

Методы и технологии изучения коллекторов в плотных породах

А.Н. Дмитриевский¹, д.г.-м.н.
В.Л. Шустер¹, д.г.-м.н.

¹Институт проблем нефти и газа РАН

Адрес для связи: A.Dmitrievsky@ipng.ru, VLShuster@ipng.ru

Ключевые слова: нефть, газ, плотные породы, трещиноватые коллекторы, изучение керн, рассеянные волны, сейсмические образы

Для изучения коллекторских свойств плотных пород глубоких горизонтов разрабатываются и совершенствуются различные методы и технологии. Авторы детализировали и практически использовали на конкретных поисково-разведочных объектах ряд технологий и видов исследований. Проблема изучения плотных пород возникает, в первую очередь, в образованиях фундамента: это и залежи углеводородов (УВ) в доюрских отложениях Шаимского свода (гранитоиды) и севера Западной Сибири (карбонаты), а также месторождения Вьетнама, Индии (гранитоиды) и др. Для эффективного проведения геологоразведочных работ в плотных породах необходимо: детально закартировать поверхность эрозионно-тектонических выступов фундамента; выявить и проследить разрывные нарушения; выявить и, по возможности, оконтурить зоны развития разуплотненных трещиноватых пород-коллекторов (наиболее важная и сложная задача); оценить направленность трещин и характер их заполнения. Для изучения плотных пород-коллекторов авторы использовали современные виды исследований и новые технологии: детальное изучение керн, в том числе, под электронным микроскопом, для детализации строения массивов уплотненных пород и оценки свойств плотных пород-коллекторов (Вьетнам); использование новой технологии сейсморазведки рассеянных волн для выявления в массивах плотных пород зон распространения разуплотненных трещиноватых пород-коллекторов (Западная Сибирь, Вьетнам, Индия); использование «Сейсмических образов» при оценке строения гранитоидных массивов (Западная Сибирь). Полученные результаты исследований были использованы при проведении поисково-разведочных работ в производственных организациях.

Methods and technologies for studying tight rock reservoirs

A.N. Dmitrievsky¹
V.L. Shuster¹

¹Oil and Gas Research Institute of the RAS, RF, Moscow

E-mail: A.Dmitrievsky@ipng.ru, VLShuster@ipng.ru

Keywords: oil, gas, tight rocks, fractured reservoirs, core analysis, scattered waves, seismic images

To study the reservoir properties of dense rocks in deep horizons, various methods and technologies are developed and improved. The authors specified and applied a number of technologies and researches at specific exploration sites. The problem of studying dense rocks arises, first of all, in basement formations: these are hydrocarbon deposits in the pre-Jurassic deposits of the Shaim arch (granitoids) and the north of Western Siberia (carbonates), as well as deposits in Vietnam, India (granitoids), etc. To effectively conduct geological exploration in dense rock, it is necessary to: thoroughly map the surface of erosional-tectonic basement protrusions; identify and trace faults; identify and, if possible, delineate the development zones of decompressed fractured reservoir rocks (the most important and complex task); and assess the direction of fractures and the nature of their filling. To study dense reservoir rocks, the authors used modern research methods and new technologies such as detailed core examination, including electron microscopy, to detail the structure of compacted rock massifs and assess the properties of dense reservoir rocks (Vietnam); the use of new scattered-wave seismic exploration technology to identify zones of decompressed fractured reservoir rocks in dense rock massifs (Western Siberia, Vietnam, India); and the use of Seismic Images to assess the structure of granitoid massifs (Western Siberia). The results obtained were used in exploration work at production facilities.

Для воспроизводства минерально-сырьевой базы России возникает необходимость дать оценку перспектив нефтегазоносности новых, в том числе, глубокозалегающих отложений как в старых, так и в новых регионах. Изучение глубокозалегающих горизонтов связано с оценкой плотных пород-коллекторов, с более неоднородным строением и более сложными петрофизическими свойствами, чем в вышележающих отложениях.

Для изучения коллекторских свойств плотных пород глубоких горизонтов разрабатываются и совершенствуются различные методы и технологии.

В статье рассмотрен опыт использования современных технологий при изучении геологического строения и нефтегазоносности глубокозалегающих плотных пород, в первую очередь, образований фундамента. Это и залежи углеводородов (УВ) в доюрских отложениях Шаимского свода (гранитоиды) и севера Западной Сибири (карбонаты), карбонаты на севере Тимано-Печорской провинции, месторождения Вьетнама и Индии (гранитоиды) и др.

Для эффективного проведения геологоразведочных работ в плотных породах необходимо:

- детально закартировать поверхность эрозионно-тектонических выступов фундамента;
- выявить и проследить разрывные нарушения в образованиях фундамента;
- выделить и, по возможности, оконтурить зоны развития разуплотненных трещиноватых пород-коллекторов (наиболее важная и сложная задача);
- оценить направленность трещин и характер их заполнения.

Для решения этих задач используются следующие виды исследований и современные технологии:

- детальное изучение керна, в том числе, под электронным микроскопом, для детализации строения массивов уплотненных пород и оценки свойств плотных пород-коллекторов; пример изучения пустотного пространства пород фундамента месторождения Белый Тигр (Вьетнам) под растровым электронным микроскопом приведен на рис. 1 [1];

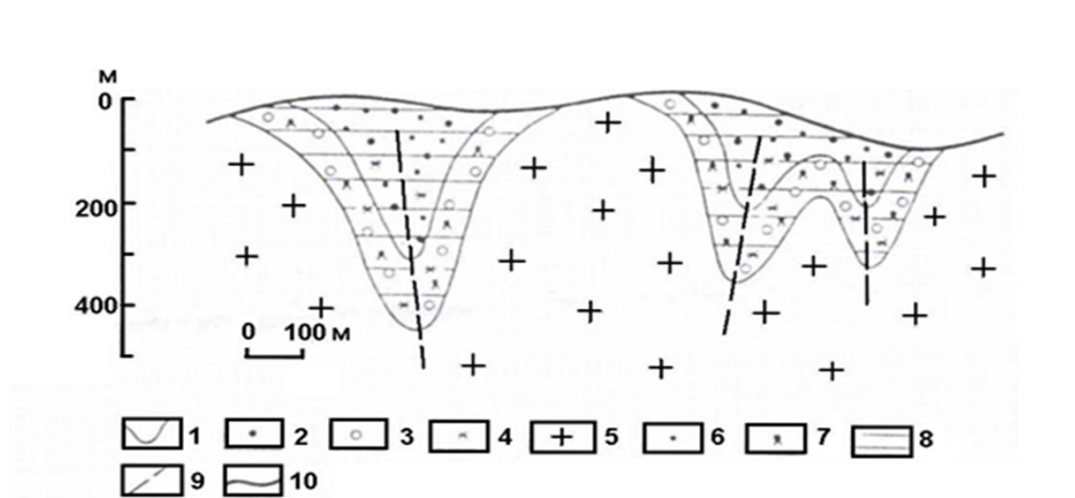


Рис. 1. Схема метасоматической зональности в гидротермально измененных породах кристаллического фундамента (без перекрывающего осадочного чехла):

1 – границы зон измененных пород; 2 – каолинитовая зона; 3 – цеолитовая зона; 4 – рудная полиметаллическая минерализация; 5 – неизменные породы кристаллического фундамента; 6 – каверново-порový тип пустотного пространства; 7 – порово-каверново-трещинный тип пустотного пространства; 8 – нефтенасыщенные породы; 9 – тектонические нарушения; 10 – граница поверхности пород кристаллического фундамента и осадочного чехла

– современная технология сейсморазведки рассеянных волн для выявления в массивах плотных породах зон распространения разуплотненных трещиноватых пород-коллекторов; пример использования технологии сейсморазведки рассеянных волн для картирования зон трещиноватых разуплотненных пород-коллекторов в залежи нефти в фундаменте (месторождение Северо-Даниловское- Западная Сибирь) приведен на рис. 2 [2];

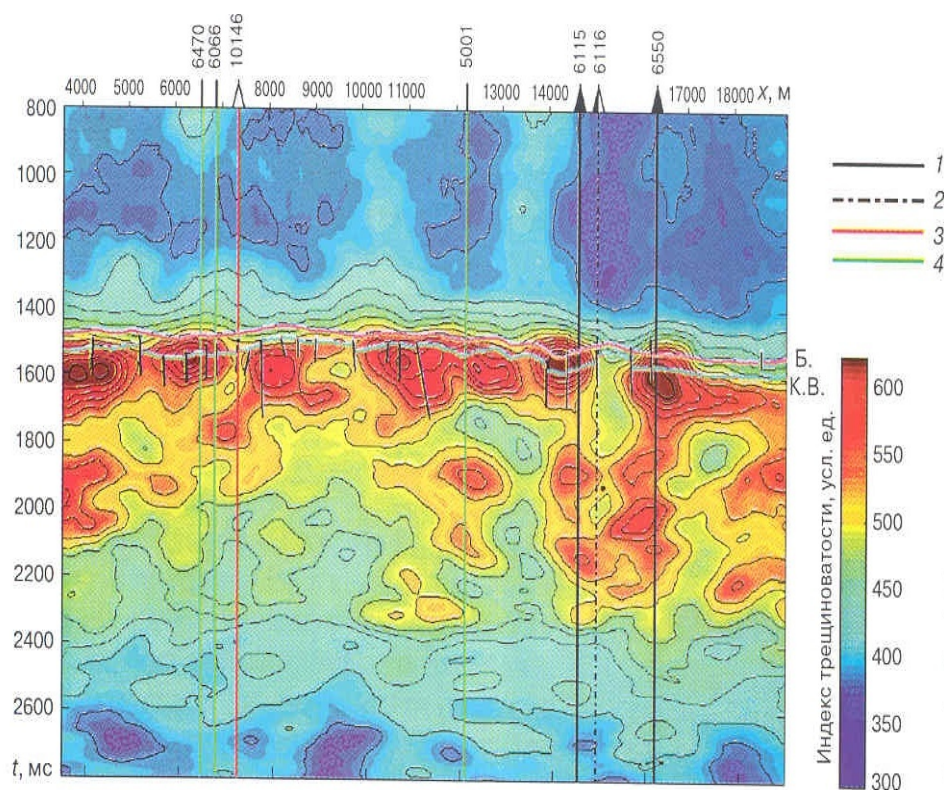


Рис. 2. Вертикальный разрез поля трещиноватости вдоль профиля с вынесенными скважинными результатами испытаний коры выветривания:

1 - приток нефти; *2* - пленка нефти; *3* - сухо; *4* - испытания не проводились (Северо-Даниловское месторождение (Ю.Л. Курьянов и др., 2008))

– технология «Сейсмических образов» при оценке строения гранитоидных массивов; пример использования «сейсмических образов» при сейсмологическом моделировании ловушек в доюрском фундаменте на Шаимском своде-Западная Сибирь приведен на рис. 3 [3];

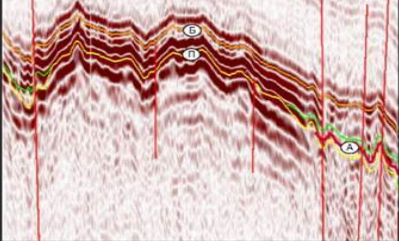
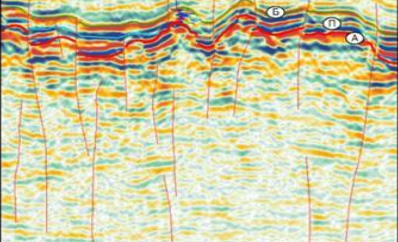
Тип волнового поля	Фрагмент временного разреза	Сейсмические параметры (конфигурация, взаимное расположение отражений, их непрерывность, амплитуда, частота)	Вещественный состав доюрских пород, степень их дислоцированности	Структурно-тектоническая приуроченность	Стратиграфическая привязка	Область распространения (месторождения)
1	2	3	4	5	6	7
Складчатый фундамент						
I		Сейсмифация хаотических с разными углами наклона отражений или их отсутствия	Сильно дислоцированные метаморфические и изверженные породы (кварц-серицитовые, кварц-амфиболовые, хлорит-серицитовые сланцы, гранито-гнейсы)	Центральные части антиклинориев	Поздний протерозой-ранний палеозой рс.-О (скв.26,93, В.С. Бочкарев) ордовик О (скв.351, Б.С. Погорелов)	1, 3, 4, 6, 11, 12
II		Переменно-амплитудные, прерывистые и протяженные отражения, для которых характерно бессистемное прекращение прослеживаемости	Слабодислоцированные эффузивно-осадочные, терригенно-карбонатные породы (углисто-глинистые, карбонатные сланцы, эффузивы основного и среднего состава)	Крупные отрицательные структуры	Девон-ранний карбон Д-С ₁ (скв.10067 Полпаульская, З.В.Лашнева)	2, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23

Рис. 3. Сейсмогеологическая характеристика доюрского комплекса

Примечание: месторождения 2* - залежи в юрской и доюрской частях разреза; 16** - нефтепроявления в доюрских породах; 12 – залежи только в юрских пластах.

1** - Трехозерное, 2* - Мулымьинское, 3* - Мортымья-Тетеревское, 4* - Среднемулымьинское, 5* - Убинское, 6* - Толумское, 7* - Даниловское, 8* - Северо-Даниловское, 9* - Андреевское, 10* - Тальниковое, 11* - Потанайское, 12 – Семивидовское, 13- Узбекское, 14 - Славинское, 15- Лазаревское, 16** - Филипповское, 17** - Мансингяхское, 18 - Картопынское, 19 - Ловинское, 20 – Пайтыхское, 21 - Яхлинское, 22** - Сыморьяхское, 23 - Шушминское, 24 - Супринское.

– комплексное изучение трещиноватости массива плотных пород, направленности и заполняемости трещин для выявления наиболее перспективных участков залежи УВ для эффективного отбора углеводородных ресурсов; пример выделения новых объектов с улучшенными ФЕС в карбонатных породах на месторождении в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции на основе комплексного анализа трещиноватости приведен на рис. 4 [4].



**Рис. 4. Трещины в вакстоунах исследуемого месторождения Сорокинского НГР
(составлено М.Е. Шабуровой, 2024 г.)**

Полученные результаты исследований были использованы при проведении поисково-разведочных работ в производственных организациях.

Список литературы

1. Дмитриевский А.Н., Шустер В.Л., Пунанова С.А. Доюрский комплекс Западной Сибири- новый этап нефтегазоносности. Проблемы поиска, разведки и освоения месторождений углеводородов. Saarbruchen: Lambert Academic Publishing. 2012, 135с.
2. Курьянов Ю.А., Карагодин Ю.Н., Медведев Н.Я. [и др.] Значение решения проблемы источника триасовых магматитов Западной Сибири в оценке углеводородного потенциала и наращивания запасов и добычи нефти в Западной Сибири. В Сб. «Состояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири». Тюмень. 2007.
3. Курьшева Н.К. Прогнозирование, картирование залежей нефти и газа в верхней части доюрского комплекса по сейсмологическим данным в Шаимском нефтегазоносном районе и на прилегающих участках. Автореферат канд.дисс. Тюмень. 2005. 22с.
4. Шабурова М.Е., Орлов Н.Н. Выделение зон улучшенных фильтрационно-емкостных свойств на примере нефтяного месторождения Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Экспозиция Нефть Газ. – 2024. – №4. – С. 16-21.