



Ш.Г. Гиравов
ФБУ ГКЗ
первый заместитель
генерального директора
НП НАЭН
директор
giravov@gkz-rf.ru



Г.Н. Ерохин
д-р физ.-мат. наук
профессор
Балтийский федеральный
университет им. И. Канта
НИИ ПИиМГ
директор
g.n.erochin@kantiana.ru



А.Н. Кремлев
канд. физ.-мат. наук
Балтийский федеральный
университет им. И. Канта
НИИ ПИиМГ
руководитель отделения
геофизики
ankremlev@gmail.com



С.В. Родин
ООО Антел-нефть
генеральный директор
svr@anteloil.ru



И.И. Смирнов
канд. геол.-мин. наук
Балтийский федеральный
университет им. И. Канта
НИИ ПИиМГ
заместитель директора
IvSmirnov@kantiana.ru

Новые подходы к поиску и разработке трудноизвлекаемых запасов нефти

Описаны новые подходы к поиску и разработке трудноизвлекаемых запасов нефти, основанных на поиске зон естественной и вторичной трещиноватости и позволяющие значительно сократить расходы на всех стадиях разработки месторождения

Describes new approaches to the discovery and development of hard-to-recover reserves oil, based on finding areas of natural and secondary fracturing and to significantly reduce expenses on all stages of field development

Ключевые слова: трудноизвлекаемые запасы нефти, отложения баженовской свиты, зоны трещиноватости, рассеянные волны
Keywords: hard-to-recover reserves oil, Bazhenov formation deposits, fracturing zone, the scattered wave

В настоящее время все большее внимание профессионального сообщества уделяется разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти (ТРИЗ), особенно, связанными с продуктивными отложениями баженовской свиты в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Особое внимание к этой проблематике во многом обусловлено исчерпанием разрабатываемых месторождений, а также отсутствием достаточного числа крупных месторождений в нераспределенном фонде недр.

Само понятие ТРИЗ не имеет четкого определения, хотя по смыслу – это запасы на месторождениях с высокой себестоимостью добычи. Обычно к ТРИЗ относят запасы в слабопроницаемых коллекторах (менее 0,05 мкм²); в зонах контакта нефть-вода; объекты с высоковязкой нефтью; на глубинах свыше 4 км; с пластовой температурой выше 1000 °С. Также рекомендуют относить к данной категории остаточные запасы нефти на месторождениях, выработанных на 65–75% и обводненных до 75–80%, т.к. для их дальнейшей разработки требуются значительные капитальные вложения и эксплуатационные затраты.

Особую значимость «трудной» нефти придает объем ее запасов. Так например, по данным *EIA* в РФ они составляют более 10 млрд т, Россия находится по этому показателю на 1 месте в мире. По данным Минэнерго прогнозные ресурсы составляют более 20 млрд т, при этом объем добычи крайне мал – не более 1 млн т в год.

Рассмотрим несколько новых подходов и технологий, которые могут быть использованы при геологическом изучении и разработке месторождений нефти с ТРИЗ, обусловленными низкими

коллекторскими свойствами, на примере баженовской свиты и ее аналогов.

Для получения информации о наличии естественной трещиноватости коллектора необходимы новые технологии, основанные на обработке рассеянных волн

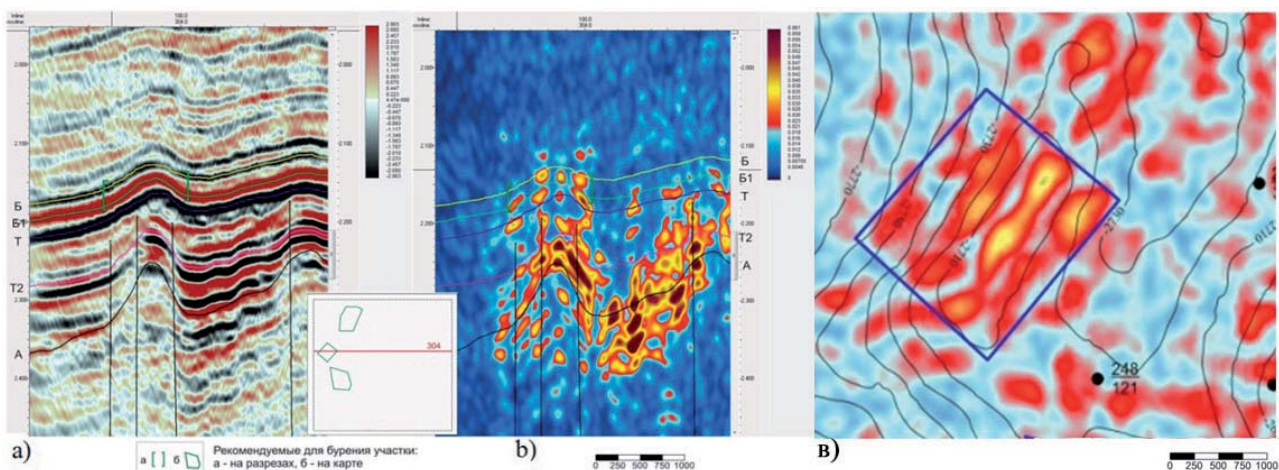
Отложения баженовской свиты по своей физико-химической характеристике, емкостным и фильтрационным свойствам являются коллекторами нетрадиционного типа. Общая пористость изменяется от долей процента до 20–22% при средних значениях 6–12%, среднее значение открытой пористости – 8%. Проницаемость породы определяется, главным образом, ее трещиноватостью и варьирует в пределах от 0,068 до 1,5 мД.

Сегодня можно предполагать, что в баженовской свите имеются скопления нефти промышленного значения, связанные с зонами трещиноватости глинистых пород. Таким образом, выявление зон трещиноватости и резервуаров с трещинно-кавернозным типом коллектора является одной из основных задач геологоразведки.

Залежи в резервуарах с трещинно-кавернозным типом коллектора относятся к сложнопостроенным. Эффективность поиска традиционными методами таких залежей гораздо ниже, чем залежей с традиционными коллекторами порового типа. Причина состоит в том, что в резервуарах с трещинно-кавернозным коллектором нефть распределяется по более сложному закону, чем в резервуарах с поровым коллектором. Миграция и аккумуляция нефти в таких резервуарах контролируется зонами трещиноватости. Геометрия отражающих горизонтов, являющаяся основным результатом традиционной

Рис. 1.

Фрагмент временного разреза: а – рефлекторов и б – дифракторов; в – фрагмент карты амплитуд дифракторов в интервале баженовской свиты



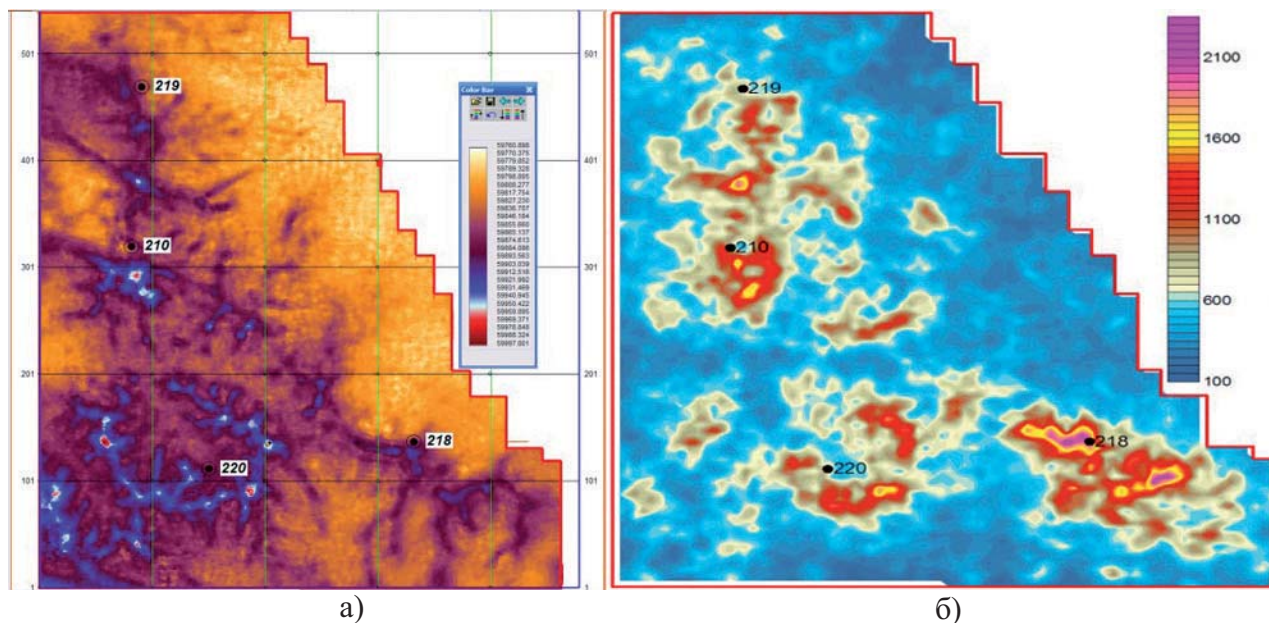


Рис. 2.

Карта амплитуд диффракторов (а) и импеданса диффракторов (б) в интервале баженовской свиты

обработки сейсмических материалов МОГТ, для изучения трещинно-кавернозных коллекторов совершенно недостаточна. Зоны трещиноватости не формируют сейсмических отражений, а являются источниками рассеянных волн. Таким образом, для получения информации о наличии естественной трещиноватости коллектора необходимы новые технологии, основанные на обработке рассеянных волн.

Компанией ООО «Технологии обратных задач» разработан метод обработки и интерпретации сейсморазведочных данных, престоковой миграции до суммирования CSP (*Common Scattering Point*), позволяющий прогнозировать резервуары с трещинно-кавернозным коллектором по рассеянным волнам. Этот метод позволяет картировать невидимые при стандартной обработке сейсмических данных рассеивающие элементы. Картирование трещинно-кавернозных коллекторов на основе метода CSP кардинально меняет подходы к оценке запасов и ресурсов как на уже разрабатываемых площадях, так и на вновь разведываемых. К настоящему времени этот метод прошел опытно-промышленную апробацию на 37 нефтегазовых месторождениях (лицензионных участка) в Западной и Восточной Сибири, Казахстане, Волго-Уральской нефтегазодобывающей провинции, на шельфе Баренцева моря. Подтвержденная точность прогноза трещинно-кавернозных коллекторов по результатам специализированной обработки по методу CSP данных сейсморазведки на 15 000 пог. км сейсмических профилей МОГТ 2D и 4500 км²

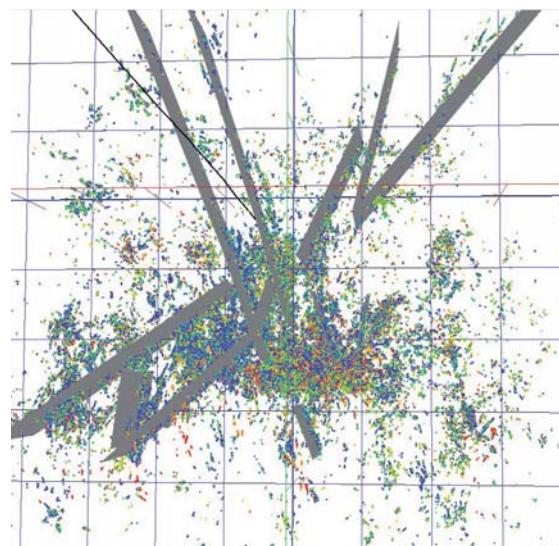
площадной сейсморазведки МОГТ 3D составляет свыше 80%.

Типовые примеры разрезов, получаемых в результате обработки данных сейсморазведки 3D МОГТ и последующей специализированной обработки по методу CSP, показаны на **рис. 1а** и **рис. 1б**. Фрагмент карты амплитуд диффракторов в интервале баженовской свиты – на **рис. 1в**.

На **рис. 2** показана карта амплитуд диффракторов в интервале баженовской свиты (а) и (б) – карта импеданса диффракторов в интервале баженовской свиты.

Рис. 3.

Карта микросейсмических событий с выделенными линейными скоплениями и плоскостями разрывных нарушений в плоскости забоя скважины (размер квадрата сетки 50 × 50 м), месторождение Оймаша, Казахстан, скв. 9



Для разработки ТриЗ нефти важна геологическая модель коллекторов. Еще одним инструментом, позволяющим уточнять эту модель, является микросейсмический мониторинг нефтедобычи и проведения различных геологических мероприятий на скважинах нефтегазовых месторождений.

Консорциумом организаций, включающим НИИ Прикладной информатики и математической геофизики БФУ им. И. Канта, ООО «Технологии обратных задач» и ООО «Антел-нефть», в опытно-промышленном масштабе продемонстрировано, что имеющаяся в распоряжении консорциума технология микросейсмического мониторинга позволяет, помимо сопровождения процессов гидравлического разрыва пласта (ГРП), определять и картировать зоны вторичной трещиноватости, образующейся в процессе разработки месторождения, зоны питания добывающих скважин и фронт нагнетания рабочего агента в пласт. Полученная информация позволяет, в свою очередь, выявлять наиболее перспективные объекты для заложения скважин на лицензионных участках, повышая вероятность получения высокопродуктивных притоков в эксплуатационных скважинах и, тем самым, значительно снижая затраты на эксплуатационное бурение. На разрабатываемых месторождениях выявление зон объемного распространения трещиноватости позволяет кардинально повысить эффективность всего комплекса геолого-технических мероприятий (ГТМ).

Пример выделения линейных скоплений микросейсмических событий, формирующих плоскости разрывных нарушений, показан на *рис. 3*.

Пример картирования зоны питания добывающих скважин показан на *рис. 4*.

Результаты, отраженные на карте, позволяют определить размеры зоны питания трех добывающих скважин, работающих в режиме истощения, которые составляют по длинной оси порядка 1300 м и в поперечнике порядка 200 м (*рис. 4*).

В настоящий момент Роснедра, НП НАЭН, ООО «Технологии обратных задач» и ООО

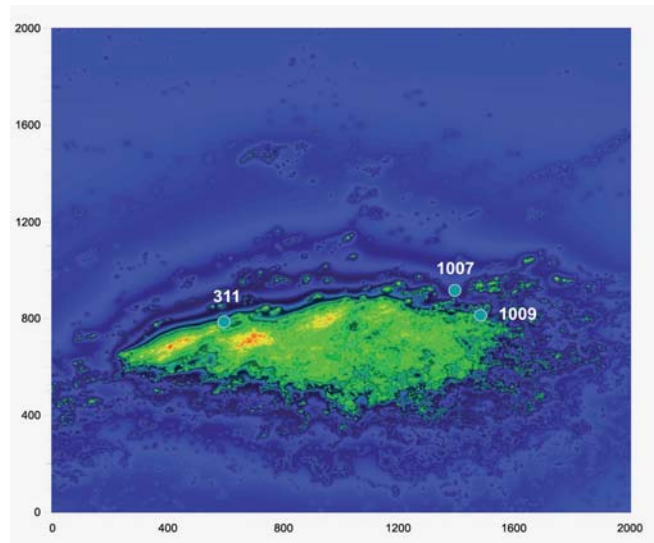



Рис. 4.

Карта интенсивности естественной микросейсмической эмиссии коллектора УВ на участке скважин № 311, 1007, 1009 Лебяжьего месторождения (ХМАО-Югра, Тюменская область)

«Антел-нефть» планируют выполнить совместную научно-исследовательскую работу по анализу возможности объединения указанных технологий для поиска оптимального подхода к проектированию точек заложения и профилей горизонтальных скважин, что, в конечном итоге, позволит более эффективно разрабатывать баженовскую свиту. Результаты планируемой НИР могут быть применены для изучения не только баженовской свиты, но и других геологических формаций, как на территории России, так и за рубежом.

Изложенные выше подходы и методы кажутся нам перспективными для дальнейшего изучения их практического применения в геологическом изучении и разработке месторождений с ТриЗ нефти. Успешное завершение проекта позволит значительно сократить затраты нефтедобывающих компаний по вовлечению в разработку ТриЗ углеводородного сырья и вывести российскую нефтедобывающую отрасль в мировые лидеры в сфере описанных технологических сегментов. 

Литература

- Шпуров И.В., Писарницкий А.Д., Пуртова И.П. и др. Трудноизвлекаемые запасы нефти Российской Федерации. Структура, состояние, перспективы освоения. Тюмень. ФГУП «ЗапСибНИИГ». 2012. 256 с.
- Баранов В.Д., Ерохин Г.Н., Кремлев А.Н. и др. Способ поиска залежей углеводородов, приуроченных к трещинно-кавернозным коллекторам // Патент на изобретение. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 27.05.2012.
- Ерохин Г.Н., Майнагашев С.М., Бортников П.Б., Кузменко А.П., Родин С.В. Способ контроля разработки залежей углеводородов по микросейсмической эмиссии // Патент РФ № 2309434. Опубликовано 27.10.2007, бюллетень № 30.
- Ерохин Г.Н., Майнагашев С.М., Бортников П.Б., Кузменко А.П., Родин С.В. Способ контроля процесса гидроразрыва пласта залежи углеводородов // Патент РФ № 2319177. Опубликовано 10.09.2008, бюллетень № 7.