

# Problems of modeling and exploration of oil deposits in the pre-Jurassic formations of Western Siberia

Bembel S. (Russian Federation)

## Проблемы разведки и моделирования нефтяных залежей в доюрских образованиях Западной Сибири

Бембель С. Р. (Российская Федерация)

*Бембель Сергей Робертович / Bembel Sergey - доктор геолого-минералогических наук, профессор, кафедра геологии нефти и газа, Институт геологии и нефтегазодобычи Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

**Аннотация:** рассмотрены особенности картирования залежей нефти, связанных с трещиноватыми образованиями доюрского комплекса западной части ХМАО-Югры. На основе комплексного анализа материалов 3D сейсморазведки, данных опробования скважин, ГИС и описания керна предложено выделять участки повышенной трещиноватости, учитывать их при создании геологических моделей.

**Abstract:** the features of the mapping of oil associated with the pre-Jurassic complex fractured formations western part of Khanty-Ugra. Based on a comprehensive analysis of materials 3D-seismic data well testing, well logging and core description suggested to allocate plots of fracturing, take them into account when creating geological models.

**Ключевые слова:** залежи нефти и газа, геологическая модель, сейсмические атрибуты, палеозой, продуктивные участки, 3D-сейсморазведка, разломы, трещиноватость.

**Keywords:** oil and gas reservoir, geological model, seismic attributes, Paleozoic, 3D-seismic, faults, fracture.

Актуальной проблемой в нефтегазовой отрасли является вовлечение в активную разработку нефтяных залежей, приуроченных к сложнопостроенным и низкопроницаемым коллекторам доюрского комплекса, характеризующимися специфическими фильтрационно-емкостными свойствами, обусловленными наличием пустот различного типа (трещин, пор, каверн). Эти залежи связаны как с кристаллическими осадочными и метаморфическими, так и с магматическими и эффузивными породами либо с корой выветривания (КВ). В связи с высокой стоимостью бурения, и, следовательно, ограниченным числом скважин, требуется снижение риска уже на этапах поиска, разведки и начальных стадиях разработки.

В образованиях доюрского комплекса Западной Сибири, включающего палеозойский фундамент и отложения триаса, в трещиновато-кавернозных породах на контакте с чехлом выявлено около 50 месторождений нефти и газа [1]. В характерных условиях осадконакопления для Красноленинского свода (западная часть ХМАО-Югры Западной Сибири) возникает ряд проблем, связанных с контролем разработки таких залежей, особенно при эксплуатации с применением заводнения. Информацию о поле трещиноватости геологической среды, наряду с комплексом геофизических исследований скважин ГИС, в котором доминируют сейсмоакустические методы, получают с помощью наземных сейсмических исследований. Основными параметрами трещиноватости, используемыми для оценки количественными способами, являются густота и раскрытость трещин, а также преимущественная их ориентация [3, 4]. Значительная густота и раскрытость трещин отражаются в существенном затухании сейсмической энергии и возникновении рассеянных волн на ансамблях трещин. Направленная трещиноватость приводит к анизотропии параметров горной породы, которая для сейсмических волн выражается в различии скоростей распространения по разным направлениям.

Обнаружение и определение конфигурации зон трещиноватости возможно только при наличии геологической модели изучаемого процесса. Имеется множество убедительных доказательств, свидетельствующих о крайне неравномерном развитии трещиноватости горных пород в осадочном чехле и на площадях месторождений, образующих субвертикальные зоны, которые имеют «корни» в фундаменте и захватывают породы всего осадочного комплекса [2, 3].

### Характеристика объекта исследования

Предметом исследования является участок на одной из площадей Красноленинского свода Западной Сибири, на котором открыты залежи нефти, связанные с корой выветривания и палеозоем, юрскими отложениями, а также викуловской свитой нижнего мела. Этаж нефтегазоносности в пределах открытых залежей нефти превышает 1000 м. Участок расположен в пределах Уват-Ханты-Мансийского срединного массива, приуроченного к Красноленинскому выступу в области байкальской складчатости, переработанной герцинским тектогенезом. Изучаемая территория относится к структурам дейтероорогенного этапа развития: наложенным впадинам и прогибам в пределах срединных и устойчивых массивов; выступам-горстам байкальских складчатых комплексов.

Доюрское основание на площади представлено метаморфизованными породами палеозойского возраста, в основном кристаллическими сланцами (гранат-амфиболовыми, амфиболовыми, амфибол-биотитовыми, биотит-кварц-полевошпатовыми, двуслюдяными, кварц-полевошпатовыми, хлоритовыми) и амфиболитами. Среди них наблюдаются локальные участки, сложенные гнейсами (сланцевыми, кварц-полевошпатовыми, реже роговообманковыми). Закономерность распределения разных пород по разрезу отсутствует, наблюдается их чередование. Степень выветрелости пород с глубиной уменьшается. В настоящее время возможно только корректное выделение коры выветривания или отложений палеозоя. При этом геологическое строение и модель формирования залежей нижней части разреза, связанной с корой выветривания и палеозоем, представлены неоднозначно как по латерали, так и по вертикали (часто принят условный водонефтяной контакт либо условная граница подсчета запасов объекта). Объекты представляют собой трещиноватые и трещинно-поровые резервуары, разведка, картирование и разработка которых требуют нестандартного подхода при их моделировании.

Результаты интерпретации материалов, выполненных на площади 3D сейсморазведочных работ, и данные бурения свидетельствуют о приуроченности выявленных нефтяных залежей к локальным выступам фундамента с глубинными разрывными нарушениями, которые, вероятно, могут контролировать локализованные несквозные потоки и перетоки углеводородных флюидов [3-5]. Промышленные скопления нефти и газа приурочены к многократно активизировавшейся системе дизъюнктивных нарушений, сформировавшейся на ранних этапах консолидации фундамента. Решающая роль при этом принадлежит современной геодинамической активности. Участки улучшенных коллекторов связаны с областями максимальной трещиноватости в районе действия молодых или обновленных разломов, по которым поднимаются глубинные гидротермальные растворы, способствующие образованию зон разуплотнения.

Значения пористости и проницаемости горных пород, определенные по образцам керна, изменяются в очень малых пределах: соответственно от 0 до 15 % и от 0,001 до нескольких единиц миллиарды для ограниченного числа образцов. Наличие пород-покрышек, коллекторов и разрывных нарушений в совокупности с геодинамической активностью благоприятно для формирования залежей нефти и газа [2]. Решающим фактором, определяющим локализацию углеводородов в низкопроницаемых толщах, по мнению В. И. Попкова, является вторичность образования их коллекторов, относящихся обычно к трещинному, каверновому и смешанному типам [6].

Геометризация выявленных залежей в настоящее время выполнена достаточно условно. В первую очередь это относится к определению водонефтяного контакта (ВНК). Водонасыщенных интервалов скважинами не вскрыто, ВНК принят на условной отметке по нижним отметкам продуктивных интервалов. Отмечается отсутствие законтурных вод, а по результатам опробования и динамике показателей работы скважин зафиксированы резкие колебания их дебитов, которые составляют от нескольких сотен до нулевых значений кубометров в сутки.

Выделенные особенности могут указывать на взаимосвязь строения и продуктивности залежей с участками и морфологией зон повышенной тектонической трещиноватости, а плотность запасов углеводородов в различных частях залежей - с полезной емкостью всех вторичных пустот. Такие сведения приведены и в работе [6], в которой подобный тип залежи характеризуется как «жильный».

#### **Методы исследования и основные результаты**

Использование традиционных геофизических методов исследования для анализа трещиноватых коллекторов с целью моделирования пород фундамента показало низкую информативность и эффективность, что связано с недостатками методического подхода к изучению анизотропии пород и трещиноватости. Относительно применения материалов 3D сейсморазведки существует множество рекомендаций и разработок по углубленному анализу результатов с расчетом специфических атрибутов трещиноватости, включая одновременную упругую инверсию, выявление связей сейсмических атрибутов со свойствами пород и трещиноватостью, определенным по методам ГИС [4].

На площади выполнены работы сейсморазведки 3D, по результатам атрибутного анализа проведена оценка потенциала и перспектив нефтегазоносности. По целевым горизонтам проведена структурная интерпретация, выявлены основные направления разрывных нарушений и связанная с ними ориентация трещин. В нескольких скважинах выполнены геофизические исследования методом FMI, что позволило зарегистрировать высокую степень трещиноватости и кавернозности выделяемых коллекторов, изучить основные параметры индивидуальных трещин и системы трещиноватости.

Для геометризации залежей объекта, связанных с участками повышенной трещиноватости, использовались материалы обработки данных 3D сейсморазведки (куб средних квадратических амплитуд - RMS) в окне ниже отражающего горизонта А (кровля доюрского основания). При сопоставлении положения продуктивных скважин и аномалий RMS отмечается приуроченность перспективных участков к локальным поднятиям доюрского комплекса, характеризующимся снижением амплитуд RMS.

В результате комплексного анализа материалов 3D сейсморазведки, данных опробования и динамики показателей работы скважин выделены участки улучшенных коллекторов, предположительно связанные

с областями максимальной трещиноватости в районе действия молодых или обновленных разломов, приуроченных к наиболее выраженным выступам фундамента.

Проблема создания цифровой геологической модели как основы проектирования разработки объекта на данной стадии его геолого-геофизической изученности связана с недостатком информации о распределении трещиноватых интервалов и отсутствием надежной методики их картирования. Поэтому при создании геологической модели объекта PZ использованы материалы 3D сейсморазведки, результаты обобщения геолого-геофизической информации о группе соседних месторождений. При создании концептуальной модели распределения трещиноватых интервалов предложено опираться на атрибуты RMS и Chaos с субвертикальной направленностью участков трещиноватости в разрезе. Субвертикальная направленность аномалий волнового поля, прослеживаемая на вертикальных сечениях кубов атрибутов RMS и Chaos ниже ОГ А, косвенно подтверждает правомерность выбора направления трещиноватости при создании геологической модели объекта, связанного с палеозойскими отложениями.

#### **Выводы**

Для эффективной разработки объектов доюрских образований необходима информация о естественных трещинах и разломах. Основой ее служит комплексный анализ сейсмических данных (включающий расчеты сейсмических атрибутов при выявлении часто слаборазличимых особенностей отдельных трещин), использование крупномасштабных геологических трендов, каротажных данных, результатов применения современных методов их петрофизической интерпретации и материалов бурения.

Морфологию резервуаров доюрского комплекса в основном определяют участки тектонической трещиноватости, приуроченные к разрывам и выступам фундамента. К таким участкам относятся залежи на исследуемой площади. Картирование залежей нефти и газа в низкопроницаемых породах, выделение наиболее потенциально продуктивных участков и зон заключается в выявлении зон развития вторичных коллекторов, а также в оценке их возможной продуктивности.

#### *Литература*

1. *Шустер В. Л., Пуанова С. А., Самойлова А. В.* Проблемы поиска и разведки промышленных скоплений нефти и газа в трещинно-кавернозных массивных породах доюрского комплекса Западной Сибири / Геология нефти и газа, 2011. № 2. С. 26-33.
2. *Белоновская Л. Г.* Трещиноватость горных пород и разработанные во ВНИГРИ основы поисков трещинных коллекторов нефти и газа / Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2006. № 1. С. 1-11.
3. *Бембель С. Р.* Разведка локальных залежей углеводородов на основе их взаимосвязи с геодинамикой среды в Среднем Приобье // Нефтяное хозяйство, 2013. № 12. С. 90-94.
4. *Бембель С. Р., Ефимов В. А.* Петрофизическая интерпретация геофизических исследований скважин и геологическая модель объекта, сложенного метаморфическими породами // Петрофизика сложных коллекторов: проблемы и перспективы 2015. Сборник статей / Сост. Б. Н. Еникеев. - М.: ООО «ЕАГЕ Геомодель», 2015. С. 96-116.
5. *Валяев Б. М.* Проблема генезиса нефтегазовых месторождений: теоретические аспекты и практическая значимость. В кн. Генезис углеводородных флюидов и месторождений / Отв. ред. А. Н. Дмитриевский, Б. М. Валяев). - М.: ГЕОС, 2006. - С. 14-22.
6. *Попков В. И.* Жильные залежи углеводородов: условия формирования и методика поисков и разведки. В кн. Генезис углеводородных флюидов и месторождений / Отв. ред. А. Н. Дмитриевский, Б. М. Валяев. М.: ГЕОС, 2006. С. 277-285.