерального директора ОАО «Росгеология» по технической политике, д.г.-м.н.

1.2. Перспективы повышения запасов извлекаемых углеводородов месторождений России (НМСУ «Горный», Санкт-Петербург).

Автор и докладчик: А.А. Молчанов, профессор НМСУ «Горный», д.т.н.

1.3. Проект создания метрологической службы ОАО «Росгеология» (ФГУНПП «Геологоразведка», Санкт-Петербург).

Автор и докладчик: Е.С. Лаврентьева, главный метролог ФГУНПП «Геологоразведка».

1.4. Оптимизация навигационного обеспечения донной сейсморазведки (ООО «Сейсмо-Шельф», Санкт-Петербург).

Автор и докладчик: Е.Г. Жемчужников, главный геофизик ООО «Сейсмо-Шельф», доцент СПбГУ, к.г.-м.н.

1.5. Программное обеспечение сейсмогеологического моделирования залежи углеводородов (ОАО «ЦГЭ», Москва).

Автор и докладчик: С.А. Кириллов, заместитель генерального директора ОАО «ЦГЭ» по геофизике, д.т.н.

1.6. Актуализация геолого-геофизических технологий определения глубинных неоднородностей, перспективных для формирования залежей углеводородов (ФГУП «ИМГРЭ», Москва). Авторы: И.Г. Спиридонов, А.К. Алексеева, А.Г. Пилицын, С.В. Добросоцкий.

Докладчик – А.К. Алексеева, заведующая отделом ФГУП «ИМГРЭ», к.г.-м.н.

1.7. Новые технологии сейсмоакустических исследований для инженерно-геологических изысканий при проектировании предприятий нефтегазового комплекса на шельфе (¹ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова», ²ООО «Морской центр МГУ им. М.В. Ломоносова», Москва; ³ОАО «Севморгео», Санкт-Петербург). Авторы: М.Ю. Токарев¹, Л.М. Кульницкий¹, Я.Е. Терехина¹, А.Е. Рыбалко^{1,3}, Д.В. Корост².

Докладчик – Л.М. Кульницкий, заместитель генерального директора ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова», к.г.-м.н.

1.8. Современное технологическое обеспечение геофизической основы ГДП-200 (ЗАО НПП «ВИРГ-Рудгеофизика», Санкт-Петербург). Авторы: А.А. Лихачев, А.В. Тарасов, К.М. Антащук, В.А. Альтман.

Докладчик – А.А. Лихачев, ведущий научный сотрудник ЗАО НПП «ВИРГ-Рудгеофизика».

1.9. Современные возможности прикладной магнитной картографии (ФГУП «ВСЕГЕИ», Санкт-Петербург).

Автор и докладчик – Т.П. Литвинова, начальник отдела ФГУП «ВСЕГЕИ».

1.10. Результативность геофизических методов (высокочастотных сейсмоакустических и геомагнитных) при проведении геоэкологического мониторинга и для выявления геологических опасностей (¹ОАО «Севморгео», Санкт-Петербург; ²ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова», ³ООО «Морской центр МГУ им. М.В. Ломоносова», Москва). Авторы: А.Е. Рыбалко^{1,2}, М.Ю. Токарев², Я.Е. Терехина², Д.В. Корост³.

Докладчик – А.Е. Рыбалко, главный научный сотрудник ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова» и ОАО «Севморгео», д.г.-м.н.

2. Экспертиза

2.1. Временное руководство по применению метода георадиолокации для определения мощности предохранительных целиков в почве и кровле горных выработок на Анастасово-Порецком гипсово-ангидритовом месторождении (ООО «ФРОНТ Геология», Нижний Новгород). Представлено – ООО «ГиПор-М», Порецкое.

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

В работе 91 сессии Совета приняли участие 57 специалистов из 21 организации, из них докторов наук – 12, кандидатов – 21. В числе присутствующих членов Совета – 37 (приложение 1).

Программы сессий Научно-методического совета по геолого-геофизическим технологиям (НМС ГТТ) Минприроды формировались, как правило, с учетом необходимости решения отраслевых задач по геологическому изучению недр, выдвигаемых на совещаниях, встречах и в интервью с руководителями Минприроды РФ, Федерального агентства по недропользованию «Роснедра», на конференциях и семинарах геолого-геофизической направленности, проводимых организациями РАН, РАЕН, профильными вузами и другими структурами.

В настоящее время по Указу Президента Российской Федерации от 15 июля 2011 г. № 957 на базе ПГО «Центргеология» создан и «приступил к работе» российский многопрофильный геологический холдинг «Росгеология». Назначением структуры является полный спектр услуг, связанных с геологоразведкой от региональных исследований до параметрического бурения и мониторинга состояния недр, включая задачи морской геологии и работы на шельфе.

Согласно интервью Генерального директора ОАО «Росгеология» Романа Сергеевича Панова журналу «Экономика и ТЭК России», холдинг должен стать основным инструментом развития всей геологоразведки в РФ в соответствии с отведенной ему ролью, утвержденной «Стратегией развития геологической отрасли до 2030 года».

В современной политико-экономической обстановке, обусловленной западными санкциями в геологоразведке, ОАО «Росгеология» в процессе развития предлагается в краткосрочной перспективе:

- наладить производство необходимой аппаратуры и оборудования (за 3–5 лет), переориентировав внимание российских заказчиков на отечественного производителя;
- увеличить портфель заказов, как за счет госконтрактов, так и за счет взаимодействия с частными компаниями;
- восстановить производство сейсморазведочного оборудования в РФ в рамках импортозамещения в течение 1–3 лет;
- увеличить эффективность геологоразведочных исследований, в связи с исчерпанием поискового задела, обусловленного низкими объемами геологического картирования, поисковых, тематических и прикладных научно-исследовательских работ;
- обратить внимание на неудовлетворительное техническое состояние входящих в холдинг организаций, утрату значительной части научно-технологического потенциала, старение и дефицит кадров;

- к 2020 году обеспечить на 80% самостоятельную геологоразведку и нефтесервис (современный показатель 30%);
- совершенствовать законодательную базу.

В связи с последующими документами (Указы президента России от 19.02.2015 № 81 и 82), бюро Совета было решено приблизить тематику НМС-91 к задачам холдинга ОАО «Росгеология».

1. Доклады

1.1. Доклад С.Л. Костюченко, заместителя генерального директора ОАО «Росгеология» по технической политике, содержит развернутые требования к мероприятиям, нацеленным на реализацию программы по импортозамещению аппаратурно-технических и технологических средств в ГРП (приложение 2). При этом в докладе сформулированы следующие основные положения.

А. Проблема импортозамещения представлена, как одна из наиболее дискутируемых актуальнейших тем современной политической и экономической жизни России, что нашло отражение в нормативных и регламентирующих документах, к основным из которых относятся: План мероприятий по импортозамещению в ТЭК, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 03 ноября 2014 г. № 2195-р, Решение Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России от 17.04.2015 г.

В соответствии с этими документами к основным направлениям в области геологии и недропользования, требующим импортозамещения в РФ, отнесены:

- Геофизические средства для геологоразведочных работ на углеводородное сырье на суше;
- Геофизические средства для геологоразведочных работ на углеводородное сырье на шельфе;
- Оборудование для промыслового бурения, в том числе наклонного и горизонтального;
- Оборудование и технологии для освоения трудно извлекаемых запасов и нетрадиционных углеводородов.

Б. В настоящее время на отечественном рынке доминирует продукция крупнейших мировых производителей, из которых до 70% всех объемов занимает компания Серсель (Sercel, Франция) и около 20–25 % Айнова (INOVA, Китай-США-Канада). На долю отечественных производителей приходится менее 10% рынка.

Разработанные за последние годы отечественные сейсмические сухопутные измерительные системы: Прогресс ТЗ, Т-155, Scout (ОАО СКБ СП, Саратов), морские и смешанные семейства XZone® BottomFish, MarshLine, FlyLander (ООО Современные сейсмические технологии – СИ Технолоджи), морские Turtle-500, МСС «Дина» (ООО «Сейсмо-Шельф») и др. при имеющихся достоинствах все же уступают по маркетингу высокотехнологичным зарубежным комплексам.

Автором отмечено, что для создания благоприятных условий импортозамещения необходимо совершенствование государственной экономической политики в области стратегии, законодательства и нормотворчества. В их числе:

- Разработка долгосрочной программы импортозамещения в геологоразведочном и топливно-энергетическом комплексах.
- Законодательное обеспечение возможности реализации долгосрочных скоординированных инвестиционных проектов по созданию отечественного оборудования, аппаратурно-технических средств, технологий и программного обеспечения в соответствии с положениями Федерального закона от 28.06.2014 № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».

Важнейшим направлением является целевая финансовая государственная поддержка в области НИР и НИОКР, определяющих перспективы развития современных разработок.

В. Назрела объективная необходимость организации при поддержке государства национальной компании по производству оборудования, технологий, аппаратурно-технических

средств и программного обеспечения для выполнения геологоразведочных работ. В качестве базовой организации автором предлагается ОАО «Росгеология», в котором в соответствии с Указами президента от 19.02.2015 г. № 81 и 82 в самое ближайшее время должен быть консолидировано 63 геологических и геофизических предприятия, в том числе научно-исследовательского и производственного профиля.

По результатам рассмотрения и обсуждения материалов доклада с учетом выступлений участников 91-й сессии НМС (М.А. Воронов, В.И. Игнатъев, В.П. Кальварская, Е.Д. Лисицын, А.А. Молчанов, Г.И. Иванов, А.П. Савицкий, Н.Н. Ржевский, В.В. Шиманский, В.К. Поликарпов)

НМС отмечает:

- В условиях введения санкций со стороны ведущих зарубежных стран – производителей геолого-геофизических комплексов и технологий разведки вопросы интенсивного развития отечественной аппаратуры, оборудования и программного обеспечения приобретают исключительную актуальность

- В области нефтегазового комплекса, где импортозависимость при работах на суше достигает 75%, а на море превышает 90%, в транзитных зонах часто составляет 100%, а в сфере программного обеспечения достигает 90%, необходимо срочно совершенствовать государственную экономическую политику, включая:

- разработку долгосрочной программы импортозамещения;
- законодательное обеспечение возможности реализации долгосрочных проектов по разработке, опытному и промышленному внедрению российской продукции;
- формирование целевой государственной поддержки в области НИР и НИОКР.

НМС рекомендует:

1. Поддержать предложение автора доклада по созданию национальной компании по производству оборудования, технологий, аппаратурно-технических средств и программного обеспечения для выполнения геологоразведочных работ.

2. В качестве базовой организации для решения отмеченных проблем импортозамещения в отрасли рекомендовать ОАО «Росгеологию» в соответствии с функциями предприятия, предусмотренными Указами президента от 19.02.2015 г. № 81 и 82.

3. Особое внимание обратить на кадровое обеспечение и формирование системы механизмов привлечения молодых специалистов для выполнения основных направлений исполнительских работ по импортозамещению, включая разработку и внедрение новой современной продукции в области аппаратуры, технологии, оборудования, обработки и интерпретации материалов геолого-геофизических исследований.

4. Оказать финансовую поддержку предприятиям отрасли, способствующих развитию импортозамещения на основе инновационных разработок в сфере технико-технологического обеспечения геологоразведочных работ.

1.2. В докладе А.А. Молчанова, профессора НМСУ «Горный», разносторонне и многопланово охарактеризованы пути повышения добычи запасов трудно извлекаемых углеводородов, что особенно актуально для эксплуатируемых месторождений, дана информация о разработанной инновационной технологии плазменно-импульсного электрогидравлического воздействия на горные породы и насыщающие их флюиды (приложение 3).

Современные методы разработки нефтяных месторождений системой пробуренных скважин с применением различных методов интенсификации процесса, при всей их огромной экономической эффективности и быстрой окупаемости капиталовложений, обладают существенным недостатком, заключающимся в том, что степень выработки пласта даже при самых благоприятных условиях не превышает 50% геологических запасов, а из месторождений с трудноизвлекаемыми запасами (низкопоровые и слабопроницаемые коллекторы, содержащие высоковязкие нефти) колеблется от 2 до 10%.

Требования дальнейшего увеличения добычи нефти обуславливают необходимость внедрения новых передовых технологий на всех стадиях геологоразведочного процесса, бурения скважин, добычи и переработки углеводородов. Особенно актуальна задача повышения нефтеотдачи пластов на эксплуатируемых месторождениях, находящихся на поздней и завершающей стадиях разработки, в районах с развитой инфраструктурой.

От того, как правильно выбрана схема разработки залежи, пластов, как используется технология управления потоками флюидов и отмывающих реагентов, зависят объемы добычи нефти и в конечном итоге извлекаемые запасы углеводородов.

В настоящее время по различным причинам простаивает более 60 тысяч скважин на месторождениях Урало-Поволжья, Республики Коми, Западной Сибири. Для интенсификации добычи нефти и газа и повышения нефтегазоотдачи пластов на разных этапах разработки месторождений углеводородов широко применяются более 70-и различных по эффективности технологий и методов воздействия на горные породы и насыщающие их флюиды. Наиболее распространенные из них:

- закачка реагентов;
- тепловые методы;
- физико-химические;
- волновые;
- механические;
- микробиологические.

Все они различны по эффективности, а также имеют свои ограничения и недостатки.

Каждое месторождение углеводородов нужно рассматривать как сложную динамическую систему, в которой происходят постоянные изменения. Чаще всего в результате длительной эксплуатации залежи, постоянного техногенного вмешательства в процесс добычи нефти необходимо оперативно применять наиболее оптимальные способы и технические средства для грамотного управления физико-химическими процессами в пласте.

Уникальный опыт, накопленный нефтяниками при разработке Туймазинского нефтяного месторождения в Башкортостане, позволил получить коэффициент извлечения нефти равный 0,61. В Татарстане при разработке Ромашкинского месторождения достигнуты значения коэффициента: для терригенного девона – до 0,6, терригенного нижнего карбона – 0,45, карбонатных отложений – до 0,25. Полученный опыт успешно используется и развивается нефтяниками Западной Сибири.

Примером наиболее успешного решения проблемы повышения нефтеотдачи продуктивных пластов являются результаты деятельности ОАО «Сургутнефтегаз». На объектах предприятия проведено более 23,3 тысяч скважино-операций по воздействию на продуктивные пласты. Реализованы более 50 различных технологий воздействия на пласты через добычные скважины и около 60 технологий воздействия через нагнетательные скважины. В результате получено дополнительно более 8,9 и 9,1 млн.т. нефти соответственно. Наиболее эффективным оказалось закачка соляной и плавиковой кислот, ПАВ, акустическое и вибрационное воздействие.

Достаточно эффективным стало применение гидроразрыва пластов (ГРП) для создания глубоких дополнительных каналов в пласте. Благодаря этому воздействию изменяются характеристики не только призабойной зоны, но и самого пласта; за счет чего в соседних скважинах интенсифицируется режим работы. Например, только в 1996 г. дополнительная добыча нефти за счет применения методов воздействия на продуктивные пласты в ОАО «Сургутнефтегаз» составила 4,39 млн. т. (14,1% от всей добытой нефти). Однако следует отметить, что технология ГРП требует значительных затрат, сложного компрессорного оборудования, а при воздействии в зонах вблизи водонефтяного контакта (ВНК) часто в результате гидроразрыва пласта вместо нефти получают воду.

В настоящее время появились новые технологии. Это разработка месторождений горизонтальными и горизонтально-разветвленными скважинами, разработка параллельно размещенными добычными и нагнетательными скважинами для добычи вязких и тяжелых нефтей,

сейсмоакустические технологии управления геодинамическими процессами в горном массиве месторождений углеводородов.

Особенно сложной задачей является проблема дополнительной добычи трудно извлекаемых запасов из месторождений, находящихся в поздней и завершающей стадии разработки. В зависимости от степени генерации энергии в пласте измерения геофизических полей могут дать сведения об обратимых или необратимых процессах в коллекторах и это обязывает исследователей обратить особое внимание на способы воздействия на залежь геофизическими полями, позволяющими управлять теми или иными параметрами пласта, свойствами добываемого флюида. Среди физических методов предпочтение отдается акустическому воздействию на продуктивный пласт.

Способы воздействия на пласт гидравлическими импульсами, прогревом пласта или акустическим воздействием, изменяющие параметры пласта (пористость, проницаемость) и свойства флюида (вязкость, подвижность фаз) достаточно полно рассмотрены в литературе. Рассмотрены эффекты изменения свойств горных пород и насыщающих их флюидов при электрогидравлическом воздействии на образцах керна, различных по литологии и отличающихся пористостью и проницаемостью. Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют, что пористость терригенных и карбонатных пород зависит от количества импульсов воздействия на образцы, и меняется незначительно (3–5%), проницаемость образцов с невысокой проницаемостью изменяется в 4–10 раз, в то время, как в образцах с высокой проницаемостью она изменяется в 3–4 раза. Эффект изменения свойств образцов и пластов в среде с минерализованной водой проявляется слабо из-за малоэффективного разряда в жидкости. При электрогидравлическом разряде в жидкости введение в межэлектродный промежуток разрядной камеры низкотемпературной плазмы в виде взрывающегося проводника расширило диапазон применения метода в скважинах, заполненных нефтью или высокоминерализованной жидкостью.

Разработанная нами технология плазменно-импульсного электрогидравлического воздействия позволяет не только повысить в несколько раз или восстановить дебит добычных эксплуатационных скважин, но и снизить водосодержание в продукции скважины, увеличить нефтеотдачу пласта. Сфокусированная упругая энергия, направленная в пласт, очищает каналы в прискважинной зоне пласта и улучшает в облучаемой части пласта приемистость нагнетательной скважины. А поскольку глубина воздействия на пласт составляет сотни метров и более, эффект нагнетания воспринимают соседние добычные скважины.

Техническим обеспечением этих работ является аппаратура «Приток – 1М», которая более 10 лет успешно эксплуатируется в различных регионах России (Западная Сибирь, Урало-Поволжье, Тимано-Печорская НПП) и за рубежом (Казахстан, КНР, Чехия). С ее использованием обработано более 120 скважин в опытно-промышленном режиме на месторождениях Западной Сибири, Удмуртии, Башкортостана, Татарстана. Эффект воздействия продолжается от 3 до 15 месяцев и более, в зависимости от свойств коллектора и стадии разработки месторождения.

По результатам обсуждения материалов доклада (И.О. Баяк, С.А. Кириллов, Н.Н. Ржевский, С.А. Костюченко, А.П. Савицкий, Н.А. Мац)

НМС отмечает:

- Применение современных методов разработки нефтяных месторождений системой пробуренных скважин с применением различных методов интенсификации процесса степень выработки пласта даже при самых благоприятных условиях не превышает 50% геологических запасов, а из месторождений с трудно извлекаемыми запасами (низкопоровые и слабопроницаемые коллекторы, содержащие высоковязкие нефти) – не более 10%.

- Со снижением темпов прироста запасов, снижением дебита нефтяных скважин и выработкой залежей для многих эксплуатирующихся нефтегазовых месторождений исследования по поиску новых эффективных методов оптимизации режима работы скважин и повышения извлекаемых запасов являются особенно важными.

- В настоящее время появились и в опытном порядке используются инновационные технологии:

- разбуривание месторождений горизонтальными и горизонтально-разветвленными скважинами:

- сейсмоакустические технологии управления геодинамическими процессами в горном массиве месторождений углеводородов на месторождениях вязких и тяжелых нефтей.

- Особенно сложной задачей является дополнительная добыча трудно извлекаемых нефтей из месторождений, находящихся на поздней и завершающей стадиях разработки.

- Инновационная технология плазменно-импульсного электрогидравлического воздействия на горные породы и насыщающие их флюиды позволяет, увеличив нефтеотдачу пласта, повысить в несколько раз или восстановить дебит добычных эксплуатационных скважин, снизить водосодержание в продукции скважины, очищает каналы проницаемости в прискважинной зоне пласта, улучшает в облучаемой части пласта приёмистость нагнетательной скважины, оказывает эффект нагнетания на соседние добычные скважины.

- Технологическим обеспечением этих работ является аппаратура «Приток – 1М, более 10 лет успешно эксплуатируемая в различных регионах России (Западная Сибирь, Урало-Поволжье, Тимано-Печорская НГП) и за рубежом (Казахстан, КНР, Чехия).

НМС рекомендует:

1. Считать перспективным развитие исследований по повышению нефтеотдачи пласта и предлагает обратить особое внимание на необходимость централизованной координации и контроля выполнения федеральных проектов в этой сфере Минприроды РФ, ТЭК, Минобрнауки России.

2. Усилить финансирование работ в области инновационных импортозамещающих технологий по повышению коэффициента извлечения нефти из недр (Минприроды РФ, ТЭК).

3. Для отбора и оправданного эффективного внедрения передовых технологий усилить работы по созданию испытательных полигонов федерального уровня на базе передовых предприятий в регионах.

4. Активно привлекать к выполнению инновационных проектов молодежные коллективы, молодых специалистов, аспирантов, студентов старших курсов.

5. Проводить конкурсы–конференции с обсуждением в докладах вопросов нефтеотдачи в условиях сложных объектов.

1.3. Доклад Е.С. Лаврентьевой (ФГУНПП «Геологоразведка») посвящен вопросам формирования метрологической службы в отрасли на основе опыта работ по метрологии, стандартизации и сертификации ФГУНПП «Геологоразведка» и потенциала холдинга ОАО «Росгеология» (приложение 4).

В настоящее время геологическое изучение недр в большинстве своем связано с информацией, получаемой из геофизических и геохимических данных. Отсюда достоверность и точность соответствующих измерений определяют качество извлеченной геологической информации, возможность ее использования для количественных определений относительно строения объекта, его геометрических параметров, вещественного состава и пр.

При этом особую роль играет возможность сопоставления информации, полученной различными измерительными системами, что необходимо при построении геолого-геофизических карт, разрезов, определений количественных характеристик полезных ископаемых.

Единство и достоверность измерительной информации достигается организацией эффективного и экономически целесообразного метрологического обеспечения всех этапов геолого-геофизических работ. Одним из основных элементов информации о недрах является первичная измерительная информация, обусловленная применяемыми средствами измерений (СИ). В связи с этим необходимо создание средств и методов метрологического обеспечения геофизической аппаратуры и используемых технологий, начиная от этапа разработки, включая про-

мышленное производство, и заканчивая проведением производственных геолого-геофизических работ.

За время проведения экономических реформ 1990-е – 2000-е годы существовавшая ранее единая система метрологического обеспечения геологоразведочных работ была разрушена, эталонная база частично утрачена, а сохранившиеся эталонные образцы к настоящему времени часто не соответствуют современным требованиям. Вместе с тем единая система метрологического обеспечения, охватывающая все организации, разрабатывающие и (или) выпускающие аппаратуру и проводящие геолого-геофизические работы, является обязательным условием получения качественной первичной информации.

В период с 2000 г. по настоящее время в ФГУНПП «Геологоразведка» действует Отраслевой научно-методический центр в области стандартизации, метрологического обеспечения и сертификации Министерства (ОНМЦ) в соответствии с Положением, утвержденным заместителем министра природных ресурсов РФ 27.01.1997 г.

Функциями деятельности ОНМЦ в этот период являлись:

- разработка и модернизация исходных геофизических эталонов,
- разработка методов и методик калибровки геофизических СИ, в том числе и зарубежного производства, применяемых при проведении работ, как на твердые полезные ископаемые, так и на углеводороды, для предприятий и организаций России, Белоруссии, Украины, Казахстана (около 250 СИ ежегодно),
- создание транспортируемых геофизических эталонов для оснащения метрологических служб в производственных организациях страны.

На основе имеющегося опыта и апробированных материалов прошлых лет (доклады на сессиях НМС–67, 2008; НМС–75, 2010) автором предлагается Проект первоочередных мероприятий по созданию отраслевой метрологической службы в ОАО «Росгеология» на базе ФГУНПП «Геологоразведка», после завершения вхождения предприятия в холдинг. При этом следует учесть актуализированные, разработанные ранее в ФГУНПП «Геологоразведка», документы, такие как:

- Структура метрологической службы,
- Положение о метрологической службе,
- Положение о системе калибровки,
- Перечень предприятий, рекомендуемых для создания на их базе региональных метрологических центров, калибровочных лабораторий,
- Перечень предприятий, рекомендуемых для создания на их базе региональных метрологических центров, калибровочных лабораторий.

Основополагающими документами при создании отраслевой метрологической службы должны быть Постановление Правительства РФ и : соответствующий Приказ Минприроды РФ, а также Приказ ОАО «Росгеология» с возложением на определенное предприятие обязанностей Метрологического центра холдинга.

В результате обсуждения материалов доклада Е.С. Лаврентьевой (И.О. Баюк, Э.В. Исанина, С.Л. Костюченко, Н.Н. Ржевский, Н.А. Мац, А.П. Савицкий, В.В. Шиманский, И.М. Хайкович)

НМС отмечает:

- В целях единства измерений с использованием различной геофизической аппаратуры при геологическом изучении недр необходимо реализовывать ее метрологическое обеспечение (МО).
- Служба, обеспечивающая МО в геологической отрасли, в настоящее время требует актуализации, преобразований и формирования на современной основе.
- Опыт ФГУНПП «Геологоразведка» в области МО предлагается использовать при формировании Системы метрологического обеспечения геофизических работ в отрасли, реализуя при этом потенциал ОАО «Росгеология» с организацией в холдинге локальных метрологических центров, калибровочных лабораторий, развития эталонной базы и др. структур (по направлениям).

НМС рекомендует:

1. ФГУНПП «Геологоразведка» подготовить к 2016 г. актуализированный проект создания отраслевой метрологической службы на базе ОАО «Росгеология».

2. Предложить ОАО «Росгеология» в 2016 году обратиться в Минприроды России, в Роснедра и ФБУ «ГКЗ» по инициированию формирования (на государственном уровне) Системы метрологического обеспечения геофизических работ в отрасли, а также по согласованию назначения головного Предприятия метрологического обеспечения отрасли с определением его функций, прав и обязанностей.

1.4. В докладе Е.Г.Жемчужникова (ООО «Сейсмо-Шельф») дается оценка минимально необходимой точности вычисления координат донных сейсмических станций (Ocean Bottom Node – OBN) по прямой водной волне от рабочих отстрелов в зависимости от параметров систем регистрации волновых полей при проведении работ МОВ ОГТ для навигационного обеспечения донной сейсморазведки (приложение 5).

Обзорная часть доклада содержит анализ способов и программ определения истинных координат донных сейсмических станций на дне, а также перечень параметров волнового поля, наиболее критичных к погрешности привязки OBN, который показывает, что в существующей практике работ координаты точек отстрела считаются точными (при соответствии аппаратурно-методической точности применяемого навигационного комплекса).

В основной части доклада изложены принципы и методика работ по вычислению координат донных сейсмических станций (приемников) с точностью их определения (необходимой и достаточной) для использования в навигационных целях, а также приведены сведения о трудозатратах вычисления.

Автором на базе сейсмонавигационных данных, полученных на акватории Печорской губы Баренцева моря, проведена относительным методом оценка точности привязки OBN по первым вступлениям прямой водной волны от рабочих отстрелов.

Результаты показывают, что процедура вычисления координат OBN предлагаемым способом является корректной и что при уменьшении шага дискретизации сейсмической записи до 1 мсек (наиболее часто практикующийся в современных условиях шаг дискретизации при поисках и разведке УВ на шельфе – 2 мсек) точность привязки OBN составляет около 4 м. Этого достаточно, чтобы использовать предложенный способ для оптимизации навигационной привязки донных станций.

В третьей части доклада рассмотрена необходимость коррекции «зеркальных» решений при 2D работах и приведены разрезы, полученные по решенным «истинным» и «зеркальным» координатам OBN, показывающие, практически, их полную идентичность.

Следствием практического применения являются выводы автора доклада:

1. Материалы морских сейсмических работ МОГТ с донными станциями могут быть использованы не только для решения геологических задач, но и для навигационной привязки точек приема.

2. Отпадает необходимость применения гидроакустических систем подводной привязки, что способствует экономии средств на закупку и эксплуатацию данных систем.

3. Коррекция решений координат OBN из «зеркальных» в «истинные» положения, требующая больших трудозатрат, не имеет значимого влияния на качество построения 2D разреза.

В результате обсуждения материалов доклада Е.Г. Жемчужникова (И.О. Баяк, В.П. Кальварская, С.А. Кириллов, Л.М. Кульницкий, В.С. Цирель, Е.Д. Лисицын)

НМС отмечает:

• Приведенные в докладе ООО «Сейсмо-Шельф» результаты оценки точности привязки донных сейсмоприемников по фактическим сейсморазведочным работам в транзитной зоне с указанием трудозатрат подтверждают корректность вычисления истинных координат донного приемного оборудования без привлечения дополнительных акустических систем. При

этом обеспечивается точность привязки, соответствующая проектируемым сейсморазведочным работам и экономятся ресурсы без ущерба решению поставленных геологических задач.

• Основываясь на практическом опыте, автор утверждает, что сейсморазведка на акваториях, наряду с получением собственно сейсмических данных, может быть использована для привязки донного приемного оборудования, что позволяет избежать привлечения для привязки донных точек приема дополнительных технологий и технических средств (гидроакустических систем, ROV и т.п.).

НМС рекомендует:

1. Признать экономически и технически целесообразным в опытном порядке применение на практике технологии, предлагаемой ООО «Сейсмо-Шельф» с вычислением истинных координат донных сейсмоприемников по прямой водной волне от рабочих отстрелов без привлечения сторонних технологий.

2. Методику работ по данному направлению следует уточнить и изложить в Методических рекомендациях по морской сейсморазведке, представив их на рассмотрение НМС в 2016 г.

1.5. В докладе С.А. Кириллова (ОАО «ЦГЭ») предлагается система формирования отечественного программного обеспечения сейсмогеологического моделирования залежей углеводородов, включая определение цели, формулировку задачи, форму, содержание и механизм реализации (приложение б).

Успешное и экономически целесообразное использование современных технологий добычи углеводородов базируется на использовании детальных цифровых моделей залежей (геологическая модель) и протекающих в них процессах (фильтрационная модель). Для детального подсчета начальных геологических запасов и обоснования коэффициента извлечения нефти необходима трехмерная геолого-технологическая модель залежи.

Геологическая модель должна использоваться на всех этапах изучения и разработки месторождения, и регулярно обновляться при появлении новых данных.

Необходимыми условиями для подготовки геологической модели, по мнению автора, являются:

- геолого-геофизическая база первичных и результирующих данных;
- программное обеспечение, позволяющее реализовать все этапы построения и сопровождения модели;
- технические средства, обеспечивающие работу программного комплекса обработки данных и моделирования;
- специалисты, владеющие компьютерными технологиями и принципами построения геологической модели.

К геолого-геофизическим методам, обеспечивающим оценку ресурсной базы углеводородов на перспективных территориях, относятся сейсморазведка и геофизические исследования в скважинах (ГИС).

На российском геологоразведочном рынке для обработки сейсморазведочных данных, результатов геофизических исследований скважин и моделирования залежей углеводородов в основном используются зарубежные программные пакеты компаний: Schlumberger (США) – Omega, GeoQuest, Petrel, Eclipse; Landmark Graphics (США): PROMAX – SeisWork, Strata Model, OpenWork, Geographic, VIP; Paradigm Geophysical (США) – Focus (США), CGG (Франция): GEOVECTEUR PLUS/GEOCLASTER, Roxar (Норвегия): IRAP RMS, TEMPEST.

Из российских программных пакетов применяются:

1. СЦС-5 (ОАО «ЦГЭ», Москва и ООО «Геофизинфо», Краснодар), Prime (Яндекс Терра, Москва), FNE (ООО «Геосейсконтроль», Москва), SPS-PC (Голярчук Н.А., Норильск) – для обработки сейсморазведочных данных.

2. Gintel (ООО ГИФТС), Прайм (ГЕОТЕК, Уфа), Солвер (ООО НПЦ Тверь геофизика), Modern, Petro Expert, Certanty (ООО Пангея), AutoCorr (ООО «ИПНЭ») – для обработки и интерпретации данных ГИС.

3. ИНПРЕС (ЦГЭ, Москва), DV-SeisGeo, DV-Discovery, DV-Geo (ООО GPD, Москва) – для комплексной интерпретации данных сейсморазведки и ГИС.

4. DV-Geo, DV-SeisGeo (ООО GPD, Москва) – для построения геологических моделей залежей углеводородов по комплексу сейсмических и скважинных данных.

Построение цифровой геологической модели требует применения программных комплексов, обеспечивающих обработку и интерпретацию данных сейсморазведки, методов ГИС, построение разрезов и карт, визуализацию результатов на всех этапах обработки и интерпретации и построения модели.

Сегодня необходимы разработка и внедрение собственных средств программного обеспечения для реализации компьютерной технологии моделирования и оценки ресурсной базы. Решение этой проблемы, как считает автор, позволит:

- обеспечить геологоразведочные предприятия единой информационной технологией;
- оперативно осуществлять математическое и программное обеспечение под собственные задачи, требования, форматы представления данных;
- подключать к развитию и совершенствованию компьютерной технологии моделирования отечественных специалистов из отраслевых НИИ и университетов.

Собственное программное обеспечение, включающее в себя политико-организационную, научно-технологическую, техническую и сервисную составляющие, должно базироваться на эффективной интеграции современных научных, технических, технологических разработок, а также программных разработках, полученных научными, конструкторскими и производственными организациями, активно работающими в современных условиях на рынке сервисных услуг нефтегазовой промышленности.

Разработка и создание программного комплекса (ПК) обработки геолого-геофизических данных и моделирования дает возможность:

- внедрить в практику нефтегазового комплекса современные российские технологии изучения и проектирования эксплуатации месторождений нефти и газа;
- стимулировать инициативу ведущих российских нефтяных и исследовательских центров по созданию прогрессивных технологий управления недрами;
- обеспечить высокий уровень подготовки специалистов в высших учебных заведениях для нефтегазовой отрасли на основе доступных отечественных ПК и информационных технологий, что в последующем сократит отъезд лучших российских ученых за рубеж;
- стандартизировать представление результатов моделирования в форматах, соответствующих регламентным документам отрасли;
- сократить затраты на приобретение и сопровождение программных комплексов;
- реализовать оперативный контроль государства на любом уровне за выполнением проектных решений и условий лицензионных соглашений;
- оперативно корректировать и адаптировать ПК к любым геолого-промысловым и экономико-технологическим условиям;
- ограничить возможности утечки конфиденциальной информации о минерально-сырьевой базе России;
- привести в соответствие ПК изменяющейся нормативно-правовой базе недропользования России.

По результатам обсуждения материалов доклада С.А. Кириллова (И.О. Баюк, В.И. Игнатъев, В.П. Кальварская, В.С. Цирель)

НМС отмечает:

- Тема доклада особенно актуальна в условиях необходимости импортозамещения при решении задач геолого-геофизического моделирования нефтегазовых объектов.
- Одним из важнейших элементов построения геологической модели в части построения структур и интерполяции параметров среды по результатам разведочного бурения на всю изучаемую залежь является сейсморазведка.

- Для обработки данных сейсморазведки и ГИС, моделирования залежей в значительном объеме используются зарубежные программные пакеты различных фирм США, Норвегии, Франции (70%).

Из российских программных пакетов применяются разработки фирм ОАО «ЦГЭ», ООО «Геофизинфо», «Яндекс Терра», «SPS-PC», ООО «Геосейсконтроль», «SPS-PC», ООО «ГИФТС» «ГЕОТЕК», ООО НПЦ Тверь геофизика), ООО «Пангея», ООО «GPD».

Сегодня в целях ослабления импортозависимости необходимы разработка и внедрение многофункциональных собственных средств программного обеспечения для реализации компьютерной технологии моделирования и оценки ресурсной базы отрасли по УВ.

Решение этой проблемы содействует:

- обеспечению геологоразведочных предприятий единой российской информационной технологией изучения и проектирования разработки месторождений нефти и газа;

- оперативной реализации математического и программного обеспечения под собственные задачи, требования, форматы представления данных;

- развитие и совершенствование компьютерной технологии моделирования отечественными специалистами из отраслевых НИИ и университетов.

- Одновременно, разработка и создание программного комплекса (ПК) обработки геолого-геофизических данных и моделирования необходимы для:

- внедрения в практику нефтегазового комплекса современных российских технологий изучения и проектирования разработки месторождений нефти и газа;

- поддержке инициативы ведущих российских нефтяных и исследовательских центров по развитию и совершенствованию прогрессивных отечественных технологий моделирования, а также повышению уровня подготовки специалистов в высших учебных заведениях и мотивации российским ученым для работы в нефтегазовой отрасли России.

НМС рекомендует:

1. Разработать основные единые требования к программным комплексам по решению задач обработки геолого-геофизических данных и моделированию месторождений, включая: исполняемые функции, средства визуализации и представления результата, форматы представления данных, пользовательский интерфейс и т.д.

2. Провести сравнительный анализ существующих на рынке программных комплексов, отвечающих предъявленным требованиям к программному обеспечению по решению поставленных геологических и технологических задач по обработке данных и моделированию.

3. Уточнить программы профильных вузов (факультетов) при подготовке специалистов для геологической отрасли в плане необходимости обращения к отечественным разработкам.

1.6. В докладе А.К. Алексеевой (с соавторами ФГУП «ИМГРЭ») изложены методические и технологические основания, совокупность применения которых обеспечивает повышение эффективности региональных исследований нефтегазовых провинций (приложение 7).

Созданные интегральные геолого-геофизические модели, а также разработанный авторами рациональный комплекс геохимических исследований использованы в составе геолого-геофизической технологии поисков в пределах южных склонов Байкитской антеклизы и Катангской седловины (Красноярский край).

Методология работ базируется на выполнении трех направлений. В их числе:

- построение 3D сейсмоплотностных моделей по данным региональных сейсморазведочных работ, гравимагнитных съемок масштаба 1:200 000 и петрофизической информации;

- проведение рационального комплекса геохимических методов в пределах локальных площадей и участков, выделяемых по данным сейсмоплотностного моделирования;

- сводный прогноз по данным геофизического моделирования и обработка результатов геохимических работ, количественная рейтинговая оценка выявленных неоднородностей разреза.

Рациональный комплекс геохимических методов, включающий методы поисков по свободным газам и сопровождающего литохимического опробования, был разработан на ос-

нове анализа существующих геохимических методик и результатов их апробации на месторождениях Ангаро-Ленской НГО и Байкитской НГО.

Новизна газолитогеохимических исследований состоит в следующем:

- изучается комплексное геохимическое поле, особенности которого позволяют прогнозировать типы и состав скоплений УВ;
- обеспечивается возможность оконтуривания залежей как структурного, так и неструктурного типа.

Полученные результаты позволяют считать геохимические исследования результативными и необходимыми для включения в комплекс несейсмических методов на региональной стадии изучения нефтегазовых провинций.

Параллельно на основе 3D сейсмоплотностных моделей выполняется построение разрезов и карт зон разуплотнения по нефтегазоперспективным горизонтам, проводится их ранжирование по площади объекта, глубине залегания перспективных горизонтов, амплитуде ловушки, по интенсивности разуплотнения. По этим данным выделяются зоны развития структур с улучшенными коллекторскими свойствами, вещественная природа которых заверяется комплексом геохимических работ.

Обсудив материалы доклада А.К. Алексеевой (Б.Л. Попов, Э.В. Исанина, А.П. Савицкий, П.С. Мартышко, В.П. Кальварская, В.С. Цирель),

НМС отмечает:

- Разработанная в ФГУП «ИМГРЭ» технология определения глубинных неоднородностей, перспективных на УВ, базирующаяся на построении 3D сейсмоплотностных моделей, проведении рационального комплекса геохимических методов в пределах локальных выделенных участков и завершающаяся сводным прогнозом по данным геофизического моделирования, имеет научно-практические основания для включения в комплекс несейсмических методов на региональной стадии изучения нефтегазовых площадей.
- Представляется перспективным построение разрезов и карт зон разуплотнения по нефтегазоносным горизонтам с выделением зон развития структур с улучшенными коллекторскими свойствами на основе 3D сейсмоплотностных моделей.
- Признать правомерными рекомендации по заверке вещественного состава зон развития структур с улучшенными коллекторскими свойствами комплексом геохимических работ, включая геоэлектрохимические методы.

НМС рекомендует:

1. Считать целесообразным опытное применение методики определения глубинных неоднородностей перспективных на УВ по разработанной ФГУП «ИМГРЭ» технологии с проверкой геолого-геофизических результатов геохимическими методами, включая геоэлектрохимию, с оценкой временных и стоимостных факторов.

2. Материалы ФГУП «ИМГРЭ» оформить в виде Методических указаний, представить их на рассмотрение НМС в 2016–17 гг.

1.7. В докладе Л.М. Кульницкого (в соавторстве), представленного от альянса, включающего ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова», ООО «Морской центр МГУ им. М.В. Ломоносова» (Москва), ОАО «Севморгео» (Санкт-Петербург), предлагаются новые технологии сейсмоакустических исследований для решения строительных и инженерно-геологических задач нефтегазового комплекса на шельфе (приложение 8).

Разработка имеет актуальное и важное значение при освоении шельфа арктических морей с большим количеством нефтегазовых месторождений, особенно с позиции обеспечения техники безопасности при планировании строительства и эксплуатации объектов в условиях акваторий.

Одним из стандартных методов, используемых при проведении инженерно-геологических изысканий, является сейсмоакустическое профилирование. В то же время, традиционно

относительно редкая пространственная сеть профильных наблюдений в условиях сложно построенных сред не позволяет детально изучить строение и свойства геологического разреза по глубине и латерали.

Известно, что процесс (скорость распространения упругих колебаний в среде) целиком определяется ее физико-механическими свойствами. Скорость распространения колебаний находится в прямой связи с этими свойствами. Кинематический и динамический анализ данных высокоразрешающих и сверхвысокоразрешающих сейсмоакустических исследований на акваториях принципиально может позволить определять распределение по разрезу этих свойств поддонных грунтов. При этом решение инженерных задач требует качественно более высокой точности, в определении геометрии, а также по разрешению и детальности в исследовании физико-механических свойств.

В докладе предлагается аппаратно-программный комплекс для высокоразрешающих и сверхвысокоразрешающих сейсмоакустических исследований на акваториях, нацеленных на обоснование строительных работ в условиях акваторий. В его состав входят:

- 3 источника возбуждения разных частотных диапазонов с перекрывающимися полосами, обеспечивающими возбуждаемый суммарный упругий импульс с такой широкой полосой, что достигается разрешающая способность в первые десятки см;

- набор приемных устройств (одноканальных и многоканальных), позволяющих проводить 3D наблюдения;

- многоканальный компактный регистратор, обеспечивающий частоту дискретизации до 10 000 Гц и более.

Источники и приемные устройства буксируются на разной глубине.

Разработана специализированная математическая обработка данных, которая позволяет решать вышеназванные задачи инженерных изысканий при строительстве на дне акваторий.

На основе рассмотрения представленных в докладе Л.М. Кульницкого материалов (Э.В. Исанина, В.И. Игнатьев, В.П. Кальварская, С.А. Кириллов, Н.Н. Ржевский)

НМС отмечает:

- В последние годы особенно актуальным стало применение сейсмоакустических исследований при инженерно-геологических изысканиях в связи с возросшим объемом строительства подводных сооружений - трубопроводов, буровых платформ, мостов. При этом проектировщики требуют от геофизических исследований все более точных и детальных сведений о строении грунта – как о структуре отложений, так и о физико-механических свойствах, обусловленных необходимостью предсказания опасных геологических процессов и явлений. Количественная оценка упругих свойств грунтов может быть дана только в сочетании кинематического анализа данных многоканальных сейсмоакустических наблюдений с их динамическим анализом – для оценки соотношений скоростей продольных и поперечных волн с помощью AVO анализа или упругой инверсии.

- Основным преимуществом новых технологий является возможность определения физико-механических свойств грунтов для решения инженерно-геологических задач на акваториях и предсказания опасных геологических процессов и явлений.

- Коллективом предприятий (ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова», ООО «Морской центр МГУ им. М.В. Ломоносова» – Москва; ОАО «Севморгео» – Санкт-Петербург) разработан аппаратно-программный комплекс для высокоразрешающих сейсмоакустических исследований на акваториях. В его составе источники возбуждения, набор приемных устройств для 3D наблюдений и многоканальный регистратор.

- Предложена методика работ в морских условиях. Разработана система специализированной математической обработки данных.

НМС рекомендует:

1. Реализовать опытное внедрение предложенных технологий для 3D высокоразрешающих сейсмоакустических исследований в практику инженерно-геологических изысканий и геологического картирования на акваториях реализовать на практике.

2. Выпустить малую серию отечественного оборудования для выполнения этих работ (возможно силами ФГУНПП «Геологоразведка» с привлечением специалистов и предприятий, обеспечивающих разработку и поставку комплектующих изделий).

3. По материалам опытного внедрения технологий составить Проект методических указаний (ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова», ООО «Морской центр МГУ им. М.В. Ломоносова», ОАО «Севморгео») с представлением документа на рассмотрение НМС в IV кв. 2015 г. с целью широкого производственного внедрения разработки.

1.8. Работа, представленная в докладе А.А. Лихачева (ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика») от коллектива авторов, содержит конкретные предложения в области совершенствования методики и технологии геофизических исследований при ГДП-200 (приложение 9).

Целевым назначением работ, проводимых ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика» по созданию геофизических основ масштаба 1:200 000 в различных геологических обстановках на территории России, является повышение информационных и прогностических качеств современных многоцелевых геологических основ масштаба 1:200 000 и локализация на основе анализа геофизических данных перспективных площадей ранга рудных узлов (полей). Основные этапы:

- создание банка данных увязанных геофизических материалов по исследуемой территории;
- создание структурно-тектонических схем и схем глубинного строения территории, основанных на интерпретации геофизических материалов;
- уточнение вещественного состава и физических характеристик площади;
- выявление и уточнение рудоконтролирующих факторов разного ранга, включая
 - картирование локальной и региональной радиогеохимической зональности, контролирующей размещение известных рудных узлов, полей и месторождений;
 - прослеживание металлотектов, выделенных по геофизическим и радиогеохимическим данным на эталонных объектах, расположенных на прилегающих перспективных площадях;
- определение участков и площадей, перспективных для проведения детальных полевых работ в рамках ГДП-200, в целях решения как картировочных, так и прогностико-поисковых задач.

По результатам исследований двух объектов ГФО, выполненным на листах: Р-36-XXXIII, XXXIV (Южно-Ладжская площадь Ленинградская область) и N-49-XXIII, -XXIV (Забайкалье), показана эффективность решения задач, стоящих перед ГСР 200.

С целью уточнения геологического строения территории и построения геолого-геофизических разрезов на сопровождающем этапе ГФО Южно-Ладжской площади по 5 профилям были выполнены специализированные полевые работы комплексом геофизических методов, включающим магниторазведку, гравиразведку и электроразведку методами МТЗ-АМТЗ. Основная задача состояла в картировании глубинного строения Пашско-Ладжского грабена.

По комплексу данных, с учетом результатов полевых работ, проведено тектоническое районирование Пашского грабена. В северо-восточной и юго-западной частях грабена существенно уточнена схема геолого-геофизической интерпретации, на которую была вынесена глубина подошвы рифейских терригенных пород, установленная на различных участках Пашского грабена по данным электроразведки.

Дополнительные возможности решения геологических задач проиллюстрированы на листах N-49-ХII, XVIII (Восточное Забайкалье), обеспеченных цифровыми материалами современной комплексной аэрогеофизической съемки, на примере Ципиканского золоторудного района (Забайкалье), на площади которого было выполнено прослеживание металлотектов, выделенных по геофизическим и радиогеохимическим данным на эталонных объектах, расположенных на прилегающих перспективных площадях. Главным рудоконтролирующим металлотектом является глубинная кольцевая структура диаметром 100–130 км (термокупольная структура), отчетливо выделяющаяся на глубинных срезах гравиметрического поля, на космоснимках, в магнитном и радиогеохимическом полях. На основании комплексно-

го прогноза предложены участки и площади для проведения детальных полевых работ в рамках ГДП-200 с целью решения картировочных и прогнозно-поисковых задач.

В развитие технологии работ авторы предлагают:

- планировать исследования по уточнению геофизической основы, в том числе уточнению прогнозных построений с учетом геохимических и геологических данных;
- проводить дополнительные профильные геофизические работы, включая гравиразведку, магниторазведку, изучение физических свойств горных пород, с целью выявления структурных особенностей нескрытых эрозией минерализованных куполов и других структур, а также выполнять зондирование электроразведочными методами и магниторазведку для построения геолого-геофизического разреза.

Заслушав и обсудив доклад коллектива авторов ЗАО НПП «ВИРГ-Рудгеофизика» (Б.Л. Попов, Т.П. Литвинова, П.С. Мартышко, А.В. Тарасов, Н.Н. Ржевский, А.П. Савицкий, В.С. Цирель)

НМС отмечает:

- Комплекс геофизических исследований, проведенных ЗАО НПП «ВИРГ-Рудгеофизика» по профилям на участках съемки, позволит получить качественно новую информацию о строении изучаемых геологических разрезов.
- Реализованное в проведенных геолого-геофизических исследованиях технологическое обеспечение геофизической основы ГДП-200 может являться частичной альтернативой проведению крупномасштабных площадных геофизических съемок.
- Составление ГФО по группам листов дает возможность более надежно выполнять эталонирование при прогнозных построениях.

НМС рекомендует:

1. Принять доклад к сведению и поддержать преодолжение в ЗАО НПП «ВИРГ-Рудгеофизика» разработку технологии.
2. Обсудить возможность дополнительных профильных работ на геофизической секции Научно-редакционного совета (НРС) при ФГУП «ВСЕГЕИ».

1.9. Доклад Т.П. Литвиновой (ФГУП «ВСЕГЕИ») знакомит с состоянием и развитием прикладной магнитной картографии (Приложение 10).

С развитием аэромагниторазведки в прошлом столетии наметилось разделение магнитной картографии (МК) на общую МК и прикладную (ПМК). В данном контексте прикладную магнитную картографию следует рассматривать как прикладную науку, ориентированную на практическое применение знаний, полученных в результате специальных инструментальных аэромагнитных исследований. На основании многолетнего производства аэромагнитных карт можно остановиться на следующей формулировке ПМК: прикладная магнитная картография – это раздел общей магнитной картографии, одной из основных задач которого является исследование пространственных структур и особенностей строения земной коры с целью решения геологических задач.

Одним из способов графического изображения результатов магнитных съёмок является картографический, позволяющий в образно-знаковой форме отобразить пространственные сочетания и взаимосвязи структур геомагнитного поля, а также, связь с другими геофизическими полями. В региональном изучении структурных неоднородностей земной коры значительную роль играют обобщения результатов площадных аэромагнитных исследований в виде сводных карт аномального магнитного поля (АМП). Для обеспечения унификации карт разработаны единые правила картосоставления и подготовки к изданию, которые регламентируют производство аэромагнитометрических работ в конкретных масштабах в виде Инструкции... (1963) и Требований... (1999, 2003, 2011).

Развитие прикладной сводной магнитной картографии в России происходило в несколько этапов: 1) аналоговые картографические обобщения крупно- и среднемасштабных аэромагнитных исследований; 2) цифровое картографирование аномального магнитного по-

ля; 3) составление цифровых карт аномального магнитного поля в составе геофизической основы (ГФО) Госгеокарты-1000/3 и -200/2.

Современный этап развития картографии характеризуется большим спросом и соответственно большим объемом работ по созданию цифровых карт. Основу цифровых карт составляет цифровая запись значений геомагнитного поля в пространственных координатах. Цифровая картография представляет собой принципиально новый уровень работ, характеризуемый более высоким качеством и комплексной автоматизацией картографического производства. Цифровые методы сбора, обработки, хранения и графической визуализации геофизической информации предоставляют широкие возможности быстрой обработки измеренных параметров геофизических полей, интерактивного доступа к хранимой информации, автоматизации многочисленных трудоёмких картографических процессов. Внедрение вычислительной техники в геологию и геофизику обусловило развитие новой информационной технологии, тесно связанной с созданием цифровых карт потенциальных геофизических полей. В основе цифровой технологии лежит формирование цифровой базы данных, представленных в единых цифровых форматах с указанием координат и количественных и качественных атрибутов. Все эти данные пространственно взаимосвязаны.

Первая отечественная цифровая сводная мелкомасштабная карта аномального магнитного поля (ΔT)_а России и прилегающих акваторий масштаба 1:5 000 000 была создана в 2004 году во ВСЕГЕИ. Цифровая карта создана на основе аналоговой карты аномального магнитного поля (ΔT)_а России и сопредельных государств (в границах бывшего СССР), а также прилегающих акваторий масштаба 1:5 000 000, которая была оцифрована. По результатам оцифровки была получена матрица с размером ячейки 5x5 км. Составленная по данной матрице карта аномального магнитного поля (ΔT)_а России и прилегающих акваторий масштаба 1:5 000 000 опубликована в 2004-м году.

С 2008 года во ВСЕГЕИ ведётся работа по обновлению в режиме мониторинга базовой карты аномального магнитного поля бывшего СССР (отв. редактор З.А. Макарова, 1977 г.) в пределах Российской Федерации и прилегающих акваторий масштаба 1:2 500 000 (отв. исп. Т.П. Литвинова). Для целей мониторинга используются материалы средне- и крупномасштабных аэромагнитных съёмки, ранее не вовлечённые в процесс сводного картографирования геофизических полей. Материалы переобработываются с учётом разработанной во ВСЕГЕИ технологии, обеспечивающей универсальность, которая отвечает основным принципам геоинформационных систем, включая:

- унификацию приёмов обработки численной информации (увязку, редуцирование и регуляризацию данных);
- единство процесса, связанного с пополнением и уточнением уже имеющихся баз данных;
- единое координатное пространство, обеспечивающее использование множества специально подготовленных геолого-геофизических и др. данных;
- воспроизводимость процесса, обеспечение сопоставимости и совместного анализа разнородных пространственно-ориентированных геолого-геофизических объектов.

Актуализированная цифровая карта аномального магнитного поля России масштаба 1:2 500 000, составленная по матрице 2,5×2,5 км, представляет интерес для региональных геолого-геофизических исследований, регионального структурного тектонического районирования, а также вовлечения в процесс международных картографических геофизических проектов.

Проект по созданию цифровой карты магнитных аномалий Мира (WDMAM) масштаба 1:50 000 000 (актуализированный вариант масштаба 1:25 000 000) проводится под эгидой ЮНЕСКО в рамках Комиссии по геологической карте Мира (CGMW). Другой международный проект осуществлён в рамках СНГ (проект помимо других геологических карт, включает в себя карты АМП масштаба 1:2 500 000). В рамках Арктического проекта ВСЕГЕИ подготовлены цифровые карты АМП масштаба 1:2 500 000, вошедшие в международный проект по Арктике.

По рассмотренным материалам и выступлениям участников (Э.В. Исанина, Н.Н. Ржевский, А.В. Тарасов, А.Е. Рыбалко, В.С. Цирель)

НМС отмечает:

• Прикладная магнитная картография – новое перспективное направление в изучении структуры аномального магнитного поля играет важную роль при решении геологических задач и многие ее теоретические и методологические аспекты ждут своего дальнейшего развития.

• В последние годы прикладная магнитная картография интенсивно развивается в русле формирования современных систем государственных геологических карт, обеспечивающих выполнение программ изучения минерально-сырьевого потенциала страны и использования природных ресурсов в виде цифровой картографической основы аномального магнитного поля России масштаба 1:2 500 000, создаваемой в режиме мониторинга, а также геофизических основ (ГФО) Государственных геологических карт масштабов 1:1000 000 третьего поколения и 1:200 000 (второе издание).

• Эта работа может стать надежной основой для формирования инвестиционной привлекательности, как для российских, так и зарубежных компаний. В настоящее время осуществляются несколько соответствующих проектов с участием России.

НМС рекомендует:

1. Разработки ФГУП «ВСЕГЕИ» в области технологий прикладной картографии, нацеленные на подготовку и обработку цифровых данных аэромагнитных съемок с созданием цифровых карт, считать актуальными, требующими дальнейшего развития, как для формирования систем государственных геологических карт, так и в целях изучения минерального сырьевого потенциала страны.

2. Составить на основе полученных материалов Методические Рекомендации широкого практического применения разработанной технологии.

1.10. В докладе А.Е. Рыбалко (ОАО «Севморгео», ООО «Морской центр МГУ им. М.В. Ломоносова») по материалам, полученным в соавторстве с М.Ю. Токаревым, Я.Е. Терехиной (ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова») и Д.В. Корост (ООО «Морской центр МГУ им. М.В. Ломоносова»), предлагается комплекс методов для решения на шельфе большого круга задач инженерно-геологического плана и мониторинга геологической среды в целях своевременного выявления опасных зон, связанных с естественной геодинамикой и донным строительством в условиях акваторий (приложение 11).

Ведущим способом оценки природных (геологических) опасностей на дне акваторий являются геофизические, прежде всего сейсмоакустические методы. К природным процессам, представляющим реальные риски для функционирования подводных объектов, могут быть:

- современные геодинамические движения, включающие сейсмические толчки, несущие угрозу целостности линейных техногенных объектов;
- связанные с геодинамикой гравитационные процессы в виде оползней, зерновых потоков, оплываний и пр.;
- газовыделения, связанные с вечной мерзлотой на арктических шельфах или с современными движениями по активизированным разломам;
- процессы деградации вечной мерзлоты на шельфе, отрицательно влияющие на устойчивость инженерных объектов;
- интенсивные придонные течения, обуславливающие (при наличии соответствующих источников питания) мощные седиментационные потоки;
- деятельность айсбергов и паковых льдов.

В последнее время получают все большее распространение в морских геологических исследованиях высокочастотное многоканальное сейсмоакустическое профилирование с использованием в качестве источников возбуждения как «спаркер», так и «буммер» в сочетании с акустическими (геолокационными) методами с набортными магнитоотражательными излучателями. Эти средства, прежде всего, позволяют изучать ту часть четвертичного разреза, которая доступна различным пробоотборникам, что увеличивает эффективность инженерно-геологических изысканий.

Проведенные на Финском заливе, в том числе по трассе газопровода «Северный поток», в Белом море, в кутовой части Кандалакшского залива, а также в Японском море, комплексные сейсмоакустические работы показали, что представления об отсутствии или очень слабо выраженных современных тектонических движениях в платформенных морях, устарели. В Кандалакшском заливе Белого моря были выявлены шлейфы отложений, сложенные многофазными оползневыми телами мощностью до 100–150 м. В кутовой части этого залива, в зоне интенсивно расчлененного шхерного рельефа, где глубины в среднем составляют около 20 м, установлены глубокие ложбины с отметками дна до 80–90 м. Они трассируются в сторону островов, где находят продолжение в виде протяженных выровненных скальных берегов, либо прослеживаются в срединные депрессии самих островов и сопровождаются многочисленными сейсмодислокациями. С этими зонами связаны сейсмические толчки, которые были зафиксированы сейсмостанцией «Хибины», а также горизонты опресненных вод в основании водной толщи у скальных уступов, что связано с инфильтрацией пластово-трещинных вод из кристаллического фундамента в придонные слои водной толщи Кандалакшского залива.

Активные разломы, а также связанные с ними оползни были зафиксированы и в заливе Петра Великого у мыса Ломоносова, где проектируется строительство завода сжиженных газов.

Особое внимание в последнее время в связи со строительством крупных газопроводных систем в Балтийском и на Черном морях привлечено к подводным гравитационным процессам. Гигантские оползни были обнаружены в Черном море при проведении инженерно-геофизических изысканий. В Белом море в проливе Великая Салма на Белом море были установлены и закартированы ступенчатые склоны, сложенные гигантскими массивными телами, объем которых может достигать $800\,000\text{ м}^3$; плоскости скольжения в зонах отрыва оползней достигают 20–40 м.

Проведенные исследования в других регионах, в частности у южной оконечности Новой Земли, показали, что современные сейсмические явления способствуют формированию оползневых тел практически на всех склонах, углы которых превышают $1\text{--}2^\circ$. С ними совпадают гидрохимические аномалии, которые фиксируют зоны инфильтрации подземных, часто минерализованных вод в морскую толщу. Аналогичные структуры были зафиксированы в 2014 году и при проведении региональных сейсмоакустических работ в Ладожском озере.

Реальные риски проведения как геологоразведочных работ на нефть и газ, так и эксплуатация объектов нефтегазовой отрасли, связаны с погребенными газами различной природы. В Кандалакшском заливе использование акустического профилографа позволило в режиме практически реального времени выделить зоны активного выделения метановых газов, с которыми связаны поступления углеводородов и целого ряда токсичных тяжелых металлов.

Мощные подводные седиментационные потоки, в том числе зоны движения песчаных наносов под влиянием придонных течений, помогают установить гидролокационные методы. Использование их вместе с высокоточными магнитными измерениями позволяет надежно выделять погребенные под движущимися наносами техногенные объекты.

Выпахивающая деятельность айсбергов и паковых льдов по полученным в последнее время гидролокационным и сейсмоакустическим данным представляет реальный риск для инженерных сооружений на дне акваторий. Местами, даже на глубинах более 100 м, дно практически полностью изборозжено ложбинами с четкими валами выпakhивания.

По результатам рассмотрения положений доклада и обсуждения материалов (Э.В. Исанина, И.О. Баяк, В.П. Кальварская)

НМС отмечает:

- В настоящее время комплекс многоканального сейсмоакустического и одноканального акустического профилирования совместно с использованием гидролокации бокового обзора и высокоточной магнитометрии позволяет решать на шельфе большое количество задач, связанных как с инженерно-геологическими изысканиями, так и с длительным мониторингом геологической среды, прежде всего, в зонах с интенсивной техногенной деятельностью.

• Комплекс указанных методов имеет определяющее значение при фиксации зон временных геодинамических движений, как эндогенных, так и экзогенных. Своевременное выявление таких зон позволит еще на стадии планирования строительства изменять направление или местоположение трасс инженерных сооружений, а в процессе их эксплуатации получать информацию о возможных движениях земной коры и принимать соответствующие меры по сохранению целостности указанных объектов.

НМС рекомендует:

1. В опытным порядке использовать представленный в докладе комплекс методов, включая высокоточную магнитометрию, гравиметрию и гидролокацию при морском геологическом картировании масштаба 1:100 000, наряду с традиционными сейсмоакустическими исследованиями, для повышения качества картографического материала, представляемого при обосновании строительных работ.

2. Создать Временное методическое пособие по использованию в составе малоуглубинного геологического мониторинга новейших, в том числе отечественных приборов, обобщив опыт разных организаций. Рубрикацию пособия следует увязать с методикой решения задач, как в ряду изысканий, так и в области мониторинга геологической среды малоуглубинных акваторий.

2. Экспертиза

2.1. По работе «**Временное руководство по применению метода георадиолокации для определения мощности предохранительных целиков в почве и кровле горных выработок на Анастасово-Порецком гипсово-ангидритовом месторождении**», представленной ООО «ГиПор-М», Порецкое. Исполнители работ ООО «ФРОНТ Геология», Нижний Новгород.

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

Экспертная группа в составе:

Председатель – С.С. Крылов, доцент СПбГУ, к.ф.-м.н.

Члены: В.В. Глазунов, профессор НМСУ «Горный», д.т.н., Б.Н. Севостьянов, ведущий научный сотрудник ОАО «ВНИМИ», к.т.н.

Работа выполнена ООО «ФРОНТ Геология» по заказу ООО «ГиПор-М».

Экспертиза проводилась в целях:

– оценки целесообразности практического применения метода георадиолокации для определения мощности предохранительных целиков в почве и кровле горных выработок на Анастасово-Порецком гипсово-ангидритовом месторождении, и а также контроля пространственного положения обводненных пластов;

– оценки степени соответствия «Временного руководства» (ВР) заданной методике проведения исследований и принятым для электроразведочных методов стандартам, а также степени обоснованности рекомендаций, приведенных в руководстве.

Представленная на экспертизу работа «Временное руководство» содержит 38 стр. текста, состоящего из 6 разделов, 7 рисунков и списка литературы (16 наименований). Руководство составлено на основе выполненных ранее опытно-методических работ (отчет «**Опыт применения георадара для исследования водозащитных целиков в выработках (на примере Анастасово-Порецкого гипсово-ангидритового месторождения)**», 2013 г.), результаты которых докладывались на заседании 89-й сессии НМС и получили положительную оценку членов Совета. При этом была отмечена целесообразность промышленного применения георадарной технологии в условиях горных выработок на этом месторождении, подтверждена необходимость использования георадиолокации, обоснованная авторами, как единственно возможного метода, для определения границ водоносных пород в кровле и почве гипсовой залежи, связанной с опасностью затопления выработок через скважины эксплуа-

тационной разведки, обусловленной отсутствием надежной технологии их тампонажа в случае вскрытия водоносных горизонтов.

Эксперты выявили ряд недостатков, требующих корректив, сделали следующие замечания и предложения к «Временному руководству»:

1. По разделу 2 – необходимо четко сформулировать задачи, решаемые методом георадиолокации, прежде всего, по определению местоположения границ водоносных пород в кровле и подошве гипсовой залежи при эксплуатации месторождения, по контролю мощности водозащитных целиков, оставляемых для охраны рудника от затопления подземными водами из доломитовых пластов, и оценке погрешности определения местоположения границ водоносных пород в слоистой среде.

2. По разделу 3 – не следует в упрощенной форме излагать основные принципы и методические приемы, а тем более употреблять выражения типа «Частота сигнала контролирует ширину фаз», «длина волны – это фактическая длина в сантиметрах или метрах, двух полупериодов рассматриваемого колебания» и т.д.

2.1. Сославшись на учебники, можно сократить, разделы 3.1, 3.2, 3.3;

2.2. Исключить жаргонные термины, как например «кажущаяся длина волны»;

2.3. Уточнить текст, в котором утверждается, что «георадар является средством измерения».

2.4. Фактически не рассмотрены в руководстве вопросы затухания сигналов, и, соответственно, глубинности георадиолокационного зондирования в условиях гипсово-ангидритового месторождения, имеющие большое практическое значение для определения мощности предохранительных целиков, изменяющейся в широком диапазоне «от нескольких до первых десятков метров».

2.5. Не анализируются случаи смены фазы отраженного сигнала, хотя из текста понятно, что такие ситуации могут иметь место. При этом смена фазы на 180^0 может быть важным признаком изменения электропроводности пород, связанной с обводнением.

2.6. Заключение о погрешности метода следует давать на основе анализа статистического материала. При этом массивы данных, используемых для получения оценок, должны быть достаточно представительными. Оценку погрешности метода георадиолокации можно было бы произвести с использованием прогнозных геологических разрезов, а также по результатам качественно выполненных экспериментов с «просвечиванием» межшахтного пространства.

2.7. Существенные сомнения вызвала у экспертов методика «просвечивания вверх» с отрывом от поверхности.

2.8. Критерии идентификации полезных сигналов и волн-помех в данном случае играют ключевую роль при интерпретации данных георадиолокационных исследований. В руководстве необходимо не только констатировать наличие этих волн, но и дать конкретные рекомендации для выделения целевых сигналов.

2.9. Разделы 4, 5, 6 существенных возражений экспертизы не вызывают. Единственным важным замечанием является недопустимость рекомендации по переноске работающего радара на плечах оператора при просвечивании «вверх». Надо это категорически запретить, предложив переносить радар, направленный вверх, на специальных носилках. Этот пункт противоречит ТБ и может при определенных обстоятельствах привести к скандалам, вплоть до судебных дел.

По результатам рассмотрения экспертных заключений и обсуждения работы участниками заседания (В.И. Игнатьев, Э.В. Исанина, С.С. Крылов, В.П. Кальварская, Б.Н. Севостьянов, В.С. Цирель)

НМС отмечает:

- Возможность использования метода георадиолокации для определения границ водоносных пород в кровле и почве гипсовой залежи, а также мощности предохранительных целиков, подтверждается результатами выполненных опытно-методических работ. Полученных материалов достаточно для формирования «Временного методического руководства

(ВМР) по производству георадарных работ на Анастасово-Порецком гипсово-ангидритовом месторождении».

- Одновременно многие вопросы применения радаров в шахтных условиях для решения подобной геологической задачи требуют дальнейших исследований, необходимых для существенного повышения надежности результатов, что может быть достигнуто применением современных методик обработки, использованием новых методических приемов и статистических подходов к анализу материалов.

- К настоящему рассмотрению (в результате выполненной авторами переработки МР) из отмеченных экспертизой 10 замечаний по 80% из них введены коррективы и уточнения, 20% требуют доработки.

НМС рекомендует:

1. Представленную на экспертизу работу с измененным названием **«Временное методическое руководство по применению метода георадиолокации для определения мощности предохранительных целиков в почве и кровле горных выработок на Анастасово-Порецком гипсово-ангидритовом месторождении»** использовать в качестве регламентирующего документа при производстве георадарных работ в условиях Анастасово-Порецкого гипсово-ангидритового месторождения после доработки с учетом замечаний экспертов.

2. Вопросы доработки «Временного методического руководства.....» по замечаниям экспертов решить в рабочем порядке, поручив оценку конечного результата экспертной группе с последующим сообщением по этому вопросу на заседании НМС Председателя экспертной группы Крылова С.С. в IV кв. 2015 г.

3. Дополнить материалы ВМР требованием о необходимости проведения работ специалистами, прошедшими специальную подготовку.

Принято единогласно.

Секретарь Совета

Т.А. Кудрявцева

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

12–13 мая 2015 г.

г. Санкт–Петербург

Члены Совета

Кальварская В.П. главный научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка», д.г.-м.н. (председатель)
Алексеев С.Г. заведующий лабораторией ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н.
Алексеева А.К., заведующая отделом ФГУП «ИМГРЭ», к.г.-м.н.
Апанасевич А.В., ведущий геофизик РГЭЦ – филиал ФГУГП «Урангео»
Баюк И.О., главный научный сотрудник ИФЗ РАН, д.ф.-м.н.
Виноградова И.В., заведующая лабораторией ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н.
Воронович В.Н., заместитель начальника Севзапнедра
Ворошилов Н.А., ведущий научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н.
Голомолзин В.Е., заведующий лабораторией ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н.
Жемчужников Е.Г., главный геофизик ООО «Сейсмо-Шельф», к.г.-м.н.
Иванов Г.И., помощник генерального директора по науке ОАО «МАГЭ», д.г.-м.н.
Исанина Э.В., ведущий геофизик РГЭЦ – филиал ФГУГП «Урангео»
Кириллов С.А., заместитель генерального директора ОАО «ЦГЭ», д.т.н.
Костюченко С.Л., заместитель генерального директора ОАО «Росгеология», д.г.-м.н.
Крылов С.С., доцент СПбГУ, к.ф.-м.н.
Лисицын Е.Д., директор ООО «МЕМ», к.т.н.
Литвинова Т.П., начальник отдела ФГУП «ВСЕГЕИ»
Мартышко П.С., директор ИГФ УрО РАН, д.ф.-м.н.
Мац Н.А., заместитель директора ФГУНПП «Геологоразведка», д.т.н.
Митасов В.И., ведущий научный сотрудник ФГУП «ВНИГРИ», к.г.-м.н.
Молчанов А.А., профессор НМСУ «Горный», д.т.н.
Овсов М.К., заведующий лабораторией ФГУНПП «Геологоразведка», к.т.н.
Поликарпов В.К., к.г.-м.н.
Поляков А.В., ученый секретарь ФГУНПП «Геологоразведка», к.г.-м.н.
Попов Б.Л., заведующий лабораторией ФГУНПП «Геологоразведка»
Ржевский Н.Н., генеральный директор ООО «ЭЛКИН», к.г.-м.н.
Рыбалко А.Е., главный научный сотрудник ОАО «Севморгео», д.г.-м.н.
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.
Танинская Н.В., заведующая отделом ФГУНПП «Геологоразведка», д.г.-м.н.
Тарасов А.В., заведующий отделом ЗАО НПП «ВИРГ-Рудгеофизика», к.г.-м.н.
Файнберг А.А., начальник отдела Севзапнедра
Хайкович И.М., главный научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка», д.ф.-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

Алексеев Е.П., ведущий научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка»
Веряскин А.А., главный геолог ООО «ГиПор-М»
Воронов М.А., главный инженер ООО «Сейсмо-Шельф»
Голубев А.М., заведующий лабораторией ФГУНПП «Геологоразведка»
Думлер Д.Ф., инженер электроник ФГУНПП «Геологоразведка»
Игнатьев В.И. начальник ОПГТ ФГУНПП «Геологоразведка»

Карасева Н.Б., заведующая лабораторией ФГУНПП «Геологоразведка»
Клепер Н.Б. главный специалист ФГУНПП «Геологоразведка»
Кудрявцева Т.А. инженер 1 кат. ФГУНПП «Геологоразведка»
Кульницкий Л.М., зам. ген. директора ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ», к.г.-м.н.
Лаврентьева Е.С., главный метролог ФГУНПП «Геологоразведка»
Лихачев А.А., ведущий научный сотрудник ЗАО НПП «ВИРГ-Рудгеофизика»
Мошенин Г.М., ведущий инженер ФГУНПП «Геологоразведка»
Молочнова Е.Г. ведущий инженер ФГУНПП «Геологоразведка»
Пестов Е.Н., начальник лаборатории ФГУНПП «Геологоразведка»
Погарева О.И., ведущий геофизик ФГУНПП «Геологоразведка», к.т.н.
Тимофеева И.К. ведущий геофизик ФГУНПП «Геологоразведка»
Терминасов С.Ю., старший научный сотрудник ФГУНПП «Геологоразведка»
Шакуро С.В., генеральный директор ООО «Фронт Геология»
Яновская Ю. А., ведущий геофизик ФГУНПП «Геологоразведка»

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В ОБЛАСТИ АППАРАТУРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ

С.Л. Костюченко (ОАО «Росгеология», Москва)

Тезисы доклада

Российская Федерация является одним из крупнейших поставщиков углеводородного и твердого сырья на внутренний и мировой рынок. Возрастающие потребности в воспроизводстве и развитии минерально-сырьевой базы при ставшей очевидной тенденции сокращения объемов разведанных запасов напрямую зависят от применяемых технико-технологических средств для производства геологоразведочных работ. В условиях введения санкций со стороны ведущих зарубежных стран-производителей геолого-геофизических комплексов и технологий разведки вопросы интенсивного развития отечественных аппаратурных средств, оборудования и программного обеспечения приобретают все большую актуальность.

Проблема импортозамещения стала одной из наиболее дискутируемых тем современной политической и экономической жизни России и нашла отражение в целом ряде нормативных и регламентирующих документов, к основным из которых относятся: План мероприятий по импортозамещению в ТЭК, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 03 ноября 2014 г. № 2195-р, и решение Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России от 17.04.2015 г. (в подготовке).

К настоящему времени в рамках деятельности НТС и Межведомственной рабочей группы (МРГ) при Министерстве промышленности и торговли России завершается составление Перечня аппаратурно-технических средств, оборудования и программного обеспечения, подлежащих импортозамещению, а также проводятся мероприятия по разработке Программ импортозамещения по конкретным технологическим направлениям.

По геологоразведочному направлению в области нефти и газа одной из проблем является сложившаяся импортозависимость в аппаратурно-технических средствах и оборудовании, которая при работах на суше достигает 75%, на море превышает 90%, при изучении транзитных зон «суша-море» часто составляет 100%, а в сфере программного обеспечения достигает 90%.

К критическим направлениям импортозамещения относятся:

- Геофизические средства для геологоразведочных работ на углеводородное сырье на суше;
- Геофизические средства для геологоразведочных работ на углеводородное сырье на шельфе;
- Оборудование для промыслового бурения, в том числе наклонного и горизонтального;
- Оборудование и технологии для освоения трудноизвлекаемых запасов и нетрадиционных углеводородов.

Одним из важнейших негативных факторов импортозамещения является доминирование на отечественном рынке продукции крупнейших мировых «игроков», из которых до 70% всех объемов занимает Серсель (Sercel, Франция) и около 20–25 % Айнова (INOVA, Китай-США-Канада). На долю отечественных производителей приходится менее 10% рынка. Разработанные за последние годы отечественные сейсмические сухопутные измерительные системы Прогресс ТЗ, Т-155, Scout (ОАО СКБ СП, Саратов), морские и смешанные семейства XZone® BottomFish, MarshLine, FlyLander (ООО Современные сейсмические технологии - СИ Технолоджи), морские Turtle-500, МСС «Дина» (ООО СейсмоШельф) и др. при имеющихся достоинствах все же уступают по продажам высокотехнологичным зарубежным комплексам. Немаловажной причиной, при этом, является то, что российские производители относятся к малым и средним предприятиям, испытывающим колоссальное давление со стороны зарубежных компаний-гигантов в совершенстве владеющих всеми рыночными механиз-

мами реализации продукции. Рынок настолько плотно занят, что даже перспективные разработки американских компаний WireLessSeismics и FairFieldnodal с большим трудом находят пути проникновения к российским потребителям.

Для создания благоприятных условий импортозамещения необходимо совершенствование государственной экономической политики. В области стратегии, законодательства и нормотворчества к ним относятся:

- Разработка долгосрочной программы импортозамещения в геологоразведочном и нефтегазовом (топливно-энергетическом) комплексах.

- Законодательное обеспечение возможности реализации долгосрочных скоординированных инвестиционных проектов по созданию отечественного оборудования, аппаратурно-технических средств, технологий и программного обеспечения в соответствии с положениями Федерального закона от 28.06.2014 № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».

- Совершенствование нормативных актов в части реализации мер долгосрочной государственной поддержки в области разработки, опытного и промышленного внедрения, производства и стимулирования спроса российских товаров, работ и услуг в геологоразведочной и топливно-энергетической отраслях (льготы, преференции, таможенное регулирование, создание ТОСЭР и др.).

Важнейшим направлением является целевая финансовая государственная поддержка в области НИР и НИОКР. Для примера, следует отметить, что компания Sercel ежегодно вкладывает в НИОКР 7-9% от годовой выручки, достигающей в последние годы 1-2 млрд. ам. долларов.

«Эволюционное» перерастание малых и средних отечественных предприятий в конкурентоспособного рыночного «игрока» маловероятно. Назрела объективная необходимость организации при поддержке государства национальной компании (корпорации, ассоциации или в иной форме) по производству оборудования, аппаратурно-технических средств, технологий и программного обеспечения для выполнения геологоразведочных работ. В качестве базовой организации предлагается ОАО «Росгеология», в котором в соответствии с Указами президента от 19.02.2015 г. № 81 и 82 в самое ближайшее время будет консолидировано 63 геологических и геофизических предприятия, в том числе научно-исследовательского и производственного профиля.

Приложение 3

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЗАПАСОВ ИЗВЛЕКАЕМЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РОССИИ

А. А. Молчанов (НМСУ «Горный», Санкт-Петербург)

Тезисы доклада

Современные методы разработки нефтяных месторождений системой пробуренных скважин с применением различных методов интенсификации режимов разработки месторождений при всей их огромной экономической эффективности и быстрой окупаемости капиталовложений обладают существенным недостатком, заключающимся в том, что степень выработки пласта даже при самых благоприятных условиях не превышает 50% запасов, а из месторождений с трудноизвлекаемыми УВ (низкопоровые и слабопроницаемые коллекторы, содержащие высоковязкие нефти) колеблется от 2 до 10%.

Необходимость дальнейшего увеличения добычи нефти связывают с внедрением новых передовых технологий на всех стадиях геологоразведочного процесса, бурения скважин, добычи и переработки углеводородов. На эксплуатируемых месторождениях, находящихся на поздней и завершающей стадиях разработки, в районах с развитой инфраструктурой эта задача повышения нефтеотдачи пластов особенно актуальна. Увеличение суммарного отбора нефти всего на несколько процентов позволяет получить дополнительно миллионы тонн нефти и газового конденсата.

Какие же причины падения добычи углеводородов?

Первая – это истощение энергии пласта. Применяемые методы закачки воды, газа и др. носителей, как правило, повышают интенсивность отбора пластового флюида, но из-за различий подвижности нефти, газа, воды по пласту, а также за счет анизотропии параметров пласта, скорость продвижения углеводородов к добывающим скважинам неодинакова. Это приводит к образованию промытых зон и участков повышенной остаточной нефтенасыщенности (целиков нефти).

Вторая причина – в процессе выработки залежи ухудшаются характеристики прискважинных зон в добывающих и нагнетательных скважинах и пласта в целом (кольматация, отложение солей, парафинов и др.), что также приводит к уменьшению общей проницаемости продуктивных пластов.

От того, как правильно выбрана схема разработки залежи, пластов, как используется технология управления потоками флюидов и отмывающих реагентов, зависят объемы добычи нефти и в конечном итоге извлекаемые запасы углеводородов.

На фоне незначительного подъема добычи нефти в России, обусловленного недостаточными объемами геологоразведочных работ, уменьшением объемов бурения, а следовательно снижением темпов прироста запасов, снижением дебита нефтяных скважин и выработкой залежей многих эксплуатирующихся нефтегазовых месторождений, поиск новых эффективных методов оптимизации режима работы скважин и месторождений с повышением извлекаемых запасов является особенно важным.

В настоящее время по различным причинам простаивает более 60 тысяч скважин месторождений Урало-Поволжья, Республики Коми, Западной Сибири. Для интенсификации добычи нефти и газа и повышения нефтегазоотдачи пластов на разных этапах разработки месторождений углеводородов широко применяются более 70 различных по эффективности технологий и методов воздействия.

Наиболее распространенные методы воздействия на продуктивные пласты с целью интенсификации режима работы нефтегазовых скважин и месторождений и повышения извлекаемых запасов углеводородов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Методы воздействия на продуктивные пласты

Метод	Реагент или способ воздействия
Закачка реагентов	Вода, газ, легкие фракции нефти
Тепловые	Горячая вода, пар, внутрипластовое горение, горючеокислительные смеси
Физико-химические	ПАВ, соляная кислота, щелочные растворы и другие химические реагенты
Волновые	Электромагнитные, вибрационные, сейсмоакустические, импульсные
Механические	Гидроразрыв пласта, разбуривание горизонтальными скважинами
Микробиологические	Активация пластовой микрофлоры

Перечисленные методы воздействия на пласты дают определенный положительный эффект, хотя их эффективность в различных геолого-технических условиях различна и каждому из них присущи определенные ограничения и недостатки. Так, закачка больших объемов воды приводит к выпадению неорганических солей, парафинов в самих пластах и прискважинной зоне. Применение кислотной обработки, использование поверхностно-активных веществ (ПАВ), особенно органических добавок или углеводородов или их продуктов, экологически небезопасно и приводит к разрушению нефтепромыслового оборудования. Применение тепловых методов и особенно внутрипластового горения сопровождается усиленным разрушением продуктивных коллекторов, образованием стойких шлаков, выносом песка, ростом агрессивности добываемой продукции за счет продуктов горения, образованием в пласте стойких водонефтяных эмульсий и т.п.

Достаточно сказать, что уникальный опыт, накопленный нефтяниками при разработке Туймазинского нефтяного месторождения в Башкортостане, позволил получить коэффициент извлечения нефти равный 0,61. В Татарстане при разработке Ромашкинского месторождения: для терригенного девона – до 0,6, терригенного нижнего карбона – 0,45, карбонатных отложений – до 0,25. В настоящее время этот опыт успешно используется и развивается нефтяниками Западной Сибири.

Примером успешного решения проблемы повышения нефтеотдачи продуктивных пластов является деятельность ОАО «Сургутнефтегаз». За 1989-1996 гг. на объектах проведено более 23,3 тысяч скважино-операций по воздействию на продуктивные пласты. За этот период было применено более 50 различных технологий воздействия на пласты через добычные скважины (более 10,6 тыс. скважино-операций) и около 60 технологий воздействия через нагнетательные скважины (около 12,4 тыс. скважино-операций) и получено дополнительно более 8,9 и 9,1 млн. т. нефти соответственно. Наиболее эффективными оказались закачка соляной и плавиковой кислот, ПАВ, акустическое и вибрационное воздействие.

Достаточно эффективным стало применение гидроразрыва пластов (ГРП) для создания в них глубоких дополнительных каналов. Благодаря этому воздействию изменяются характеристики не только призабойной зоны, но и самого пласта; за счет этого соседние скважины интенсифицируют свой режим работы. Например, только в 1996 г. дополнительная добыча нефти за счет применения методов воздействия на продуктивные пласты в ОАО «Сургутнефтегаз» составила 4,39 млн. т. (14,1% от всей добытой нефти).

Технология ГРП требует значительных затрат, сложного компрессорного оборудования и при воздействии в зонах вблизи водонефтяного контакта (ВНК) чаще всего в результате гидроразрыва пласта вместо нефти получают воду.

Среди физических методов предпочтение отдается акустическому воздействию на продуктивный пласт. На Федоровском месторождении только в 1988 г. этот метод позволил получить дополнительно 38,4 тыс. т. нефти, а продолжительность эффекта составила от 2 до 9 месяцев. Технологический эффект достиг в среднем 2,3 тыс. т. на одну скважино-операцию.

Выбор оптимальных систем для рациональной разработки месторождений углеводородов с различными геолого-техническими условиями представляет собой решение сложной задачи анализа.

Применяемые в настоящее время методы воздействия на пласт, как правило, по-разному способствуют повышению нефтеотдачи. Так, повышение пластового давления обеспечивают закачкой воды в продуктивный пласт через нагнетательные скважины, проницаемость пласта удается улучшить обработкой прискважинной зоны кислотными или щелочными растворами, применением гидроразрыва пласта. Уменьшить вязкость добываемой нефти возможно прогревом призабойной зоны (ТЭНы, пороховые генераторы, закачка перегретого пара, пластовое горение и др.).

В настоящее время наряду с общеизвестными методами воздействия на продуктивные пласты с целью дополнительного извлечения углеводородов: закачкой реагентов, физико-химических, тепловых, волновых, микробиологических и механических методов появились новые технологии. Это разработка месторождений горизонтальными и горизонтально-разветвленными скважинами, разработка параллельно размещенными добычными и нагнетательными скважинами для добычи вязких и тяжелых нефтей, сейсмоакустические технологии управления геодинамическими процессами в горном массиве месторождений углеводородов [1–8].

Анализ физико-химических процессов, происходящих в пласте при разработке залежи, начиная от разбуривания месторождений скважинами и вскрытия продуктивного пласта, применением методов поддержания пластового давления, использования всевозможных реагентов для повышения подвижности углеводородов, ограничения прорывов воды и других технологий, препятствующих образованию в пласте и призабойных зонах скважин нерастворимых солей, парафиновых отложений, уменьшающих подвижность нефтей и ухудшающих проницаемость коллекторов показывает, что процессами в пласте можно успешно управлять.

Это позволяет оптимизировать процесс разработки залежей, повысить коэффициент извлечения углеводородов.

Особенно сложная задача стоит в проблеме дополнительной добычи трудноизвлекаемых запасов из месторождений, находящихся в поздней и завершающей стадиях разработки.

Каждое месторождение углеводородов нужно рассматривать как сложную динамическую систему, в которой происходят постоянные изменения. Чаще всего в результате длительной эксплуатации залежи, постоянного техногенного вмешательства в процесс добычи нефти необходимо оперативно применять наиболее оптимальные способы и технические средства для грамотного управления физико-химическими процессами в пласте.

Существует корреляционная связь между фильтрационными потоками и волновыми акустическими и электромагнитными полями. Синхронизированное ритмическое акустическое поле является акустической характеристикой нефтенасыщенных систем. Акустическое поле и фильтрацию флюидов генерирует в поровом пространстве электромагнитное поле в широком диапазоне от ультракоротких до световых волн, изменяющее физические и химические характеристики пласта. Существует обратная генерация акустического поля в диапазоне от инфра до ультразвуковых частот.

В зависимости от степени генерации энергии в пласте измерения геофизических полей могут дать сведения об обратимых или необратимых процессах в коллекторах.

Это обязывает исследователей обратить особое внимание на способы воздействия на залежь геофизическими полями, позволяющими управлять теми или иными параметрами пласта, свойствами добываемого флюида.

Способы воздействия на пласт гидравлическими импульсами, прогревом пласта или акустическим воздействием, изменяющие параметры пласта (пористость, проницаемость) и свойства флюида (вязкость, подвижность фаз) достаточно полно рассмотрены в литературе [4]. Рассмотрены эффекты изменения свойств горных пород и насыщающих их флюидов при электрогидравлическом воздействии на образцы керн, различные по литологии и отличающиеся пористостью и проницаемостью. Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют, что пористость терригенных и карбонатных пород зависит от количества импульсов воздействия на образцы, и меняется незначительно (3–5%), проницаемость образцов с невысокой проницаемостью изменяется в 4–10 раз, в то время, как в образцах с высокой проницаемостью она изменяется в 3–4 раза [4].

Из приведенных материалов следует, что эффект изменения свойств характерен только для образцов и пластов с соотношением содержания в них флюида «нефть-вода» не менее 50% для пресных вод, в среде с минерализованной водой эффект проявляется слабо из-за малоэффективного разряда в жидкости.

В процессе исследований найдено решение по инициированию электрогидравлического разряда жидкости введением в межэлектродный промежуток электроразрядной камеры низкотемпературной плазмы в виде взрывающегося проводника, что сделало процесс электрогидравлического пробоя независимым от электрической проводимости жидкости в скважине, расширив диапазон применения электрогидравлического разряда в скважинах, заполненных нефтью или высокоминерализованной жидкостью.

При этом в пласте реализуется технология, включающая:

- разогрев прискважинной зоны;
- ускорение (до 1000 раз) гравитационной агрегации нефти и газа;
- увеличение относительных фазовых проницаемостей для нефти в большей степени, чем для воды;
- увеличение (в десятки раз) скорости и полноты капиллярного вытеснения нефти водой;
- возникновение сейсмоакустической эмиссии в породах коллектора, сопровождающейся образованием микротрещин;
- изменение напряженного состояния горных пород коллектора связанное с изменением структуры порового пространства.

Данная технология позволяет не только повысить в несколько раз или восстановить дебит добычных эксплуатационных скважин, но и за счет снижения поверхностного натяжения на границе фаз «нефть-вода» снизить водосодержание в продукции скважины, увеличить нефтеотдачу пласта. Учитывая, что за счет направленного излучения упругой энергии глубина ее проникновения в пласт достигает несколько сотен метров и более, при обработке эксплуатационной скважины упругое воздействие воспринимают также соседние скважины.

Техническим обеспечением технологии является аппаратура «Приток – 1М» в течение более 10 лет успешно эксплуатируется в различных регионах России (Западная Сибирь, Урало-Поволжье, Тимано-Печорская НГП) и за рубежом (Казахстан, КНР, Чехия).

Разработанной аппаратурой обработано более 120 скважин в опытно-промышленном режиме на месторождениях Западной Сибири, Удмуртии, Башкортостана, Татарстана. Эффект воздействия продолжается от 3 до 15 месяцев и более в зависимости от свойств коллектора и стадии разработки месторождения.

Обработка скважин методом плазменно-импульсного электрогидравлического воздействия проводится после извлечения из скважины насоса и насосно-компрессорных труб во время капитального или профилактического ремонта скважин и занимает всего 8–10 ч. Заметный эффект наблюдается при обработке методом скважинного плазменно-импульсного резонансного воздействия нагнетательной скважины. Сфокусированная упругая энергия, направленная в пласт, очищает каналы в прискважинной зоне пласта и улучшает в облучаемой части пласта приемистость нагнетательной скважины. А поскольку глубина воздействия на пласт составляет сотни метров и более, эффект нагнетания воспринимают соседние добычные скважины.

Литература

1. Ибрагимов Л.Х., Мищенко И.Т., Челоянц Д.К. «Интенсификация добычи нефти», Москва, Наука, 2000.
2. Молчанов А.А. Новые технологии интенсификации режима работы нефтегазовых скважин и повышения нефтеотдачи пластов. - В сборнике статей Межпарламентской ассамблеи СНГ. - С.-Петербург, 1995.
3. Кузнецов О.Л., Курьянов Ю.А., Кухаренко Ю.А., Рок В.Е. «Теоретические модели в сейсмоакустике поротрещиноватых упругих сред», том 1, Москва, 2002.
4. Повышение нефтеотдачи пластов на поздней стадии разработки нефтяных месторождений и комплексное освоение высоковязких нефтей и природных битумов – Материалы международной научно-практической конференции.- Казань, Изд-во «Фэн», 2007 – 726 с.
5. Мищенко И.Т., Скважинная добыча нефти, изд. «Нефть и газ», М., 2003.
6. Сейсмоакустика пористых и трещиноватых геологических сред, под научн. ред. Кузнецова О.Л., Информационный центр ВНИИГеосистем, 2004.
7. Кудинов В.И., Совершенствование тепловых методов разработки месторождений высоковязких нефтей, изд-во «Нефть и газ», 1996.
8. Молчанов А.А., Геофизические исследования горизонтальных нефтегазовых скважин, Санкт-Петербург, МАНЭБ, 2002 – 316 с.

Приложение 4

ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ОАО «РОСГЕОЛОГИЯ»

Е.С. Лаврентьева (ФГУНПП «Геологоразведка», Санкт-Петербург)

Тезисы доклада

1. Работы по геологическому изучению недр, поискам и разведке месторождений полезных ископаемых базируются на использовании различных видов информации, получаемой на основе применения соответствующих геологических, геофизических и геохимических информационно-измерительных систем и технологий. Соответственно, вся производи-

мая геолого-геофизическая продукция является по своей сути информацией о недрах, представленной в виде геологических карт, разрезов, численных оценок объёма ресурсов и запасов полезных ископаемых, их географических координат, глубин залегания, технологических характеристик и т.п..

2. В настоящее время, как правило, изучаются и в дальнейшем разведываются и добываются глубокозалегающие месторождения полезных ископаемых. Качество геологической информации определяется, в первую очередь, информацией, получаемой геофизическими и глубинными геохимическими методами, а на стадии разведки – также и с помощью буровых работ. Геофизические и глубинные геохимические (геоэлектрохимические) методы являются сложными информационно-измерительными системами. Поэтому точность и достоверность этой информации, её единство и сопоставимость имеют решающее значение для окончательных геологических выводов. Кроме того, принципиальное значение имеет точность и достоверность геодезических измерений, т.к. на их основе вычисляются и вводятся различные корректирующие поправки в геофизические данные, а также осуществляются построения различных геолого-геофизических и прогнозных карт, которые, в конечном счете, определяют количественные характеристики месторождения.

3. Единство и достоверность информации достигается организацией эффективного и экономически целесообразного метрологического обеспечения всех этапов геолого-геофизических работ. Однако основным элементом информации о недрах является первичная измерительная информация, обусловленная применяемыми средствами измерений (СИ). Поэтому в первую очередь необходимо создание средств и методов метрологического обеспечения геофизической аппаратуры, начиная от её разработки и промышленного производства и заканчивая проведением производственных геолого-геофизических работ.

4. За время проведения экономических реформ 90-е – 2000-е годы существовавшая ранее единая система метрологического обеспечения геологоразведочных работ была разрушена, имевшаяся эталонная база частично утрачена, а сохранившаяся зачастую уже не соответствует современным требованиям. Создание единой системы метрологического обеспечения ОАО «Росгеология», охватывающей все организации, разрабатывающие и (или) выпускающие аппаратуру и проводящие геолого-геофизические работы, ведущие геофизические исследования, является необходимым условием получения качественной первичной информации.

5. В период с 2000 г. по настоящее время предприятие ФГУНПП «Геологоразведка», выполняя функции Отраслевого научно-методического центра в области стандартизации, метрологического обеспечения и сертификации МПР РФ (ОНМЦ) в соответствии с Положением, утверждённым зам. министра природных ресурсов России 27.01.1997 г., продолжило свою деятельность по метрологическому обеспечению геофизических измерений. В её состав входили:

- разработка и модернизация исходных геофизических эталонов,
- калибровка геофизических СИ, в том числе и зарубежного производства, применяемых при проведении работ, как на твердые полезные ископаемые, так и на углеводороды, для предприятий и организаций России, Белоруссии, Украины, Казахстана,
- разработка методов и методик калибровки геофизических СИ, в том числе и зарубежного производства,
- разработка транспортируемых геофизических эталонов для оснащения метрологических служб производственных организаций страны.

Кроме того, в период 2006–2008 г.г. был разработан проект «Программы создания системы метрологического обеспечения геофизических работ». Программа, в частности, содержала предложения по созданию метрологических центров и калибровочных лабораторий на базе предприятий отрасли, а также развернутые предложения по развитию эталонной базы. К сожалению, реализация указанной программы по ряду причин была отложена на неопределенное время.

6. На основе имеющегося опыта и материалов предлагается план первоочередных мероприятий по созданию метрологической службы ОАО «Росгеология». При формировании плана следует учитывать разработанные ранее в ФГУНПП «Геологоразведка» документы, в составе которых

- Структура метрологической службы,
- Положение о метрологической службе ОАО «Росгеология»,
- Положение о системе калибровки ОАО «Росгеология»,
- Перечень предприятий, рекомендуемых для создания на их базе калибровочных лабораторий (в том числе, ФГУП «УралГео»).

Основополагающим документом при создании метрологической службы должно быть соответствующее постановление Правительства РФ с возложением обязанностей метрологического центра ОАО «Росгеология» на определенное предприятие.

Приложение 5

ОПТИМИЗАЦИЯ НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Е.Г. Жемчужников (ООО «Сейсмо-Шельф», Санкт-Петербург)

Тезисы доклада

В докладе оценивается минимально-необходимая точность вычисления координат донных сейсмических станций (ОВН) по прямой водной волне от рабочих отстрелов – исходя из параметров регистрации волнового поля при проведении работ МОГТ.

Обзорная часть доклада содержит анализ способов и программ определения истинных координат ОВН на дне, а также перечень параметров регистрируемого волнового поля, наиболее критичных к погрешности привязки ОВН.

Координаты точек отстрела считаются точными (с точностью до аппаратурно-методической точности применяемого навигационного комплекса). Ошибка в определении донных координат точек приема (ОВН) входит в величину офсета (его длину и направление). Величина офсета, как вектора, влияет, прежде всего, на величину кинематической поправки (НМО), на координаты средней точки (ОСТ) и на азимутальную характеристику офсетов. Влияние на НМО является самым сильным, поэтому оценка минимально-необходимой точности вычисления координат ОВН базируется именно на вкладе длины офсета в величину НМО.

В докладе оценивается минимально-необходимая точность привязки ОВН со следующим критерием: разность НМО при истинной координате ОВН и при координате, определенной с ошибкой δ , на границе конуса мьютинга сейсмограмм ОСТ не должна превышать шага дискретизации сейсмической записи. В данном случае шаг дискретизации рассматривается как предельная точность привязки трассы записи по времени.

На примере типичных сейсмограмм ОСТ, полученных на прибрежной акватории шельфа Карского моря, таковая оценка составляет величину около 8 м.

Оценка точности привязки ОВН по первым вступлениям прямой водной волне от рабочих отстрелов. Оценка проводится относительным методом на базе сейсмо-навигационных данных, полученных на акватории Печорской губы Баренцева моря.

Дается описание принципа относительной оценки точности вычисления координат, методика вычисления; трудозатраты и точность результата (около 4 м).

Таким образом, вычисление координат ОВН по первым вступлениям прямой водной волны от рабочих отстрелов корректно – оно обеспечивает минимально-необходимую точность привязки ОВН по условиям МОГТ-обработки с запасом по точности 2.

При уменьшении шага дискретизации записи при проведении сейсморазведочных работ на поиск и разведку УВ до 1мс (что часто практикуется в последнее время) минимально-необходимая точность привязки ОВН увеличивается примерно до 4м. Но суть в том, что и

точность определения пиков первых вступлений прямой водной волны (а также и точность вычисления координат) также возрастает примерно в 2 раза, т.е. до 2м.

Приводятся разрезы, полученные по координатам сброса OBN и по этим координатам, но искаженным в случайном направлении на 6м и на 8м.

В докладе рассмотрена необходимость коррекции «зеркальных» решений при 2D работах.

При проведении 2D сейсморазведочных работ результат вычисления координат OBN по первым вступлениям прямой водной волны становится существенно неустойчивым, в отличие от аналогичного результата по 3D базам данных, т.к. переопределенная система уравнений в радикалах относительно искомым координат и скорости акустической волны в воде в окрестностях OBN становится существенно линейно-зависимой.

Рассмотрено влияние «зеркальных» решений на факторы, имеющие основное значение при 2D МОГТ-обработке: величина NMO, координаты средней точки (ОСТ), азимутальная характеристика офсетов. Очевидно, что величина NMO, определяемая лишь длиной офсета, одинакова при «истинном» и «зеркальном» решениях. Средняя точка при «зеркальном» решении попадает в тот же бин, что и при «истинном» решении, т.к., формально, размер бина кросслайн при 2D работах бесконечен. Направления же офсетов (в плане проведения азимутально-ориентированных процедур – фильтраций, суммирования и т.п.) при 2D работах не имеют смысла.

Приводятся разрезы, полученные по решенным «истинным» и «зеркальным» координатам OBN, показывающие, практически, их полную идентичность.

Основные выводы доклада: сейсморазведка МОГТ является самодостаточным средством, как в плане получения сейсмических данных, так и привязки точек приема. Таким образом, отпадает необходимость применения гидроакустических систем подводной привязки, что выражается в экономии средств на закупку и эксплуатацию данных систем.

Коррекция решений координат OBN из «зеркальных» в «истинные» положения, требующая больших трудозатрат, не имеет значимого влияния на качество 2D разреза.

Приложение 6

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАЛЕЖИ УГЛЕВОДОРОДОВ

С.А. Кириллов (ОАО «ЦГЭ», Москва)

Тезисы доклада

Успешное и экономически целесообразное использование современных технологий добычи углеводородов базируется на использовании детальных цифровых моделей залежей (геологическая модель) и протекающих в ней процессах (фильтрационная модель). Для детального подсчета начальных геологических запасов и обоснования коэффициента извлечения нефти необходима трехмерная геолого-технологическая модель залежи.

Как показывает практика, использование геологической модели не ограничивается только подсчетом запасов и составлением технологической схемы разработки залежи. Геологическая модель должна использоваться на всех этапах изучения и разработки месторождения, и регулярно обновляться при появлении новых данных.

Необходимыми условиями для подготовки геологической модели являются:

– специалисты, владеющие компьютерными технологиями и принципами построения геологической модели;

– геолого-геофизическая база первичных и результирующих данных;

– программное обеспечение, позволяющее реализовать все этапы построения и сопровождения модели (алгоритмы и программы моделирования не должны противоречить представлению о строении модели и соответствовали имеющемуся набору данных);

– технические средства, обеспечивающие работу программного комплекса обработки данных и моделирования, доступные для использования на всех уровнях геологических служб недропользователя.

Практическим выходом из результатов геологического моделирования является детальное представление геологического строения продуктивных пластов с целью:

- подготовки и технико-экономического обоснования инвестиционных проектов;
- проектирования геологоразведочных работ;
- планирования прироста запасов;
- планирования изменения категорийности запасов;
- корректировки ковра бурения скважин;
- геологической основы для расчета гидродинамической модели;
- основы для оперативного управления разработкой.

Анализ и использование большого количества разнородной и разномасштабной геолого-геофизической и промысловой информации при моделировании возможен только при наличии совершенного программного обеспечения с удобными средствами визуализации и представления данных.

К геофизическим методам, обеспечивающим оценку ресурсной базы углеводородов на перспективных территориях относятся сейсмическая разведка и геофизические исследования скважин (ГИС). При этом важнейшим элементом построения геологической модели в части построения структур и интерполяции параметров среды по результатам разведочного бурения на всю изучаемую залежь является сейсморазведка.

На российском геологоразведочном рынке для обработки сейсморазведочных данных, ГИС и моделирования залежей углеводородов используются зарубежные программные пакеты компаний: Schlumberger (США) – Omega, GeoQuest, Petrel, Eclipse; Landmark Graphics (США): PROMAX – SeisWork, Strata Model, OpenWork, Geographic, VIP; Paradigm Geophysical (США) – Focus (США), CGG (Франция): GEOVECTEUR PLUS/GEOCLASTER, Roxar (Норвегия): IRAP RMS, TEMPEST.

Также применяются российские программные пакеты для:

1. Обработки сейсморазведочных данных – СЦС-5 (ОАО «ЦГЭ», Москва и ООО «Геофизинфо», Краснодар), Prime (Яндекс Терра, Москва), FNE (ООО «Геосейсконтроль», Москва), SPS-PC (Голярчук Н.А., Норильск),
2. Обработки и интерпретации данных ГИС – Gintel (ООО ГИФТС), Прайм (ГЕОТЕК, Уфа), Солвер (ООО НПЦ Тверь геофизика), Modern, Petro Expert, Certanty (ООО Пангея), AutoCorr (ООО «ИПНЭ»).
3. Комплексной интерпретации данных сейсморазведки и ГИС – ИНПРЕС (ЦГЭ, Москва), DV-SeisGeo, DV-Discovery, DV-Geo (ООО GPD, Москва).
4. Построения геологических моделей залежей углеводородов по комплексу сейсмических и скважинных данных – DV-Geo, DV-SeisGeo (ООО GPD, Москва).

Для построения цифровой геологической модели необходимы программные комплексы, обеспечивающие обработку и интерпретацию данных сейсморазведки, методов ГИС, построение разрезов и карт, визуализацию результатов на всех этапах обработки и интерпретации и построения модели.

Присутствие на рынке собственного программного обеспечения для реализации компьютерной технологии моделирования и оценки ресурсной базы позволит:

1. Обеспечить геологоразведочные предприятия единой информационной технологией.
2. Оперативно реализовывать математическое и программное обеспечение под собственные задачи, требования, форматы представления данных.
3. Подключать к развитию и совершенствованию компьютерной технологии моделирования отечественных специалистов из отраслевых НИИ и университетов.

Существует несколько путей создания собственного математического обеспечения.

1. Организовать коллектив разработчиков, перед которыми поставить научно-исследовательскую задачу на подготовку полного комплекта программного обеспечения, реализующего компьютерную технологию моделирования и оценки ресурсной базы на отечественном компьютерном оборудовании и оперативной системе.

2. Приобрести существующее математическое обеспечение, в которое входят исходные тексты программ, алгоритмы, их программно-техническое описание, исполняемые программные модули с инструкциями пользования и методическими рекомендациями по их применению.

3. Комбинированный способ, когда приобретается стороннее программное обеспечение и создается научно-исследовательский коллектив для его развития и дальнейшей технологической и пользовательской поддержки.

Обязательным требованием для подготовки собственной математической системы является предварительная выработка технических, технологических и пользовательских требований к организации программного обеспечения, структуре, форматам данных, средствам визуализации, средствам представления результата, увязанного с требованиями основных заказчиков и геологических фондов.

Собственное программное обеспечение должно базироваться на эффективной интеграции лучших научных, технических, технологических и программных результатов, полученных научными, конструкторскими и производственными организациями, активно работающими в современных условиях на рынке сервисных услуг нефтегазовой промышленности.

В составе программного комплекса обработки и моделирования следует предусматривать политико-организационную, научно-технологическую, техническую и сервисную составляющие.

Политико-организационная составляющая заключается в обеспечении информационными технологиями всех институтов государственного управления недрами: оценка ресурсов, подсчет запасов, экспертиза проектов разработки месторождений, база данных состояния разработки всех месторождений в РФ, документооборот, лицензирование, стандартизация, сертификация и пр.

Научно-технологическая составляющая является наиболее важной. Она заключается, с одной стороны, в организации процессов поэтапного интегрированного изучения осадочного чехла, резервуаров, месторождений, залежей и блоков залежей углеводородов, и, с другой стороны, в интеграции знаний и данных, выработке научных и технологически обоснованных решений по оптимальной эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Научно-технологическая составляющая в целом определяет требования к конструированию компьютеризированных комплексов для решения всех конкретных задач обработки информации и синтеза знаний об объектах разработки.

Таким образом, разработка и создание программного комплекса обработки геолого-геофизических данных и моделирования позволяет:

- обеспечить внедрение в практику нефтяного дела современных российских технологий изучения и проектирования разработки месторождений нефти и газа;
- стимулировать инициативу ведущих российских нефтяных и исследовательских центров по созданию прогрессивных технологий управления недрами;
- обеспечить высокий уровень подготовки специалистов в высших учебных заведениях для нефтегазовой отрасли на основе доступных отечественных ПК и информационных технологий, для последующего сокращения отъезда лучших российских ученых за рубеж;
- стандартизировать представление результатов моделирования в форматах, соответствующих регламентным документам отрасли;
- сократить затраты на приобретение и сопровождение программных комплексов;
- обеспечить оперативный контроль государства на любом уровне за выполнением проектных решений и условий лицензионных соглашений;
- оперативно корректировать и адаптировать ПК к любым геолого-промысловым и экономико-технологическим условиям за счет приближения авторских коллективов-разработчиков программного комплекса к исполнителям.
- ограничить возможности утечки конфиденциальной информации о минерально-сырьевой базе России, которая возможна при неконтролируемой через Интернет эксплуатации зарубежных ПК в топливно-энергетическом комплексе страны;
- обеспечить соответствие ПК изменяющейся нормативно-правовой базе недропользования России.

**АКТУАЛИЗАЦИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ
ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ**

И.Г. Спиридонов, А.К. Алексеева, А.Г. Пилицын, С.В. Добросоцкий (ФГУП «ИМГРЭ», Москва)
Тезисы доклада

С целью повышения эффективности геологоразведочных работ на нефть и газ выполнялись работы по созданию интегральных геолого-геофизических моделей в пределах южных склонов Байкитской антеклизы и Катангской седловины (Красноярский край), а также разработка рационального комплекса геохимических исследований для включения в состав геолого-геофизической технологии поисков.

Методология работ базируется на выполнении трех направлений:

- 1) построение 3D сейсмоплотностных моделей по данным региональных сейсморазведочных работ, гравимагнитных съемок масштаба 1:200 000 и петрофизической информации.
- 2) проведение рационального комплекса геохимических методов в пределах локальных площадей и участков, выделяемых по данным сейсмоплотностного моделирования.
- 3) сводный прогноз по данным геофизического моделирования и обработки результатов геохимических работ, количественная рейтинговая оценка выявленных неоднородностей разреза.

Рациональный комплекс геохимических методов был разработан на основе анализа применения существующих методик геохимических методов и результатов их применения на месторождениях Ангаро-Ленской НГО и Байкитской НГО. Комплекс включает в себя методы поисков по свободным газам и сопровождающего литохимического опробования.

Новизна газолитохимических исследований состоит в следующем:

- изучается комплексное геохимическое поле, особенности которого позволяют прогнозировать типы и состав скоплений УВ;
- обеспечивается возможность оконтуривания залежей как структурного, так и неструктурного типа;
- обеспечивается возможность оконтуривания месторождения УВ сырья и зоны нефтегазонакопления.

Апробация комплекса газолитохимического опробования показала, что надсводовые части залежей характеризуются аномалиями газов ряда C_1-C_5 и диоксида углерода с оконтуриванием по периферии аномальными зонами углеводородных соединений C_6-C_7 , ароматических углеводородов и ассоциациями ряда микроэлементов Mg, Ti, Ag, As, Sb, Pb. Полученные результаты позволяют считать геохимические исследования результативными и необходимыми для включения в комплекс несейсмических методов на региональной стадии изучения нефтегазовых провинций.

Параллельно с выполнением геохимических и аналитических работ проводилось создание пространственных интегральных геолого-геофизических моделей на основе формирования 3D структурных моделей по данным региональных сейсморазведочных работ, построения априорной геоплотностной модели по данным ГИС и петрофизической информации и решения прямой и обратной задач гравиразведки.

На основе 3D сейсмоплотностных моделей выполняется построение разрезов и карт зон разуплотнения по нефтегазоперспективным горизонтам, проводится их ранжирование по площади объекта, по глубине залегания перспективных горизонтов, по амплитуде ловушки, по интенсивности разуплотнения, и по этим данным выделяются зоны развития структур с улучшенными коллекторскими свойствами, вещественную природу которых предлагается заверить комплексом геохимических работ.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА ШЕЛЬФЕ

М.Ю. Токарев¹, Л.М. Кульницкий¹, Я.Е. Терехина¹, А.Е. Рыбалко^{1,3}, Д.В. Корост² (¹ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова», ²ООО «Морской центр МГУ им. М.В. Ломоносова», Москва; ³ОАО «Севморгео», Санкт-Петербург)

Тезисы доклада

В последние годы началось активное освоение шельфа арктических морей в связи с открытием большого количества нефтегазовых месторождений. Разработка любого из них тесно связана со строительством и эксплуатацией большого количества инженерных сооружений. Их проектирование, строительство и эксплуатация требует проведения комплекса инженерно-геологических изысканий, по результатам которых принимаются соответствующие технические решения. Получаемые данные также необходимы для картирования опасных геологических объектов.

Одним из стандартных методов, используемых при проведении инженерно-геологических изысканий, является сейсмоакустическое профилирование. В то же время традиционно относительно редкая пространственная сеть профильных наблюдений в условиях сложно построенных сред не позволяет детально изучить строение и свойства изучаемого разреза по глубине и в плане.

Для проведения инженерно-строительных работ на дне акваторий принципиально важно знать прочностные свойства донных грунтов в пределах протяженности строительных сооружений. В настоящее время задача определения свойств грунтов решается путем лабораторного анализа образцов. В то же время хорошо известно, что процесс распространения упругих колебаний в среде целиком определяется ее физико-механическими свойствами. Скорость распространения колебаний находится в прямой связи с этими свойствами. Кинематический и динамический анализ данных высокоразрешающих и сверхвысокоразрешающих сейсмоакустических исследований на акваториях принципиально может позволить определять распределение по разрезу этих свойств поддонных грунтов.

Верхняя часть разреза поддонных отложений на акваториях устроена весьма сложно, как в плане, так и по глубине. Соответственно, решение инженерных задач требует качественно более высокой точности, как в определении геометрии, так и весьма высоких оценок разрешающей способности и детальности при построении куба физико-механических свойств.

Нами предлагается аппаратурно-программный комплекс для высокоразрешающих и сверхвысокоразрешающих сейсмоакустических исследований на акваториях, обеспечивающий решение выше поставленных задач. В составе комплекса:

- 3 источника возбуждения разных частотных диапазонов с перекрывающимися полосами (например, бумер, спаркер, пневмоизлучатель) с характеристиками, обеспечивающими возбуждающий суммарный упругий импульс столь широкополосный, что путем деконволюции достигается разрешающая способность первые десятки сантиметров.
- Набор приемных устройств (одноканальных и многоканальных), позволяющих проводить 3D наблюдения.
- Многоканальный компактный регистратор, обеспечивающий частоту дискретизации до 10 000 Гц и более.
- Источники и приемные устройства буксируются на разной глубине, причём, по крайней мере, одно многоканальное приемное устройство буксируется на глубине не более трети от заданной глубинности исследований.

Разработанная нами специализированная математическая обработка данных позволяет решать вышеописанные задачи инженерных изысканий под строительство на дне акваторий.

СОВРЕМЕННОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ГДП-200

А.А. Лихачев, А.В. Тарасов, К.М. Антащук, В.Л. Альтман (ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика», Санкт-Петербург)

Тезисы доклада

Сообщение основано на большом опыте работ ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика» по созданию геофизических основ (ОГФО) масштаба 1:200 000 в различных геологических обстановках на территории России. Составление ОГФО 200 на достаточно большие площади на опережающей стадии (в рамках подготовительного этапа по ГК-200) позволяет обеспечить современную геологическую основу качественными геофизическими материалами на основе комплекса как современных геофизических данных, так и ретро материалов.

Целевым назначением проводимых работ, как правило, является повышение информационных и прогностических качеств современных многоцелевых геологических основ масштаба 1:200 000 и локализация на основе анализа геофизических данных перспективных площадей ранга рудных узлов (полей).

Основными задачами работ являются:

1. Создание банка данных увязанных геофизических материалов по исследуемой территории;
2. Создание структурно-тектонических схем и схем глубинного строения территории, основанных на интерпретации геофизических материалов;
3. Уточнение вещественного состава и физических характеристик площади;
4. Выявление и уточнение рудоконтролирующих факторов разного ранга:
 - а. Картирование локальной и региональной радиогеохимической зональности, контролирующей размещение известных рудных узлов, полей и месторождений;
 - б. Прослеживание металлотектов, выделенных по геофизическим и радиогеохимическим данным на эталонных объектах, расположенных на прилегающих перспективных площадях;
5. Определение участков и площадей, перспективных для проведения детальных полевых работ в рамках ГДП-200 для решения, как картировочных, так и прогнозно-поисковых задач;
6. Определение методов и методики сопровождающих геофизических работ.

На примере результатов работ по двум объектам ГФО, выполненных на листах: Р-36- XXXIII, XXXIV (Южно-Ладужская площадь, Ленинградская область) и N-49-XXIII,-XXIV (Забайкалье), можно показать эффективность решения геологических задач, стоящих перед ГСР 200.

С целью уточнения геологического строения территории и построения геолого-геофизических разрезов на сопровождающем этапе ГФО Южно-Ладужской площади проводились специализированные полевые работы по 5-и профилям комплексом геофизических методов, включающим магниторазведку, гравиразведку и электроразведку методами МТЗ-АМТЗ. Основная геологическая задача на Южно-Ладужской площади состояла в картировании глубинного строения Пашско-Ладужского грабена.

Данные комплекса электроразведки АМТЗ-МТЗ позволили установить природу гравиметрических аномалий на линии структурного профиля. Интенсивную отрицательную аномалию поля силы тяжести в центре профиля оказалось возможным связать с массивом гранитов в докембрийском кристаллическом фундаменте. Положительная аномалия силы тяжести в юго-западной части профиля, в плане имеющая линейное строение и ориентированная в северо-западном направлении, коррелирует с резким увеличением мощности рифейских отложений по данным электроразведки. По комплексу данных, с учетом результатов полевых работ, было проведено тектоническое районирование Пашского грабена. В северо-восточной и юго-западной частях грабена выделены краевые впадины, характеризующиеся пологим залеганием подошвы рифейских отложений с преобладанием в их разрезе терригенных пород. Указанные впадины разделяются выделенной рифтовой зоной, длина которой превышает 80 км при ширине 7–25 км. Рифтовая зона (по данным электроразведки) имеет форму узкого грабена с крутыми бортами. В верхней ее части в разрезе рифейских отложений существенную роль играют терригенные породы, характеризующиеся пониженным электрическим сопротивлением, мощность которых оценивается в 1.6–2 км. Нижняя часть разреза рифтовой зоны (по данным моде-

лирования гравиметрического поля) сложена тяжелыми породами (потоками базальтов, субвулканическими телами долеритов). Суммарная мощность рифейских пород в пределах рифтовой зоны (по данным моделирования) не менее 5 км.

Существенно уточнена схема геолого-геофизической интерпретации, на которую была вынесена глубина подошвы рифейских терригенных пород, установленная на различных участках Пашского грабена по данным электроразведки.

Дополнительные возможности решения геологических задач можно проиллюстрировать на примере листов N-49-ХП, XVIII (Восточное Забайкалье), обеспеченных цифровыми материалами современной комплексной аэрогеофизической съемки. В пределах этих листов расположен Ципиканский рудный район (Забайкалье), на площади которого, с точки зрения авторов, были удачно выполнены работы по прослеживанию металлотектов, выделенных (по геофизическим и радиогеохимическим данным) на эталонных объектах, расположенных на прилегающих перспективных площадях. Главным рудоконтролирующим металлотектом Ципиканского золоторудного района является глубинная кольцевая структура диаметром 100-130 км (термо-купольная структура), отчетливо выделяющаяся на глубинных срезах гравиметрического поля, на космоснимках, в магнитном и радиогеохимическом полях. На основании комплексного анализа результатов прогноза были выделены участки и площади для проведения детальных полевых работ в рамках ГДП-200 для решения как картировочных, так и прогнозно-поисковых задач.

На основании вышеизложенных примеров проведения геологического изучения объектов авторы предлагают:

- планировать исследования по уточнению геофизической основы, в том числе уточнению прогнозных построений с учетом геохимических и геологических данных;

- для построения геолого-геофизического разреза проводить профильные геофизические работы, включая гравиразведку, магниторазведку, изучение физических свойств горных пород и для выявления структурных особенностей не вскрытых эрозией металлотектов (минерализованные купола и т. д.) выполнять работы по зондированию электроразведочными методами, ставить магниторазведку).

Приложение 10

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИКЛАДНОЙ МАГНИТНОЙ КАРТОГРАФИИ

Т.П. Литвинова (ФГУП «ВСЕГЕИ», Санкт-Петербург)

Тезисы доклада

Понятие «прикладная магнитная картография» (ПМК) нельзя считать устоявшимся. Наиболее широко используется понятие «магнитная картография» (МК). На современном этапе магнитная картография представляет собой один из видов тематической картографии, посвящённой теории, методике и технике построения графических изображений данных о магнитном поле Земли. Картографические произведения специального тематического содержания являются уникальным информационным ресурсом, благодаря своей возможности в концентрированном виде в наглядной, легко воспринимаемой форме представлять большой объём специальных знаний.

В связи с бурным развитием аэромагниторазведки в прошлом столетии наметился тренд в разделении МК на общую и прикладную. В данном контексте прикладную магнитную картографию можно рассматривать как научное направление, ориентированное на практическое применение знаний, полученных в результате специальных инструментальных аэромагнитных исследований. На основании многолетнего опыта построения аэромагнитных карт можно остановиться на следующей формулировке ПМК: *прикладная магнитная картография – раздел общей магнитной картографии, направленный в первую очередь на исследование пространственных структур и особенностей строения земной коры с целью решения геологических задач*. Объектами картографирования в виде картографических произведений являются аномальное магнитное поле, дополненное результатами его преобразования, нормальное магнитное поле Земли, результаты геолого-геофизической интерпретации.

Одним из основных способов графического изображения результатов магнитных съёмок является картографический, позволяющий в образно-знаковой форме отобразить пространственные сочетания и взаимосвязи структур геомагнитного поля, элементы его динамики, связь с другими геофизическими полями. В региональном изучении структурных неоднородностей земной коры значительную роль играют обобщения результатов площадных аэромагнитных исследований в виде сводных карт аномального магнитного поля (АМП). Для обеспечения унификации карт разработаны единые правила картосоставления и подготовки к изданию, которые регламентируют производство аэромагнитометрических работ в конкретных масштабах в виде Инструкции... (1963) и Требований... (1999, 2003, 2011).

Развитие прикладной сводной магнитной картографии в России происходило в несколько этапов: 1) аналоговые картографические обобщения крупно- и среднемасштабных аэромагнитных исследований; 2) цифровое картографирование аномального магнитного поля; 3) цифровые карты аномального магнитного поля в составе геофизической основы (ГФО) Госгеокарты-1000/3 и -200/2.

На первом этапе создан основной фонд карт аномального магнитного поля бывшего СССР, начиная от масштабов 1:25 000 – 1:50 000 (в отчётах), 1:200 000 – 1:1 000 000 (в отчётах и изданиях), кончая сводными картами АМП масштабов 1:1 500 000 – 1:10 000 000 (в издании).

Современный этап развития картографии характеризуется большим спросом и соответственно большим объемом работ по созданию цифровых карт. Основу цифровых карт составляет цифровая запись значений геомагнитного поля в пространственных координатах. Цифровая картография представляет собой принципиально новое направление, характеризующееся качественно более полной системой обработки данных и комплексной автоматизацией картографического производства. Цифровые методы сбора, обработки, хранения и графической визуализации геофизической информации предоставляют широкие возможности быстрой обработки измеренных параметров геофизических полей, интерактивного доступа к хранимой информации, автоматизации многочисленных трудоёмких картографических процессов. Автоматизация и компьютеризация картографического процесса способствуют конгломерированию огромных массивов цифровой геофизической картографической информации в информационные системы различных иерархических уровней. Внедрение вычислительной техники в геологию и геофизику обусловило развитие новой информационной технологии, тесно связанной с созданием цифровых карт потенциальных геофизических полей. В основе цифровой технологии лежит формирование цифровой базы данных, представленных в единых цифровых форматах с указанием координат и количественных и качественных атрибутов, все данные пространственно взаимосвязаны. Вместе с тем, разработанные компьютерные программы далеко не в полной мере участвуют различные закономерности геомагнитного поля.

Первая цифровая «Карта аномального магнитного поля России и прилегающих районов суши и моря масштаба 1:10 000 000», была создана за рубежом. Карта, основанная на оцифрованных NASA исключительно российских данных, была создана в 1993 году при финансовой поддержке американской нефтяной компании Коноко (Conoco Incorporated). В составлении этой карты приняли участие ВНИИОкеангеология и Атлантический отдел Геологической Службы Канады (Geological Survey of Canada – Atlantic, GSC-A). Материалом для оцифровки континентальной части России послужила опубликованная в 1978 году в открытой печати карта АМП масштаба 1:2 500 000 под редакцией З.А. Макаровой, а для акватории Северного Ледовитого океана – карта такого же масштаба, созданная в 1978 году и опубликованная под редакцией В.Н. Шимараева.

Автоматизация и компьютеризация картографического процесса придала особый импульс развитию цифрового картографического моделирования геофизических полей и в России. Первая отечественная цифровая сводная мелкомасштабная карта аномального магнитного поля (ΔT)_а России и прилегающих акваторий масштаба 1:5 000 000 была создана в 2004 году во ВСЕГЕИ. Цифровая карта создана на основе аналоговой карты аномального магнитного поля (ΔT)_а России, сопредельных государств (в границах бывшего СССР) и при-

легающих акваторий масштаба 1:5 000 000, которая была оцифрована и по результатам оцифровки была получена матрица с размером ячейки 5 x 5 км. Составленная по данной матрице карта аномального магнитного поля (ΔT)_a России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 5 000 000 была опубликована в 2004-м году и демонстрировалась на 3-ей сессии Международного Геологического Конгресса во Флоренции. В 2007–2008 годах в рамках объекта ВСЕГЕИ «Создание ГИС – атласа карт геологического содержания территории Российской Федерации, сопредельной со странами СНГ и сопредельных государств, масштаба 1:2 500 000 с банками и базами данных по месторождениям полезных ископаемых» выполнена работа по созданию первой версии актуализированной цифровой карты аномального магнитного поля масштаба 1:2 5 00 000 России, увязанной с материалами стран СНГ. Эта карта демонстрировалась на 33-й сессии Международного Геологического Конгресса в Осло (2008 г).

С 2008 года во ВСЕГЕИ ведётся работа по обновлению в режиме мониторинга базовой карты аномального магнитного поля бывшего СССР (отв. редактор З.А. Макарова, 1977 г.) в пределах Российской Федерации и прилегающих акваторий масштаба 1:2 500 000 (отв. исп. Литвинова Т.П.). Для целей мониторинга используются материалы средне- и крупномасштабных аэромагнитных съёмки, ранее не вовлечённые в процесс сводного картографирования геофизических полей.

Актуализированная цифровая карта аномального магнитного полей России масштаба 1:2 500 000, составленная по матрице 2,5×2,5 км, представляет интерес для региональных геолого-геофизических исследований, регионального структурного тектонического районирования, а также вовлечения в процесс международных картографических геофизических проектов. Эта работа может стать надёжной основой для формирования инвестиционно привлекательной политики, как для российских, так и зарубежных компаний. В настоящее время осуществляются несколько проектов с участием России, в том числе проект по созданию цифровой карты магнитных аномалий Мира (WDMAM) масштаба 1:50 000 000 (актуализированный вариант масштаба 1:25 000 000), который проводится под эгидой ЮНЕСКО в рамках Комиссии по геологической карте Мира (CGMW).

Прикладная магнитная картография – новое перспективное направление в изучении структуры аномального магнитного поля, обеспечивающее решение геологических задач, при этом многие теоретические и методологические аспекты ждут своего дальнейшего развития. В последние годы прикладная магнитная картография интенсивно развивается в русле формирования современных систем государственных геологических карт, обеспечивающих выполнение программы по изучению минерально-сырьевого потенциала страны и использованию природных ресурсов в виде цифровой картографической основы аномального магнитного поля России масштаба 1:2 500 000, создаваемой в режиме мониторинга, а также геофизических основ (ГФО) Государственных геологических карт масштабов 1:1000 000 третьего поколения и 1:200 000 (второе издание).

Приложение 11

РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ (ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ И ГЕОМАГНИТНЫХ) ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ

А.Е. Рыбалко^{1,2}, М.Ю. Токарев², Я.Е. Терехина², Д.В. Корост³ (¹ОАО «Севморгео», Санкт-Петербург; ²ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова», ³ООО «Морской центр МГУ им. М.В. Ломоносова», Москва).

Тезисы доклада

В настоящее время дно морских акваторий все активней становится ареной хозяйственной деятельности. Трубопроводный транспорт, различного рода платформы, в первую

очередь, предназначенные для добычи газа и нефти, сеть кабелей для связи и другие объекты располагаются непосредственно на морском дне и требуют обеспечения безопасности их эксплуатации. Анализ природных (геологических) опасностей в равной мере входит в задачу инженерно-геологических изысканий и мониторинга геологической среды шельфа. Ведущим способом оценки этих опасностей являются геофизические (прежде всего сейсмоакустические, методы. В настоящее время к так называемым «геологическим опасностям» – природным процессам, представляющим реальные риски для функционирования подводных объектов, относятся:

- современные геодинамические движения, включающие сейсмические толчки, несущие угрозу целостности линейных техногенных объектов;
- связанные с ними гравитационные процессы в виде оползней, зерновых потоков, селей, оплываний и пр.;
- газовыделения, связанные с вечной мерзлотой на арктических шельфах или с современными движениями по активизированным разломам;
- интенсивные придонные течения, обуславливающие при наличии соответствующих источников питания мощные седиментационные потоки;
- выпахаивающая деятельность айсбергов и паковых льдов.

Высокочастотное многоканальное сейсмоакустическое профилирование с использованием в качестве источников возбуждения таких устройств как «спаркер», так и «буммер» в сочетании с акустическим (геолокационными) методами с набортными магнитострикционными излучателями в последнее время получают все большее распространение в морских геологических исследованиях. Прежде всего, потому, что позволяют изучать ту часть четвертичного разреза, которая доступна различным пробоотборникам, а также из-за резко возрастающей информативности. Задача состоит в использовании этих методов для решения различных задач.

Выявление зон современных геодинамических движений и их характеристика.

Проведенные на Финском заливе, в том числе по трассе газопровода «Северный поток», в Белом море, в кутовой части Кандалакшского залива, а также в Японском море, комплексные сейсмоакустические работы показали, что представления об отсутствии или очень слабо выраженных современных тектонических движений в платформенных морях, мягко говоря, не совсем правильны. В Кандалакшском заливе Белого моря были выявлены шлейфы отложений, сложенные многофазными оползневыми телами мощностью до 100–150 м. В кутовой части этого залива, в зоне интенсивно расчлененного шхерного рельефа, где глубины в среднем составляют около 20 м, были установлены глубокие ложбины с отметками дна до 80–90 м. Они трассируются в сторону островов, где находят продолжение в виде протяженных выровненных скальных берегов, либо прослеживаются в срединные депрессии самих островов и сопровождаются многочисленными сейсмодислокациями. С этими зонами связаны сейсмические толчки, которые были зафиксированы сейсмостанцией «Хибины», а также горизонты опресненных вод в основании водной толщи у скальных уступов, что связано с инфильтрацией пластово-трещинных вод из кристаллического фундамента в придонные слои водной толщи Кандалакшского залива.

В Финском заливе высокоразрешающее акустическое профилирование позволило установить прямые признаки малоамплитудных геодинамических движений (современной тектоники) в зоне прохождения СЕГ. Они связаны с перемещением блоков кристаллических пород, которые реагируют на современные тектонические напряжения образованием расколов по линиям древнего заложения. Как правило, они выражены в виде протяженных уступов, на которых происходит потеря зон корреляции всех слоев четвертичных отложений. Принципиально важным является то обстоятельство, что в районе этих уступов часто отмечаются подводные оползни и другие явления, связанные с проявлениями эндогенной геодинамики.

Активные разломы были зафиксированы и в заливе Петра Великого у мыса Ломоносова, где проектируется строительство газосжижающего завода.

Гравитационные процессы. Особое внимание в последнее время в связи со строительством крупных газопроводных систем в Балтийском и на Черном морях привлечено к подводным гравитационным процессам. Гигантские оползни были обнаружены в Черном море при проведении инженерно-геофизических изысканий. В Белом море, в проливе Великая Салма на Белом море были установлены и закартированы ступенчатые склоны, сложенные гигантскими гравитационными телами, объем которых может достигать 800 000 м³,

плоскости скольжения в зонах отрыва оползней достигают 20–40 м. Анализ полученных данных, отсутствие корреляции по глубине, возникновение резких угловых несогласий, переход «слоистой» текстуры в диффузную картину и, наконец, иногда улавливаемая тонкая гофрированная складчатость в основании этих уступов подтверждают гравитационную природу этих блоков. При этом современные илистые осадки отсутствуют в тальвеге этого пролива (на глубинах более 100 м), но хорошо просматриваются на верхних площадках гравитационных тел, достигая местами 10 м мощности. Сам процесс перемещения оползневых тел был вызван, по-видимому, сейсмическими толчками. О реальности этого фактора в данном регионе свидетельствуют многочисленные сейсмодислокации, выявленные на окружающих берегах, причем в них часто присутствует совершенно свежий щебнистый и дресвяный материал, сформировавшийся при дроблении пород во время сейсмических толчков.

Проведенные исследования в других регионах, в частности у южной оконечности Новой Земли, показали, что современные сейсмические явления способствуют формированию оползневых тел практически на всех склонах, углы которых превышают 1–2°. С ними совпадают гидрохимические аномалии, которые фиксируют зоны инфильтрации подземных, часто минерализованных вод, в морскую толщу. Аналогичные структуры были зафиксированы в 2014 году и при проведении региональных сейсмоакустических работ в Ладожском озере.

Выделения газов. Реальные риски проведения как геологоразведочных работ на нефть и газ, так и, особенно эксплуатация объектов нефтегазовой отрасли, связана с погребенными газами различной природы. В Кандалакшском заливе использование акустического профилографа позволило в режиме практически реального времени выделить зоны активного выделения метановых газов, с которыми связаны поступления, как углеводородов, так и целого ряда токсичных тяжелых металлов. Особенно остро вопрос с газами стоит в зонах с вечной мерзлотой, где их выделение грозит крупными авариями. В настоящее время именно многоканальное сейсмоакустическое профилирование является одним из самых надежных методов выделения и трассирования этих зон.

Мощные подводные седиментационные потоки, в том числе зоны движения песчаных наносов под влиянием придонных течений, помогают выявлять гидролокационные методы. Использование их вместе с высокоточными магнитными методами позволяет надежно выделять погребенные под движущимися наносами техногенные объекты.

Выпахивающая деятельность айсбергов и паковых льдов, по полученным в последнее время гидролокационным и сейсмоакустическим данным, представляет реальный риск для донных сооружений. Местами, даже на глубинах более 100 м, дно практически полностью изборождено ложбинами с четкими валами выпаживания.

Выводы.

В настоящее время комплекс многоканального сейсмоакустического и одноканального акустического профилирования совместно с использованием гидролокации бокового обзора и высокоточной магнитометрии позволяет решать на шельфе большое количество задач, связанных как с инженерно-геологическими изысканиями (одномоментные наблюдения), так и с длительным мониторингом геологической среды, прежде всего, в зонах с интенсивной техногенной деятельностью. В частности, указанные методы имеют определяющее значение при фиксации зон современных геодинамических движений, как эндогенных, так и экзогенных. Своевременное выявление таких зон позволит еще на стадии строительства изменять направление или местоположение трасс инженерных сооружений, а в течение их эксплуатации получать информацию о возможных движениях земной коры и принимать соответствующие меры по сохранению целостности указанных объектов.