

Актуальные проблемы в наземной и скважинной сейсморазведке и пути их решения

(по материалам конференции «Гальперинские чтения -2014»)

В.С. Мануков

Начальник отдела международного научно-технического сотрудничества¹

vsmanukov@cge.ru

¹АО «ЦГЭ», Москва, Россия

В статье приводится аналитический обзор докладов и список презентаций российских программных продуктов для обработки, анализа и интерпретации геолого-геофизических материалов, предлагаемых к импортозамещению, обсужденных на XIV Международной научно-практической конференции «Гальперинские чтения-2014».

XIV-ая ежегодная научно-практическая конференция «Гальперинские чтения-2014», состоявшаяся 28.10–01.11.2014 года в Москве в Центральной геофизической экспедиции, собрала более ста специалистов и ученых, геофизиков и геологов из российских и стран СНГ геологоразведочных, нефтегазодобывающих и сервисных компаний, НИИ и ВУЗов. Программа конференции содержала 50 докладов, подготовленных в общем 108 авторами от 32-х разрабатывающих или сервисных организаций, таких как ЦГЭ, Геоверс, ИФЗ РАН, ИПНГ РАН, ВНИГНИ, ВНИГРИ, Геологический и математический факультеты МГУ им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский ГУ, РГУ НГ им. И.М. Губкина, Геосейс, Пангея, Яндекс.Терра (Сейсмотек), ВНИИГеосистем, ООО «ГСД», Викосейс, Градиент ТН-Групп и др. В числе авторов было 38 кандидатов и 15 докторов наук, что свидетельствует о достаточно высоком научно-техническом и инновационном содержании представленных докладов. Этому также способствовала и наметившаяся тенденция расширения тематического содержания «Гальперинских чтений», которые, как известно, изначально были задуманы с целью освещения проблем и развития метода ВСП в интеграции с наземной сейсморазведкой и с другими методами нефтяной геофизики и геологии. Но вскоре, фактически даже с первой конференции, тематика Чтений вышла за пределы принятой идеи и начала расширяться, подвергаясь естественному процессу развития науки и технологий, в определённой степени стимулируемого также и интегрированию различных методических и технологических новаций.

В этом отношении настоящая, XIV конференция больше, чем несколько предыдущих, отличается тематическим разнообразием предложенных к обсуждению докладов. Некоторые из представленных докладов, как может на первый взгляд показаться, будто бы они никак не связаны с насущными проблемами и задачами современной нефтяной сейсморазведки и в особенности с ВСП. На самом деле, всё то, что кажется несовместимыми технологиями, почти всегда могут и используются для комплексного анализа данных, полученных разными способами. К примеру, результаты динамического анализа сейсмических волн разного типа (продольных и поперечных), полученных по методу ВСП, используются для прогноза коллекторских свойств, подсчёта запасов УВ при интегрированной интерпретации данных. Или применяется комплексирование технологий из области сейсмологии с обычными сейсмическими методами, например, в докладе Мирзоева К.М., Николаева А.В. и др., ИФЗ РАН предлагается использовать приливные

движения Земли, вызывающие периодические фазы расширения и сжатия трещин земной коры, в качестве мощного природного насоса для интенсивного извлечения нефти из порового пространства в трещины во время их расширения и далее для продвижения к добывающим скважинам в фазе приливного сжатия этих трещин. Для этого предлагается постепенно снижать по объёмам закачку воды в скважины до достижения 50% обводнённости добываемого флюида, а также дополнительно производить периодические вибровоздействия на нефтеносные пласты во временном режиме, согласованном с циклическим процессом приливных движений Земли. Или другой пример: в докладе Аюкопяна С.Ц. [1] предлагается внедрить разработанный им оригинальный метод сейсмической энтропии для контроля зарождения слабых землетрясений естественного или техногенного происхождения на территории эксплуатируемых месторождений с целью укрепления объектов добычи и предотвращения экологических катастроф.

На конференции было заслушано несколько докладов, в которых приведены результаты использования разных интегрированных технологических новаций для решения методических и геологических задач, направленных главным образом на увеличение добычи углеводородов в сложных сейсмогеологических условиях.

Так, в совместном докладе ВНИГНИ и РГУ НГ им. И.М.Губкина (Кондратьев И.К., Рыжков В.И. и др.) приводятся результаты динамической интерпретации сейсмических данных с целью прогнозирования нетрадиционных коллекторов с помощью разработанной ими методики анализа пластовой акустической инверсии, выполняемой на начальном поисково-региональном этапе разведки. Полученные ими данные о характере изменения акустической инверсии внутренних пластов-коллекторов Баженовской свиты позволили прогнозировать продуктивность эксплуатируемых скважин в Западной Сибири, а также изменения мощности битуминозных отложений в Оренбуржье.

В докладе Трофимова В.Л., Хазиева Ф.Ф. и Школьник С.А. от компании ООО «ВРС ГеоТехнология» [2] и ЗАО «Нобель Ойл», Москва показана возможность обнаружения нефтегазовых залежей с помощью динамической интерпретации сейсмических данных методом высокоразрешающей сейсмике

В докладе Авербуха А.Г. и Графа С.Ю. от ЦГЭ [3] и Тверского Университета раскрыта методология и алгоритмы использования данных 3D сейсморазведки для выявления и изучения зон трещиноватости, оценки их параметров по азимутальным вариациям

сейсмических характеристик однократно отраженных и обменных волн и по другим диагностическим признакам трещиноватости коллекторов. На современном этапе сейсморазведки обнаружение и изучение трещиноватых коллекторов является актуальной задачей для нефтегазодобывающих компаний в связи с ростом открываемых месторождений в трещиноватых породах различного генезиса. В разработанной и внедренной авторами методологии ключевую роль играет сочетание современных математических методов с эффективной геофизической моделью. Эта технология, результат многолетнего труда коллектива, включена в Программный комплекс INPRES, который широко и успешно используется многими российскими компаниями и в некоторых зарубежных странах.

Практически все доклады на «Гальперинских чтениях» содержат инновационную составляющую. Как правило, это либо совершенно новые технические средства для получения геолого-геофизической информации, либо новые технологии обработки и интегрированной интерпретации геолого-геофизических, промысловых, буровых и других данных. При этом описание технических или технологических новаций подкрепляется демонстрацией результатов их применения для решения конкретных геологических задач.

К числу таких можно отнести целый ряд следующих докладов, в которых приводятся примеры применения оригинальных технологий наблюдения, обработки и интерпретации сейсмических и других геофизических данных при решении различных, но непростых во всех случаях, геологических задач.

Так, в докладе Г.Н. Андреева и др., ОАО «Запприкаспийгеофизика» была продемонстрирована высокая геологическая эффективность интерпретационной палеообработки в сложных сейсмогеологических условиях Волгоградской и Саратовской областей.

ВолгоградНИПИморнефть, филиал ООО Лукойл-Инжиниринг в докладе П. Ф. Поповой показана возможность решения исключительно редкой задачи — выявление разломов и зон трещиноватости с целью снижения рисков при бурении скважин со сверх-протяжёнными горизонтальными секциями на месторождении им. Ю. Корчагина, в Каспийском море.

В докладе Мирзояна Ю.Д. и Ойфы В.Я. [4] рассматривается обширный круг задач, решаемых методом ВСП в комплексе с МОВ ОГТ, ГИС и ПМ ВСП в морской сейсморазведке:

- выбор системы наблюдения в поляризованном методе ВСП на море, условий возбуждения сейсмических волн;
- регистрация продольных, обменных и поперечных волн;
- применение специальной методики обработки данных с целью изучения геологического разреза в окрестности скважины и определения параметров, характеризующих физические свойства пород, таких как коэффициент Пуассона, параметры поляризации, отношение скоростей продольных, поперечных

и обменных волн, коэффициент поглощения, коэффициент аномалии сейсмоакустической энтальпии и энтропии.

Комплексная обработка и интерпретация выполненных наблюдениями ПМ ВСП в двух скважинах №3 и №4—Медынь на месторождении Медыньское море позволила изучить состав волнового поля, скорости PP и PS волн и упруго-деформационные модули и другие, вышеперечисленные параметры среды, используемые для прогноза нефтенасыщенности и геологического строения около скважинного пространства.

Из докладов, иллюстрирующих возможности улучшения качества изображения получаемой информации и достоверность геологических построений с помощью разных инноваций, можно отметить доклад Исенова С.М., Караулова А.В. и др., представленный компанией «Geomage Ltd» совместно с её филиалами в Казахстане и в Москве, в котором приведены результаты высокого качества обработки сейсмических данных по изучению подсолевых карбонатных резервуаров в Прикаспийской впадине, характеризующейся, как известно, сложной соляно-купольной тектоникой. Эти результаты получены с помощью Технологии Мультифокусинг и Дифракционный Мультифокусинг.

По работам в Казахстане Хайрутдиновым Р.Н., ТОО НПФ «ДАНК» представлен доклад, в котором показаны возможности изучения анизотропии упругих свойств пород с помощью азимутального НВСП.

По наблюдениям методом НВСП в сильно искривлённых скважинах В.В. Помазанов, ФГУП ВНИГНИ, применил 3D моделирование и пространственную обработку данных.

О работах методом ВСП за рубежом Шнеерсоном М.Б. представлен аналитический обзор [5] о докладах, которые обуждались на двух геофизических симпозиумах — SEG в 2013 году в Хьюстоне и EAGE в 2014 году в Амстердаме. Из обзора видно, что там ВСП активно применяется как разведочный метод.

При этом отмечают усовершенствования в технологиях регистрации данных, в аппаратурно-технической части и т.д. Например, расширяют диапазон частоты возбуждаемых колебаний, особенно интересно, что диапазон частот расширяют не только в сторону высоких частот, но и в сторону низких, в целом до 5–6 октав, что позволяет повысить качество материалов по многим параметрам. Развивают применение мощных вибраторов, обеспечивая стабильность повторных сигналов и много других новаций и в обработке данных.

В связи с интенсивным проникновением нефтяной геофизики в область изучения физических параметров пород-коллекторов с использованием более полутора десятка «изобретенных» сейсмических атрибутов, например, коэффициентов Пуассона и Томпсона, атрибутов AVO, сейсмической инверсии, анизотропии и т.п., стало возможным и даже необходимым геофизическими методами решать часть важных и ответственных задач, относящихся к компетенции разработчиков месторождений. Прежде всего, использование этих атрибутов потребовалось для

прогноза ресурсов и подсчёта запасов углеводородов.

К другой, не менее важной задаче, геофизики ещё раньше приступили к работам и внедрению методов увеличения нефтеотдачи пластов, повышения эффективности добычи трудноизвлекаемых и нетрадиционных запасов. Наиболее активно в этом направлении ведутся работы с применением технологии гидравлического разрыва пласта (ГРП), особенно многостадийного в горизонтальных скважинах. Развиваются модификации скважинного и наземного микросейсмического мониторинга ГРП для контроля технологических рисков ГРП при определении фактической геометрии и фильтрационного режима трещинной зоны от гидравлического разрыва пласта. Микросейсмика позволяет видеть, что происходит во время выполнения операции ГРП в околоскважинном пространстве и экстраполировать результат на последующие операции ГРП, чтобы уменьшить технологические риски и оптимизировать процесс разработки месторождения. Об этом подробно рассказано в совместном докладе *Александрова С.И., Мишина В.А. и Бурова Д.И. от компаний «Викосейс» и «Газпром георесурс».

В докладе компании ЗАО «Градиент» [6] показаны результаты работ по определению преимущественного направления трещиноватости от ГРП на основе полноволнового численного моделирования распространения микросейсм и метода максимального правдоподобия, а в другом их же докладе приведены результаты применения метода низкочастотного сейсмического зондирования для разведки мало-размерных сложно построенных залежей углеводородов.

В докладе Шматкова А.А. и Токарева М.Ю. [7] описана новая методика трехмерных сейсмоакустических наблюдений на мелководных акваториях и как эта методика с использованием стандартного комплекса оборудования может быть легко адаптирована для решения конкретных инженерно-геологических задач. На примере выполненных полевых работ на побережье Белого моря показана эффективность применения трехмерных сейсмоакустических наблюдений в сочетании с такими методическими приемами как плотная сеть наблюдений, высокая разрешающая способность как по вертикали, так и по горизонтали, обеспечено получение качественно новых результатов, даже в условиях сложного геологического строения среды. Эту тематику дополняет доклад Максимова Г.А., Акустический институт им. Н.А. Андреева о проекте создания мультимедийной донной антенны для сейсмоакустического моделирования на шельфе.

ООО «Фирма «Геосейс», Москва, Лопухов Г.П., Гурьев С.В. и др. выступила с двумя докладами. В одном приводятся результаты и перспективы применения сейсмоисточников в методах увеличения нефтеотдачи. В основном рассматриваются технические и технологические вопросы применения и усовершенствования вибрационных и импульсных сейсмоисточников применительно к решению этой задачи, при этом исследуются результаты

применяемых воздействия на изменения физических свойств пород-коллекторов, на изменения спектрального состава и волновой энергии сейсмических волн, продольных, поперечных, излучаемых вибратором или импульсным источником, проводятся сравнения с результатами ГРП и т.д. В другом докладе, подготовленном совместно с Громыко В.М. и др. от РУП ПО «Белоруснефть» г. Гомель, приведены результаты применения взрывных и невзрывных источников (вибратор и импульсный источник Геотон-15) при проведении работ методом ВСП. Полученные материалы опытно-производственных работ свидетельствуют о хорошей сопоставимости зарегистрированных волновых полей, характере прослеживания отраженных от целевых горизонтов волн из всех пунктов взрыва и рекомендуются к производственному использованию.

Одним из наиболее инновационных в программе конференции был доклад, представленный компанией ООО «Геоверс» [8], о разработанном ими новом способе сейсмической разведки, признанном Патентом РФ в 2014 году. Способ называется «Фокусированная воздушная сейсморазведка». Основная суть способа состоит в предложении использовать возбуждение сейсмических волн в воздухе или в водной среде на значительных расстояниях от поверхности твердого пространства с последующей фокусировкой энергии в любой точке поверхности твердого полупространства предпочтительно с сейсмоприемником давления. Данные для каждого сейсмоприемника на поверхности твердого тела суммируются с опережениями, определенными в точке фокусировки. Модельный эксперимент показал возможность фокусировки энергии на малом участке поверхности диаметром менее 4-х м. Предлагаемая технология должна дать значительное сокращение затрат, времени и экологические преимущества.

Особым примечательным событием XIV-ой конференции были специально проведенные презентации 17-ти пакетов геофизического программного мат. обеспечения отечественного производства, представленные российскими компаниями-разработчиками в качестве продуктов, предлагаемых для импортозамещения. Эти программные продукты широко и успешно используются в геофизических организациях для обработки и интегрированной интерпретации геолого-геофизических данных по материалам, получаемым на всех этапах ГРП, в том числе для построения геологических и гидродинамических моделей залежей, месторождений, с возможностью использования огромного объема данных, к примеру, только промыслово-геофизических данных каротажа более, чем по 17 000 скважин по Самотлорскому месторождению, которые обрабатывались с использованием ПО, созданного в АО «Центральная геофизическая экспедиция», Москва.

Ниже приведен список программных технологий отечественного производства, обсужденных на конференции и признанных вполне конкурентноспособными для предложения к импортозамещению.

Российские программные технологии, предлагаемые для импортозамещения

1. Программный комплекс «DV-1 Discovery». Система комплексной интерпретации данных сейсморазведки и ГИС. АО «ЦГЭ».
2. Программный комплекс «DV-Geo». Система программ для построения и поддержки трехмерных моделей залежи нефти и газа и подсчета запасов. АО «ЦГЭ».
3. Программный комплекс «INPRES». Система программ для интегрированной геологической интерпретации данных сейсморазведки и бурения. АО «ЦГЭ».
4. MDV. Система анализа многомерных многопараметрических данных. АО «ЦГЭ».
5. ПК «СейсмоСкан». ПК «СейсмоСкан» предназначен для 3D глубинной сейсмической миграции до суммирования. АО «ЦГЭ».
6. Программный комплекс «SeisPron». Нейросетевое моделирование и кластерный анализ сейсмических и скважинных данных. АО «ЦГЭ».
7. Prime (Прайм). Система интерпретационной обработки сейсмических 2D/3D/3C данных. Яндекс.Терра (ООО «Сейсмотэк»).
8. Система проектирования наблюдения и анализа «Пикеза». Программное обеспечение сопровождения полевых сейсморазведочных работ. ГеоСейсКонтроль.
9. Обработка полевых данных FNE. Программное обеспечение сопровождения полевых сейсморазведочных работ. ГеоСейсКонтроль.
10. Автоматизированная оценка качества первичных сейсмических материалов МОВ-ОСТ и результатов обработки. ФГУП ГНЦ РФ ВНИИГеосистем.
11. ПО: SDS-5Lin. Обработка данных сейсморазведки. ООО «Геофизинфо».
12. RadExPro. Программа для контроля качества и экспертной обработки сейсмических данных. ООО «Деко-Геофизика» СК.
13. Система «PetroExpert». Новые возможности коллективной работы со скважинной информацией в масштабах предприятия. ЗАО «Пангея».
14. ЮНИВЕРС. Современное мат. обеспечение для обработки данных ВСП. ООО «Геоверс».
15. ВимСейс. Программное обеспечение для обработки данных ВСП. ООО «ВимСейс».
16. Программный комплекс «AutoCorr — от корреляции разрезов скважин до подсчета запасов». AutoCorr предназначен для автоматической корреляции разрезов скважин, построения карт, профилей и подсчета запасов. Институт проектирования и научной экспертизы (РГУ НЕФТИ и ГАЗА им. Губкина).
17. GeoOfficeSolver. ПО для обработки данных ГИС. НПЦ «Тверьгеофизика».

В заключение хочется обязательно поблагодарить дирекцию и редакцию журнала

«Экспозиция Нефть Газ» за многолетнюю информационную поддержку конференции «Гальперинские Чтения», за безвозмездную публикацию на своих страницах научно-технических статей по материалам, освещающим достижения отечественной нефтяной и газовой геофизики на наших Международных ежегодных конференциях. Так, в прошлом году, в апрельском и октябрьском 2014 года, было опубликовано 18 статей по материалам «Чтений» 2012 и 2013 гг., не считая ещё нескольких статей в других выпусках журнала, а также объявлений о программе и сроках проведения ежегодных «Чтений». В октябре этого года, ещё до открытия «Гальперинских чтений-2015», выйдет шестой номер журнала со статьями по докладам предстоящей конференции. Они будут озвучены, также как в прошлом году, позже их выхода в свет.

Доклады, отмеченные в тексте звездочкой * над фамилией первого автора доклада, опубликованы в этом номере журнала.

Список используемой литературы

1. Аюпян С.Ц. Применение метода сейсмической энтропии для решения технологических задач в нефтегазовой отрасли // Экспозиция Нефть Газ. 2014. №6. С. 36–38.
2. Трофимов В.Л., Хазиев Ф.Ф., Школьник С.А. Совершенствование методики прогнозирования геологических показателей методом высокоразрешающей сейсмики // Экспозиция Нефть Газ. 2014. №6. С. 13–19.
3. Авербух А.Г., Граф С.Ю. Свойства отраженных волн в регулярно трещиноватых средах // Экспозиция Нефть Газ. 2014. №2. С. 19–22.
4. Мирзоян Ю.Д., Ойфа В.Я. Изучение геологических разрезов в морских скважинах с использованием ГИС, ПМ ВСП, МОВ ОГТ (на примере скважины № 3 Медыньское-море-1) // Экспозиция Нефть Газ. 2014. №6. С. 26–31.
5. М.Б. Шнеерсон, А.П. Жуков. ВСП на SEG Хьюстон 2013 и EAGE Амстердам 2014 // Экспозиция Нефть Газ. 2014. №6. С. 43–46.
6. Биряльцев Е.В., Рыжов В.А., Камилев М.Р. Определение преимущественного направления трещиноватости на основе полноволнового численного моделирования распространения волн и метода максимального правдоподобия // Экспозиция Нефть Газ. 2014. №6. С. 22–25.
7. Шматков А.А., Токарев М.Ю. Новая методика трёхмерных сейсмоакустических наблюдений на мелководных акваториях // Экспозиция Нефть Газ. 2014. №6. С. 39–42.
8. Табаков А.А., Ференци В.Н., Калван Л.В., Степченков Ю.А., Колосов А.С. Сейсморазведка высокой четкости (СВЧ) — бескомпромиссный подход к регистрации и обработке сейсмических данных // Экспозиция Нефть Газ. 2014. №2. С. 27–30.