

Интегрированные инновационные технологии в наземно-скважинной сейсморазведке и микросейсмике для повышения эффективности ГРП от поиска до добычи

(по материалам Международной конференции «Гальперинские чтения»)

■ Мануков В.С., ОАО «ЦГЭ», г. Москва

За последние несколько лет тематическое содержание Международной ежегодной научно-практической конференции «Гальперинские чтения» заметно расширилось по сравнению с изначально задуманной целью – освещать развитие метода ВСП, ставшего, как известно, неотъемлемой частью современной сейсморазведки. Поэтому доклады о результатах применения ВСП, особенно в сложных сейсмогеологических условиях и с использованием инновационных технологий, иллюстрирующих возможности преодоления таких трудностей, по-прежнему представляют интерес.

Хорошо известно, что на вертикальном сейсмическом профиле проще выделять волны разного типа: продольные, поперечные, обменные, однократные и многократно отраженные, видеть картину интерференции полезных волн с помехами, определять границы акустической жесткости среды по всему разрезу, наблюдать изменения динамических характеристик волн, идентифицировать природу волн, зарегистрированных во внутренних точках среды, с волнами на сейсмограммах наземной съёмки.

Это дало возможность с большей точностью определять скорости продольных и поперечных волн, используемых для построения глубинно-скоростной модели среды и структурных построений в около скважинном пространстве, рассчитывать коэффициенты Пуассона, Томсена и целый ряд атрибутов, характеризующих геологическую среду, как например: анизотропию и инверсию сейсмических параметров, изменение коллекторских свойств пород, особенности трещиноватости и

другие параметры, необходимые для построения геологических и гидродинамических моделей залежей, для уточнения контура месторождения и определения координат заложения новых эксплуатационных скважин, для мониторинга разрабатываемых месторождений, и, наконец, для прогноза ресурсов и подсчёта запасов УВ.

На практике применяется немало относительно новых, постоянно совершенствуемых технологий углублённого изучения геологического строения месторождений, коллекторских свойств пород, характера их трещиноватости, проницаемости и других характеристик, используемых не только для решения разведочных задач, но главным образом для повышения эффективности методов увеличения нефтеотдачи пластов.

Наиболее результативным примером такого подхода к совершенствованию технологий можно считать опыт широкомасштабного применения метода непродольного ВСП – НВСП компанией ЗАО НПЦ «Геостра», входящей в состав ОАО «Башнефтегеофизики». На основе многолетнего опыта работ по ВСП с применением модификации НВСП более чем в 500 скважинах и в комплексе с 2D/3D и ГИС, проведенных в нефтегазодобывающих регионах России (Западная Сибирь, Оренбуржье, Урало-Поволжье, Башкирия), ими создана научно и экспериментально обоснованная технология, названная авторами «ВСП-сопровождение глубокого бурения на различных этапах ГРП». Судя по докладу «Эффективность исследований методом скважинной сейсморазведки на месторождениях нефти и газа» (авторы доклада - В.А.

Ленский, А.Я. Адиев и др.), представленного на ГЧ - 2013, применение НВСП дало положительные результаты в изучении околоскважинного пространства, подтверждённые бурением и другими оценочными критериями. В определённых геологических условиях, когда при использовании НВСП из удалённых пунктов взрыва возникают принципиальные ограничения, которые невозможно компенсировать каким-нибудь способом, применяются альтернативные подходы к решению этой проблемы. При этом уже на этапе проектирования работ особое внимание уделяется учёту технологических возможностей и ограничений НВСП и выбирается оптимальная система наблюдения. В результате удаётся уточнять геологическое строение околоскважинного пространства, контуры залежи, места заложения новых эксплуатационных скважин и даже решать задачи, не свойственные геофизике, как например: оптимизация режима и объёмов бурения, оценка прироста запасов, благодаря чему достигается огромная экономия ресурсов и средств. Аналогичные результаты получены и в других регионах..

Следует отметить, что расширение тематики автоматически было заложено уже в самой идее проведения сейсмических наблюдений в скважине, с тем, чтобы получаемую во внутренних точках среды сейсмическую информацию использовать для повышения эффективности наземных 2D и 3D наблюдений, т.е. создавать интегрированную наземно-скважинную информацию. Её можно получать только из данных ВСП, в том числе и интегрированных с данными наземной сейсморазведки.

Тематическое расширение программы конференции естественным образом стимулируется также всё усложняющимся характером геологических задач как при разведке месторождений, так и при

мониторинге добычи. В программу конференции включаются не только доклады об исследованиях и практических результатах применения новых технологий сбора, обработки и интерпретации данных скважинной и наземной сейсмики. Востребованными становятся все новации — от теоретико-экспериментальных исследований, касающихся фундаментальной теории распространения сейсмических волн, до новых технологий изучения геолого-физических характеристик коллекторов и нового метода микросейсмической разведки недр, основанного на использовании обычных микросейсм, которые до недавнего времени рассматривались как помехи. Оказалось, что в волновом поле микросейм содержится ценная геологическая информация, носителями которой могут быть, например, возникающие на глубине волны Релея.

Уже на первой конференции Гальперинских чтений в 2001 году ведущие учёные Института физики земли РАН - член-корр. РАН, д.ф-м. н. А.В. Николаев и к.ф-м.н. Б.М. Шубик выступили с докладом о разработанном ими в ИФЗ новом сейсморазведочном методе эмиссионной томографии, позволяющем извлечь информацию о строении и состоянии среды на основе регистрации микросейсм.. Развитию этого метода предшествовали исследования сейсмических шумов на поверхности земли и в скважинах, проводившиеся в 1950-х и 60-х годах в Таджикистане Е. И. Гальпериным, в результате которых им было сделано открытие — установлен факт генерации микросейсм в глубине земной коры. Наличие в среде источников сейсмического излучения или контрастных неоднородностей приводит, как выяснилось, к появлению когерентных компонент в случайном волновом поле, зарегистрированном на поверхности. На основании дальнейших исследований этого явления

был разработан и реализован новый метод сейсмической разведки и мониторинга активных объектов. Главный научный сотрудник ИФЗ РАН академик РАН, д.ф.-м.н. С.И. Александров представил на той же конференции «ГЧ-2001» доклад о результатах создания ПО и новых методов обработки данных, получаемых по методике ПСМ - пассивного сейсмического мониторинга.

Эта методика применяется в нефтегазовой промышленности для диагностической визуализации гидроразрывов пластов (ГРП) при интенсификации добычи УВ, трассировки потоков флюидов, картирования термальных фронтов, обнаружения разломов и, главное, для прослеживания и определения направления зон трещиноватости, геометрии гидроразрыва.

Перспективы применения метода эмиссионной томографии связывались с тем, что залежи УВ, рудные месторождения, тектонические разломы, зоны повышенной трещиноватости и кавернозности являются ярко выраженными аномалиями сейсмической эмиссии. И действительно, с той поры метод интенсивно развивается и находит практическое применение в решении ряда разведочных задач, пока ещё в формате реконструктивной разведки, но более уверенно в мониторинге ГРП.

Так, на Гальперинских чтениях-2011;-2012;-2013 специалистами ИФЗ РАН, ИПНГ РАН, ООО «Градиент», ООО «Викосейс» и ОАО «ЦГЭ» по результатам совершенствования и практического применения различных модификаций микросейсмических методов разведки для решения геологических задач представлено 18 докладов. Отметим самые значимые из них - доклады Шубика Б.М., Николаева А.В., Барабанова В.Л., Горбатинова А.В.: "3D сейсморазведка на основе дифракционной томографии с управляемым облучением"(2011), " 3D сейсмо-

разведка шумящих сред " (2012) и "Дифракционная томография сложных сред.. От анализа микросейсм к трехмерной сейсморазведке"(2013), "Проблема спектра доминантных частот при сейсмических воздействиях на нефтяные залежи"(2012), "Субвертикальные неоднородности земной коры по результатам применения микросейсмического зондирования"; доклады Александрова С.И., Мишина В.А., Гогоненкова Г.Н., Перепечкина М.В.: "Новый подход к определению геометрии гидроразрыва пласта при помощи ПСМ" (2011), "Микросейсмический мониторинг ГРП: «скважина» vs «поверхность»." (2012), "Применение наземного микросейсмического мониторинга для контроля качества выполнения операций ГРП" (2013); доклады Н.Я. Шабалина, Е.В. Биряльцева, В.А.Рыжова: "Опыт применения метода анализа спектра скоростей фоновых микросейсм для изучения локального строения осадочного чехла"(2012), "Опыт трехмерного построения неоднородностей среды методом пассивного Низкочастотного сейсмического Зондирования" (2013), "Мониторинг многостадийного ГРП с дневной поверхности с применением максимального правдоподобия. Теоретические подходы и практические результаты" (2013).

Итак, очевиден факт серьезного внедрения метода микросейсмической разведки в нефтяную геофизику. На данном этапе наиболее перспективными представляются получаемые этим методом практические результаты изучения процесса протекания гидроразрыва пластов и картины изменения пространственной геометрии распространения зоны трещиноватости коллекторов. В части разведочных возможностей метода наметился определённый прогресс в изучении глубинного строения недр, пока только на уровне региональной

геологической разведки, особенно в обнаружении крупных тектонических нарушений типа субвертикальных разломов и неоднородностей, резко отличающихся по литолого-физическим характеристикам от окружающей среды. Основными проблемами развития эффективности метода являются требующие решения задачи повышения точности структурных построений по глубине, а также проблемы, связанные с нарушением экологии. Привлекательным является существенная дешевизна метода по сравнению с трехмерной сейсморазведкой. В методическом смысле к микросей-мике примыкают исследования по использованию рассеянных обменных волн, возникающих на неоднородностях в глубине недр. Исследования ведутся в МФТИ совместно с ЦГЭ пока что на теоретическом уровне. На ГЧ-2013 было представлено два доклада по этой теме: “О выделении пластовых зон развития мезотрещин по аномалиям амплитуд рассеянных обменных волн” и “Использование амплитудных аномалий фронта рассеянных обменных волн при 3С-регистрации для обнаружении систем субвертикальных макротрещин” - Левянт В.Б., Петров И.Б., Квасов И.Е. и Муратов М.В.

Интерес представили несколько докладов, в которых показано широкое использование поперечных и обменных PS волн как для структурных построений, так и для динамической интерпретации волновых полей с целью извлечения дополнительной информации о геолого-физических свойствах пород-коллекторов, трещиноватости, пористости, проницаемости и других характеристиках.

Несколько докладов касались применения и развития программного обеспечения для интегрированной обработки и комплексной интерпретации геолого-геофизической информации при построении геологических моделей

месторождений. Названия этих докладов приведены ниже, где говорится о публикациях материалов Гальперинских чтений.

С материалами всех Гальперинских чтений (тезисы, рефераты докладов) можно ознакомиться на сайте ООО «Геоверс» www.geovers.com,. Кроме того, некоторые из статей, опубликованных по докладам с конференций, размещены на сайтах ряда журналов. Прежде всего, это сайт научно-технического журнала “Экспозиция Нефть Газ”, многолетнего информационного партнёра ОАО «ЦГЭ» и «Гальперинских чтений» - www.runeft.ru. Со статьями с «Гальперинских чтений» можно также ознакомиться на сайтах других журналов нефтегазового профиля, с которыми тоже установлены партнёрские отношения. Это – “НефтеСервис” www.oilcapital.ru, “Нефть.Газ.Новации” www.neft.gaznovacii.ru, “Приборы и системы разведочной геофизики” www.psrgeo.ru и другие.

В журнале Экспозиция Нефть Газ №2-2014 по докладам на ГЧ-2013 опубликовано 8 статей. Приведу только названия некоторых из них, по которым видно, как широко «Чтения» освещают актуальные проблемы современной сейсморазведки; “Трёхмерное геологическое моделирование с учетом фациальных условий осадконакопления” – Билибин С.И. и др.; “СВЧ-сейсморазведка высокой чёткости” – Табаков А.А. и др.; “Прогнозирование физических свойств терригенных коллекторов с палеотектоническим анализом для уточнения истории формирования залежи УВ на базе ПО DV-SeisGeo” – Жемжурова З.Н., Чекунова В.А.; “Свойства отраженных волн в регулярно трещиноватых средах” – Авербух А.Г., Граф С.Ю.; “Способы увеличения добычи нефти с учётом приливных движений Земли” – Мирзоев К.М., Николаев А.В. и др.; “Наземный микросейсмический

мониторинг гидроразрыва пласта” – Александров С. И., Мишин В.А., Буров Д.И.

В этом же журнале опубликованы следующие статьи по докладам с «Гальперинских чтений – 2012»: в №5-2012 – “Новая парадигма взаимодействия человека с компьютером при анализе многообъектных и многопараметрических систем и принятии управленческих задач” – Кашик А.С., Гогоненков Г.Н. (О разработанной в ОАО ЦГЭ системе программ MDV); в №6-2012 – “Моделирование электротеплового воздействия на прискважинную область при разработке месторождения высоковязкой нефти” – Кашик А.С., Хусид М.Д. и др; две статьи от компании «Градиент» – “Возможность изучения ВЧР на основе полномасштабного численного моделирования” – Рыжов В.А., Биряльцев Е.В. и др. и “Мониторинг многостадийного ГРП с дневной поверхностью” – Н.Я.Шабалин и др.; в №2-2013 – “РПВНГЗ- инновационная технология прямого поиска залежей нефти и газа” – Сибгатулин В. Г. и др.

В журнале НефтеСервис №1-2013 опубликовано 5 статей по докладам на ГЧ-2012. Приведу также только названия некоторых из них: “Пример решения геологических задач в Припятской впадине комплексом модификаций ВСП” – Шехтман Г.А., В.М. Кузнецов, Громыко В.М. “; “Что ожидает наземная сейсморазведка от скважинных сейсмических исследований” – Хромова И.Ю., Николаев Д.А.; “Применение микросейсмического мониторинга для контроля технологических рисков ГРП “ – Александров С.И., Мишин В.А. и др.; “Эффективность применения поляризационного метода ВСП” – Рубцов А.А., Мирзоян Ю.Д. и др.

В журнале Нефть. Газ Новации №1-2014 опубликовано 6 докладов с конференций ГЧ-2012 и ГЧ-2013: “Оценка экономического эффекта от снижающей риски дополнительной геологической

информации” – Балабан И.Ю., Гутман И.С.; “Гальперинские чтения: инновационные интегрированные технологии в наземно-скважинной сейсморазведке” – Мануков В.С.; “Резонансы гравитационных приливов в земной коре и их влияние на нефтегазовые залежи” – Сибгатулин В.С. и др.; “AlphaVSP. Новое поколение программ регистрации сейсмических данных” – Гарифуллин А.М..

Таким образом, можно отметить довольно широкое освещение материалов с Гальперинских чтений в печати и на сайтах компаний – организаторов конференции, а также на порталах ряда журналов нефтегазового профиля. К предстоящей 14-ой конференции «ГЧ-2014», которая состоится, как всегда, в Москве, в ЦГЭ с 28 октября по 1 ноября с.г., октябрьский номер журнала «Экспозиция Нефть Газ» планируется посвятить в основном проблемам геологии и геофизики. Зная об этом, специалисты компаний-участников Гальперинских чтений готовят доклады к публикации в этом выпуске журнала. Свои страницы для публикации статей участников «ГЧ-2014» готов также предоставить декабрьский номер журнала «Приборы и системы разведочной геофизики».

Один из дней конференции запланировано выделить исключительно для проведения презентаций новейших разработок отечественного программного геофизического обеспечения, предназначенного для интегрированной обработки и комплексной интерпретации геолого-геофизических данных и обеспечивающего выполнение самых современных процедур решения сложных задач, включая построение геологических и гидродинамических моделей месторождений с подсчетом запасов УВ.

Традиционно тематическое содержание предстоящей конференции будет также широко освещать современные проблемы нефтяной геофизики.