

Методы и технологии изучения коллекторов плотных пород

А.Н.Дмитриевский, В.Л.Шустер
Институт проблем нефти и газа (ИПНГ)РАН

Изучение нефтегазоносности
глубокозалегающих отложений связано с
оценкой неоднородного строения и
петрофизических свойств плотных пород
коллекторов, в первую очередь, в
образованиях фундамента, а так же в
карбонатных отложениях

Для эффективного проведения геологоразведочных работ в плотных породах необходимо решить ряд задач, связанных со строением залежи УВ в фундаменте, с выделением в разрезе зон разуплотненных пород-коллекторов, с типизацией ловушек и их сейсмических «образов», с характером трещиноватости массива плотных пород.

Для решения этих задач авторы использовали современные виды исследований и новые технологии. Приведем конкретные примеры.

На месторождении Белый Тигр (Вьетнам), в разведке и разработке которого авторы принимали непосредственное участие, для создания геологической модели месторождения детально изучены геолого-геофизические материалы, в том числе, проведено исследование керна под растровым микроскопом (Дмитриевский и др., 1990, 1992). Были установлены структура пустотного пространства гранитов и гранитоидов, построены схемы строения резервуаров. Установлена зональность строения, состав пород, размеры каверн и микротрещин, толщина гидротермально измененных интервалов разреза рис.1,2,3.

Рисунок 1. Структура эффективного пустотного пространства гидротермально измененных пород фундамента (условные обозначения: а – каолинитовая зона; б – цеолитовая зона. 50-кратное увеличение. Катодолюминесценция; растровый электронный микроскоп.)

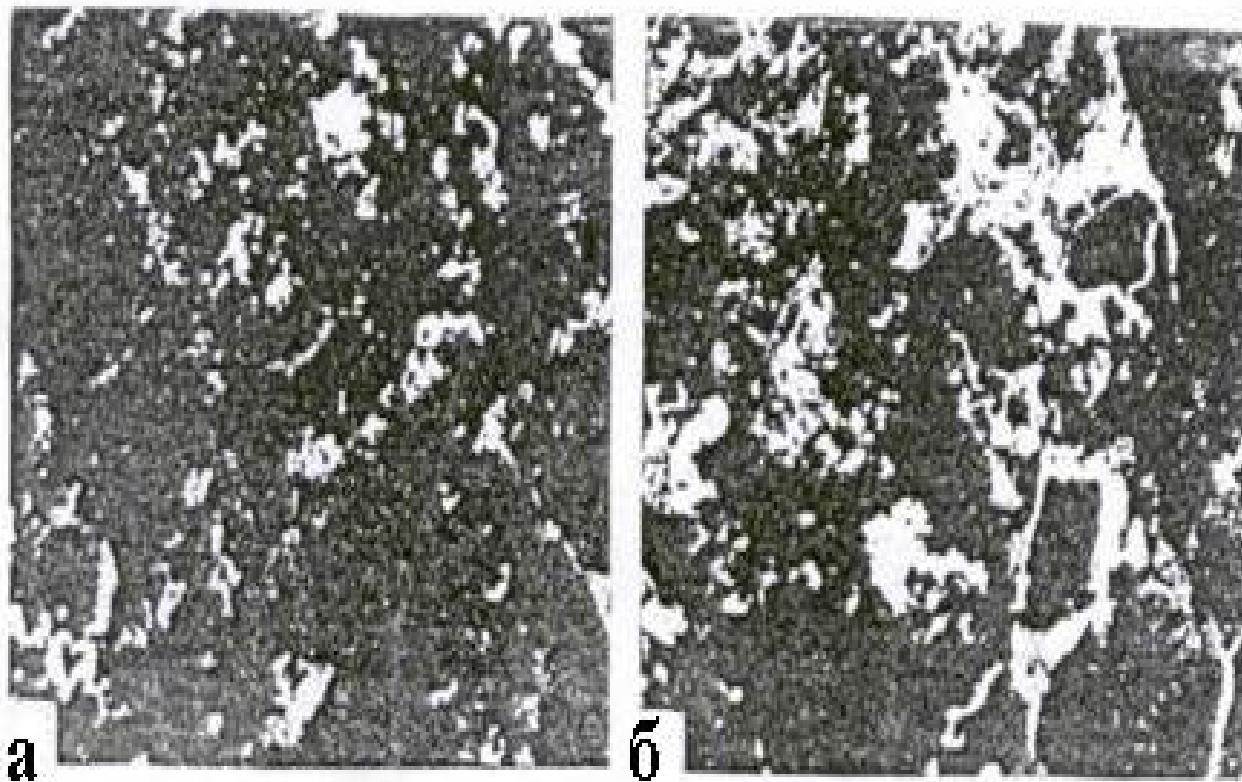


Рисунок 3 Структура пустотного пространства гранодиоритов нефтяного месторождения Белый Тигр

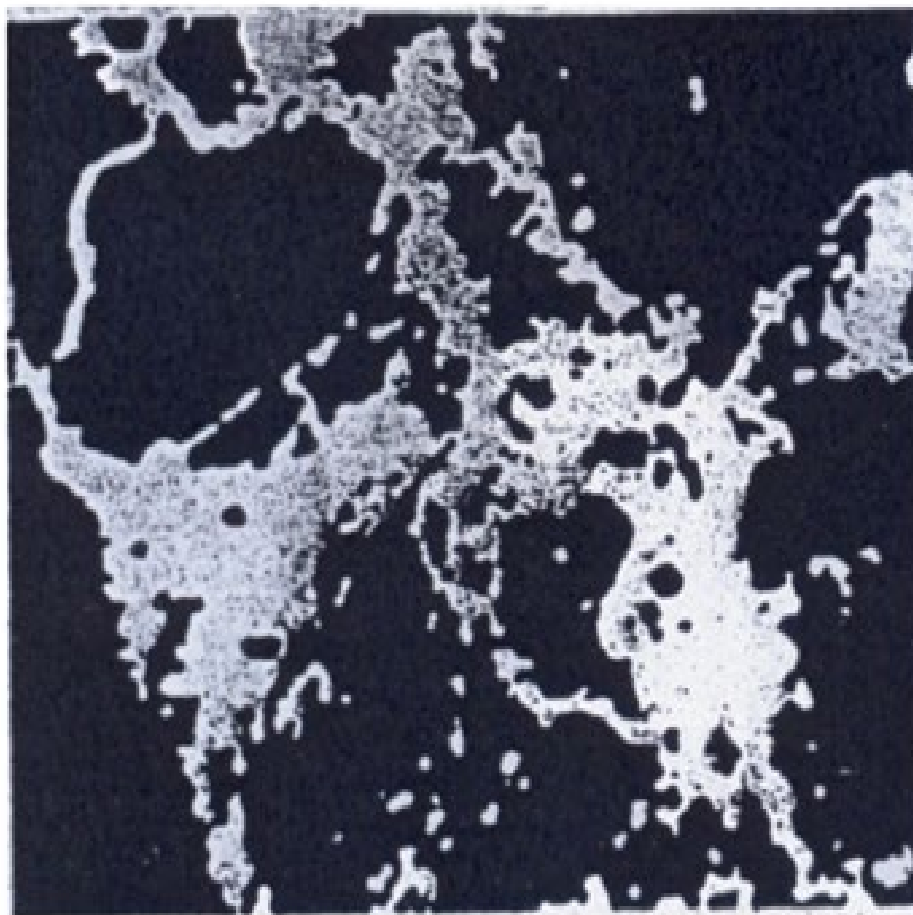
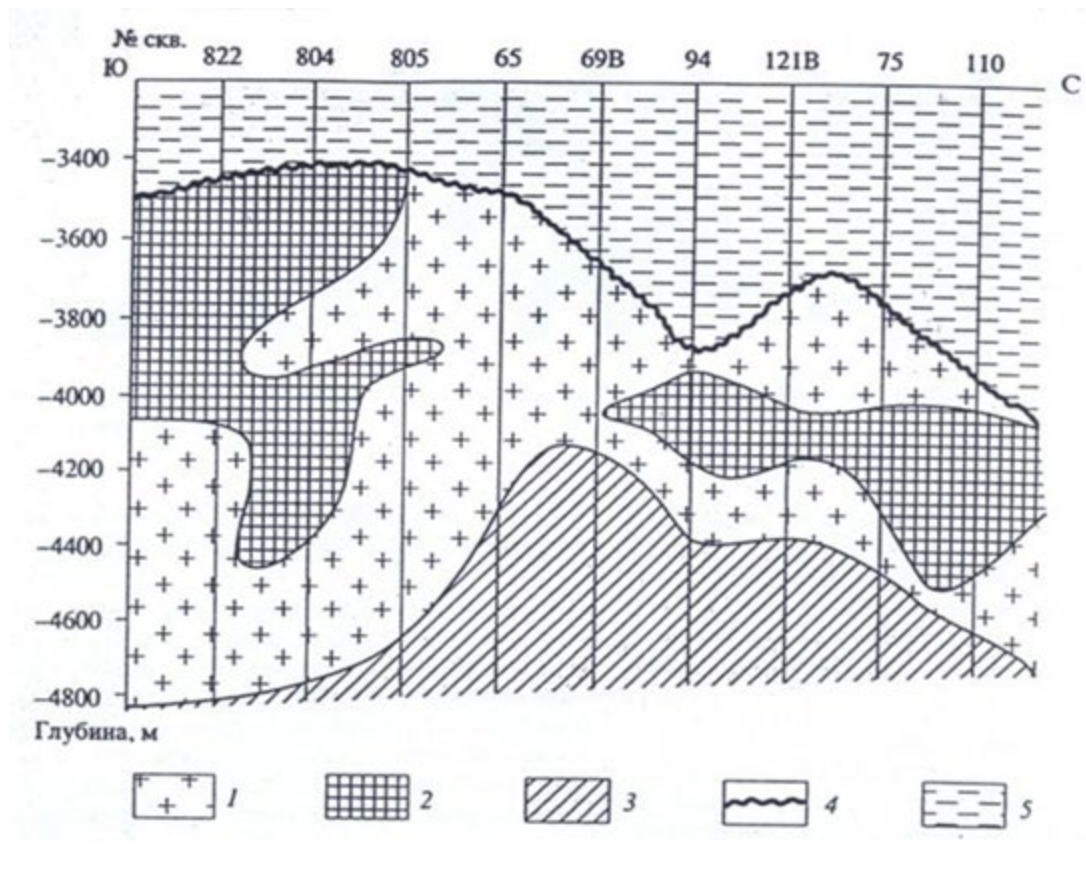


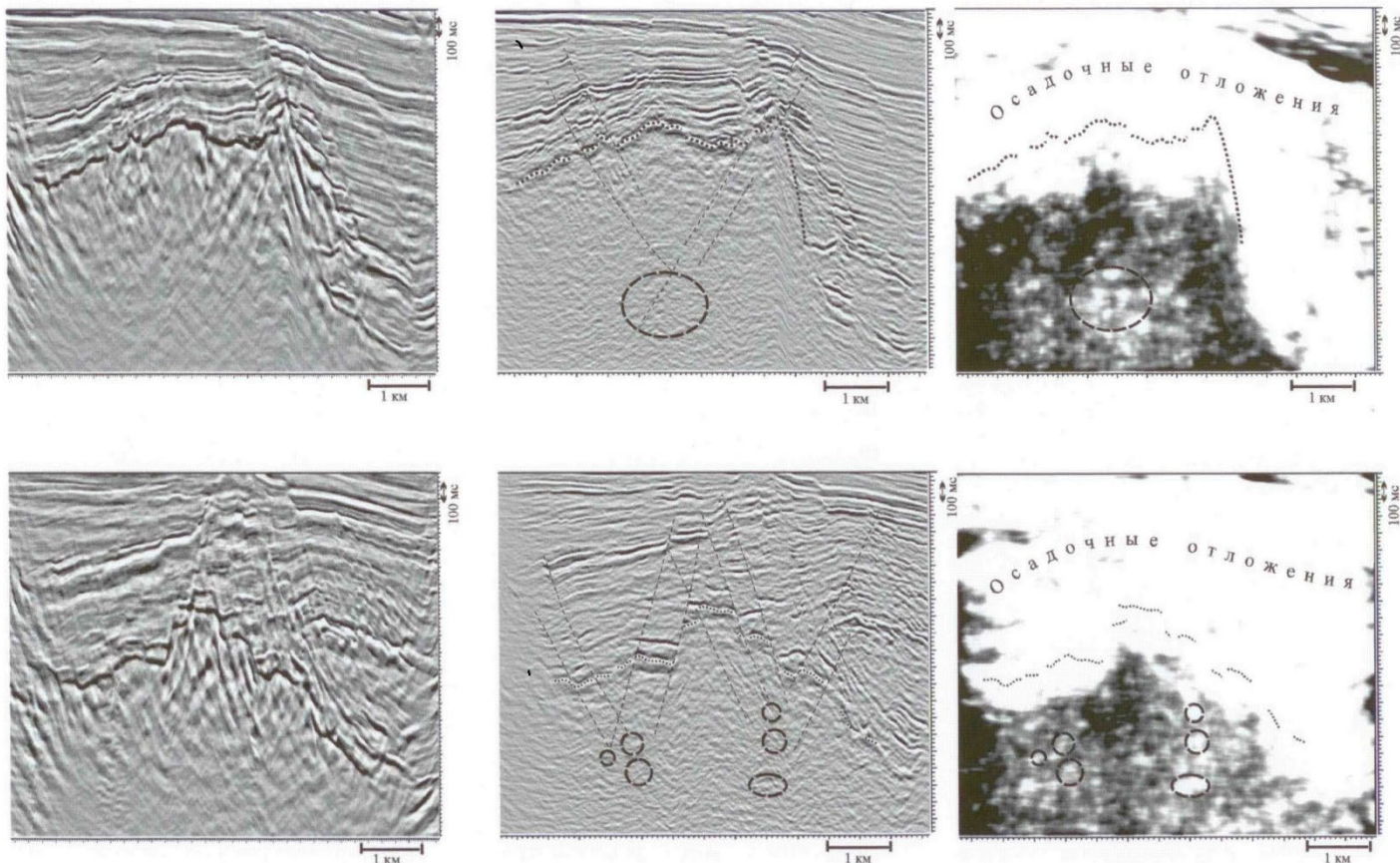
Рисунок 4. Схема распределения плотных (1), разуплотненных с редкими притоками нефти (2) и преобразованных с промышленными притоками нефти (3) пород фундамента месторождения



Выделение трещино-каверновых зон разуплотнённых пород-коллекторов в образованиях кристаллического фундамента с использованием технологии сейсморазведки рассеянных волн. Результирующим параметром является энергия рассеянных волн.

Примеры по Вьетнаму (рис.5)(Левянт,Шустер,2002), по Шаимскому своду (Западная Сибирь)(рис.6.1,6.2) (Курьянов и др.,2008;Кремлев и др.,2008)

Рис.5 Примеры проявления разломных нарушений и связанных с ним очагов дилатансии на ВЧ и НЧ сейсмических разрезах локальной энергии рассеянной компоненты (В.Б. Левянт, В.Л.Шустер,2002)



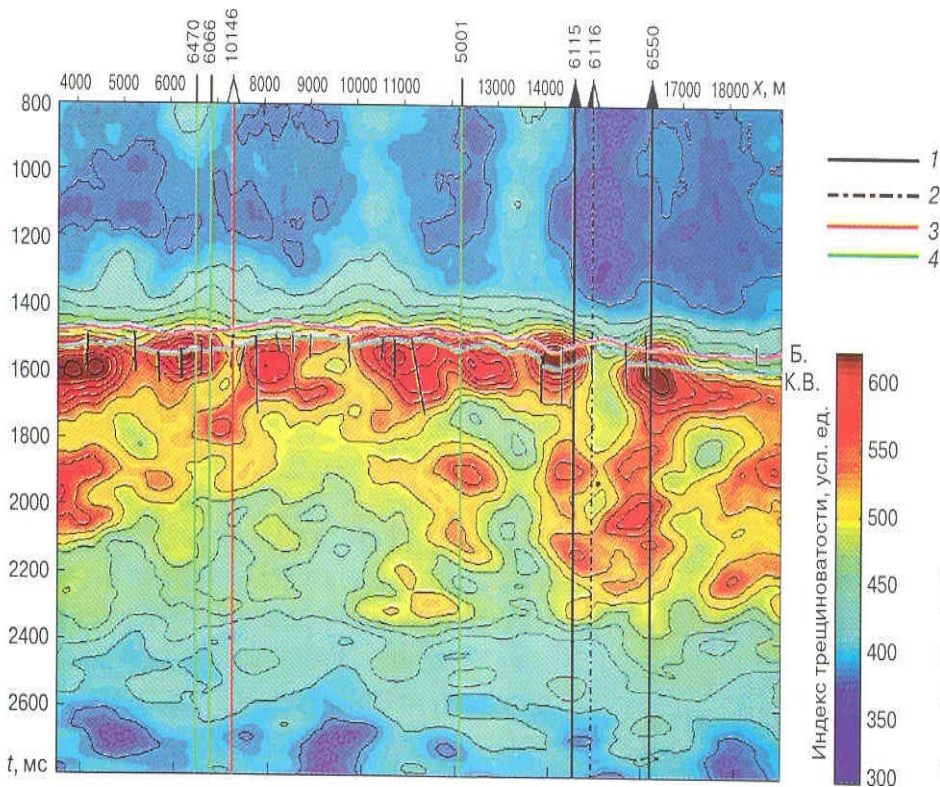


Рис.6.1 Вертикальный разрез поля трещиноватости вдоль профиля с вынесенными скважинными результатами испытаний коры выветривания:
1 - приток нефти; 2 - плёнка нефти;
3 - сухо; 4 - испытания не проводились.
Северо-Даниловское месторождение
(Ю.Л. Курьянов и др., 2008)

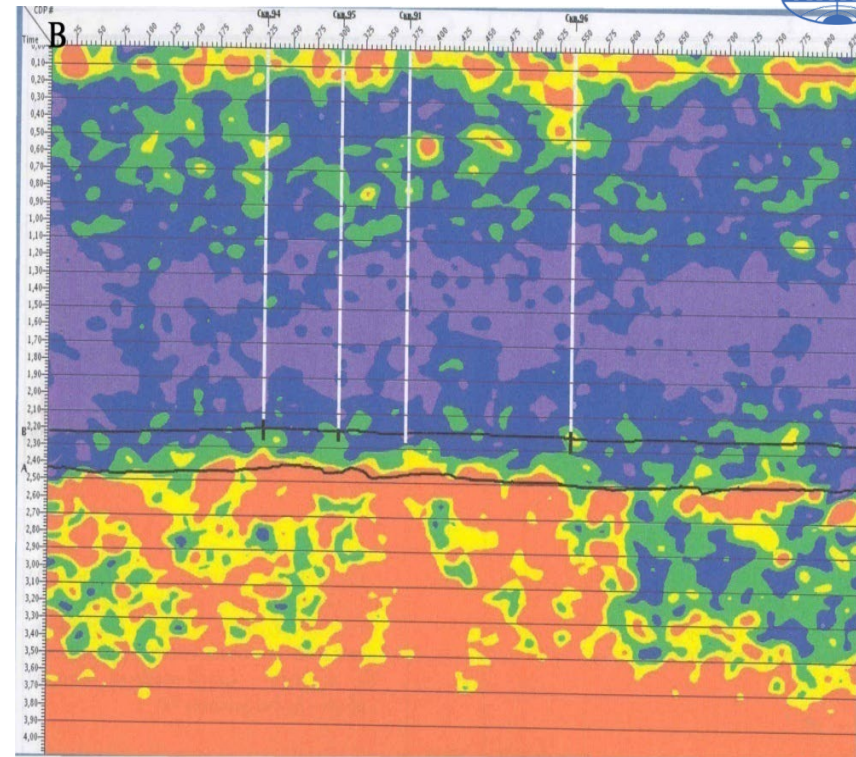
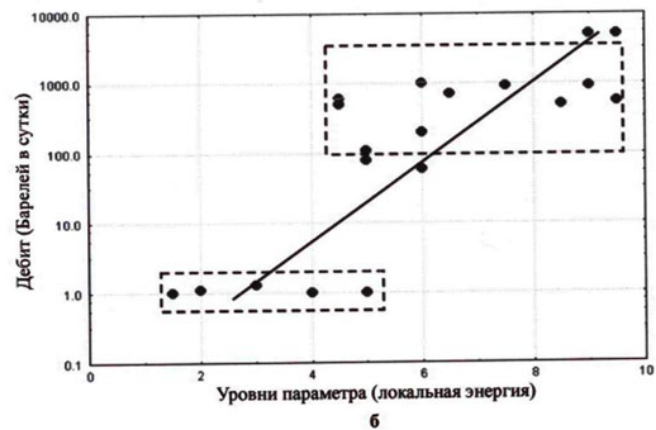
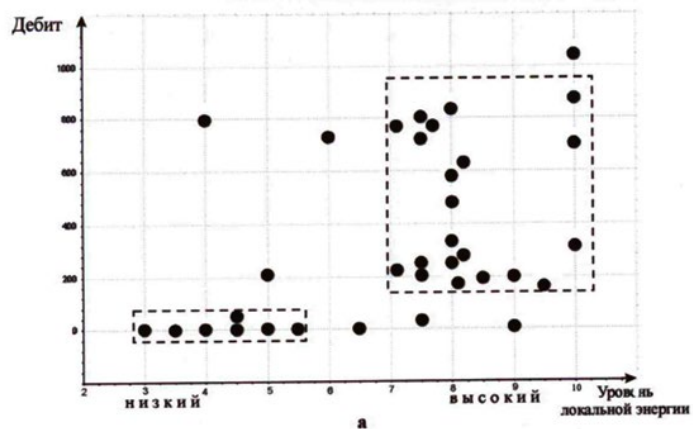


Рис.6.2 Разрез энергии рассеянных волн, полученный методом волнового ОГТ.
Усть-Балыкское месторождение
(В.Н. Кремлев и др., 2008)

На месторождениях Белый Тигр и Бомбей-Хай установлена связь между уровнем локальной энергии и дебитом скважин, как показателем коллекторских свойств (рис.7) (Левянт, Шустер,2002)

Рис.7 Характер взаимосвязи локальной энергии рассеянной компоненты с дебитами в скважине из фундамента как показателями коллекторских свойств.
 Условные обозначения: а – месторождение Белый Тигр, б – месторождение Бомбей-Хай
 (В.Б. Левянт, В.Л. Шустер, 2002)



Основными прогнозными нефтегазоносными объектами в фундаменте являются эрозионно-тектонические выступы дезинтегрированных пород (доюрских в Западной Сибири).

По результатам систематизации сейсмических данных о строении доюрского основания Шаимского свода в комплексе с геолого-геофизическими материалами Н.К. Курышева (2005г.) выделила десять типов доюрских пород (табл.1).

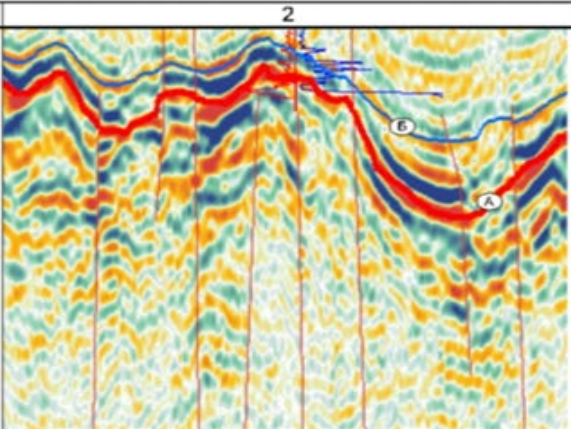
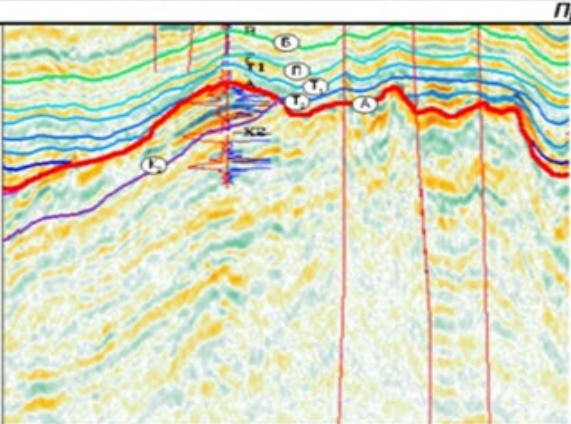
Предложенные типы сейсмических «образов» использованы при картировании ловушек путем сейсмогеологического моделирования (Шустер, Пунанова, Курышева, 2011)

Сейсмогеологическая характеристика доюрского комплекса

| 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 | | Сейсмофация 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 р.с. 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 |

Продолжение

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|---|---|--|---|--|--------------------------|
| V | | <p>Субгоризонтальное расположение низкоамплитудных протяженных отражений</p> | <p>Кислые интрузии (гранитоиды, граниты биотит-мусковитовые; вмещающие породы-метаморфические сланцы (РЄ-О))</p> | <p>Центральные части антиклинориев</p> | <p>Поздний карбон С₃ (скв.29 МортимьяТетеревская, Б.С. Погорелов)</p> | <p>1, 3**, 6, 11, 12</p> |
| VI | | <p>Сейсмofация неслоистых хаотично расположенных отражений, или их отсутствия</p> | <p>Кислые интрузии (граниты-порфиры; вмещающие породы; эффузивно-осадочные Д-С1)</p> | <p>Высокоамплитудные поднятия, приуроченные к межрифтовым выступам фундамента, разграничивающим раннемезозойские грабен-рифты</p> | <p>Не стратифицирован; возможно поздний карбон-ранняя пермь С₃-Р₁ (З.В. Лашнева)</p> | <p>7*, 10*</p> |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------------------------------|---|---|--|--|---|--|
| VII |  | Столбовидная сейсмофаза коротких переменнo-амплитудных отражений | Ультраосновные (серпентиниты, пироксениты) и основные (габбро-диориты, габбро) | Зоны глубинных разломов | Девон-ранний карбон Д-С ₁ (скв. 60 Чанчарская, Б.С. Погорелов) | 13, 16, 18 |
| Промежуточный структурный этаж | | | | | | |
| VIII |  | Наклонное и субгоризонтальное расположение параллельно-волнистых, переменнo-амплитудных отражений | Вулканогенно-терригенные с преобладанием базальтов | Раннемезозойские впадины, грабен-рифты | Нижний-средний триас (скв.10218 Сыморьяхская, Ю.П. Сорокин) | 7, 8, 10, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24 |

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* - Мортымя-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** - Мансингьяхское,
18 - Картопьянское, 19 - Ловинское, 20 – Пайтыхское, 21 - Яхлинское, 22** - Сыморьяхское, 23 - Шушминское,
24 - Супринское.

Для Шаимского, Красноленинского, Карабашского, Иусского и Березовского НГР (ЗапСибНИИГ) создана морфологическая классификация ловушек УВ (Цимбалюк, Шпуров, Матигоров, 2010 (табл.2)

Морфологическая классификация ловушек УВ в доюрских образованиях

| Тектонический режим | Сейсмический образ и геологическая модель | Знак на карте | Тип | Характеристика типов | Типовые региональные примеры | Достоверность прогноза |
|---------------------|---|---|--|--|---|---|
| РИФТОГЕННЫЙ |  |  | Нефтегазоносный горизонт зоны контакта | Зона контакта доюрского и плитного комплексов – региональное, угловое и стратиграфическое несогласие. | Арчинское, Урманное, Северо-Даниловское (?), Тахомско-Юрубчейское (Восточная Сибирь) месторождения | Надежная |
| |  |  | | Эрозионно-тектонические выступы (ЭТВ) с магматическими образованиями в цоколе. Гипергенные ловушки (кора выветривания) с возможной пористостью до 40% | Карабашская, Березовская, Пунгинская, Центрально-Альмская залежи. | Надежная, в том числе и по грави- и магнитным данным. |
| |  |  | Заполняющий | Заполнение с расхождением. Прогибы (впадины), нередко инверсионного типа, сложенные промежуточным, вулканогенно-осадочным (тафрогенным) комплексом пермо-триаса. | Рогожниковское, Северо-Рогожниковское (Мутомская впадина), Хохряковское Северо-Даниловское и другие месторождения. | Надежная |
| |  |  | Дильтонктивный | Глубинные разломы с узлами пересечения их нарушениями более высокого порядка. Зоны повышенной трещиноватости. | Краевые глубинные и прифундаментные разломы, границы блоков – флюидопроводящие. Северо-Варьганское и Новопортовское месторождения | Средняя – по сейсмо-разведке. Надежная – по грави- и магнитным данным |
| СУБПЛАТ-ФОРМЕННЫЙ |  |  | Рифтогенный | Теригенно-карбонатный комплекс (карбонатные холмы). | Нюрольская впадина (Малоничское месторождение), Вагай-Ишимская впадина – вероятный объект, Пимский район, Новопортовская площадь | Средняя-низкая |

Изучение трещиноватости плотных пород на месторождениях с длительным этапом эксплуатации важно для эффективного отбора остаточных запасов, выявления новых участков для прироста запасов УВ на «старых» разведочных площадях, для прогноза траектории горизонтальных скважин.

Пример по выделению новых объектов с улучшенными ФЕС на нефтяном месторождении в северо-восточной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции на основе анализа трещиноватости карбонатных пород (рис.7,8), исследованных по керну, шлифам, материалам ГИС и сейсморазведки, испытания скважин (Шабурова, Орлов, 2024г; Шабурова, Шустер, 2025).

Рис. 7. Зональность распространения различных структурных типов известняков в пределах исследуемого месторождения Сорокинского НГР (составлено Шабуровой М.Е., 2024 г.)

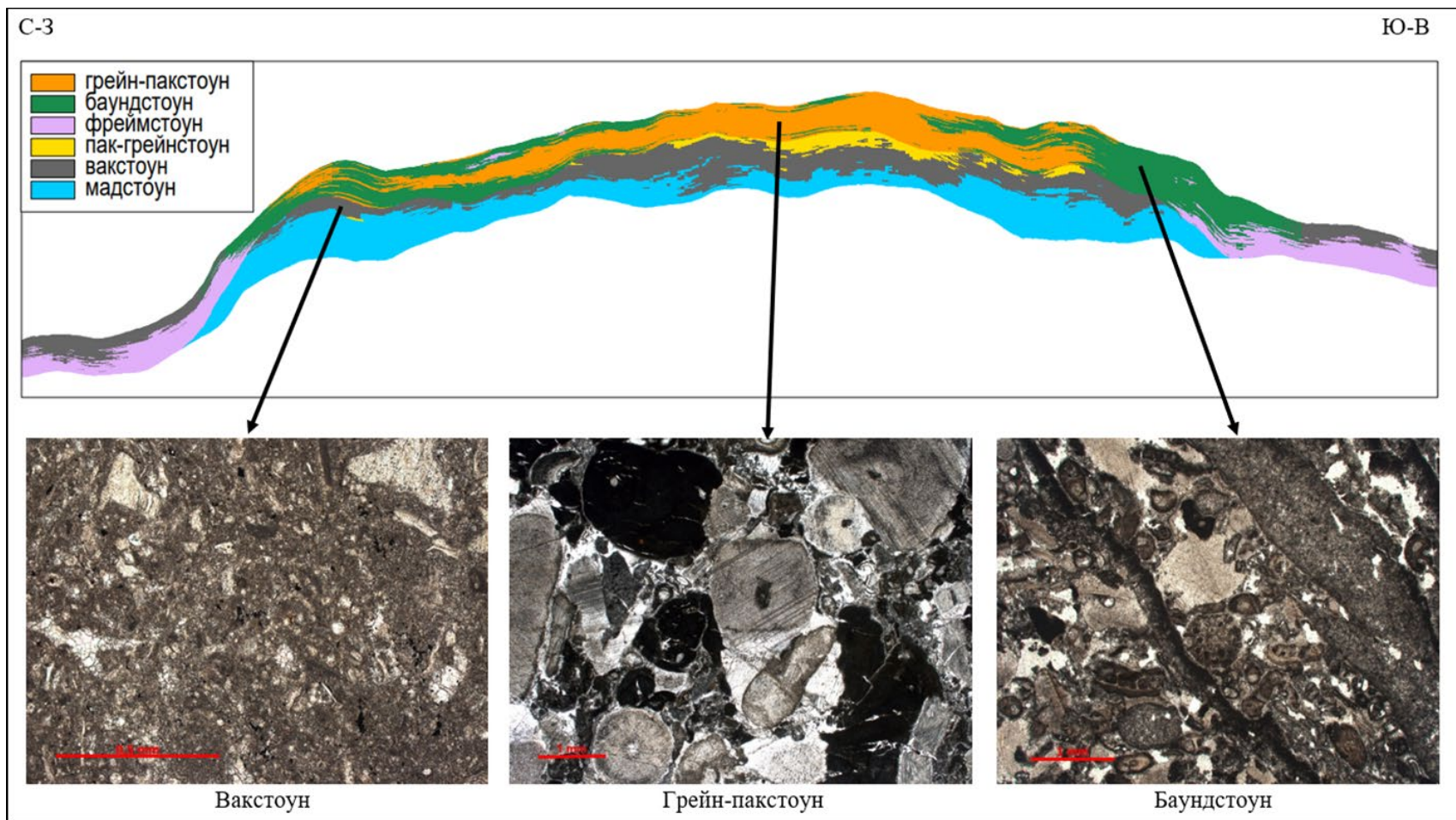
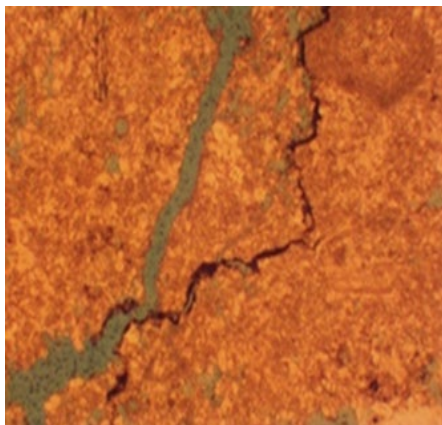
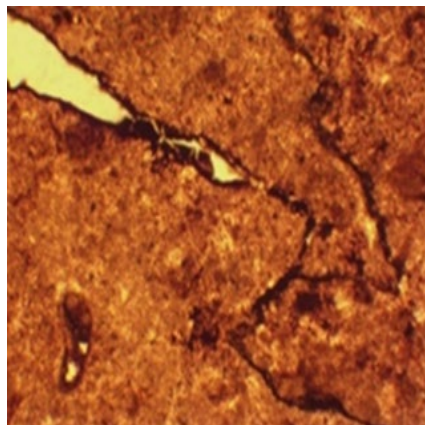


Рис. 8. Трещины в вакстоунах исследуемого месторождения
Сорокинского НГР (составлено Шабуровой М.Е., 2024 г.)

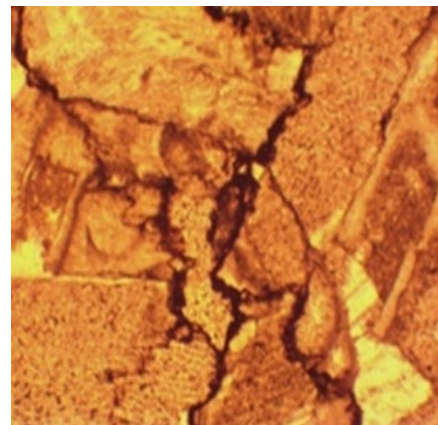
Одиночная трещина



Пересекающиеся трещины



Микростилолиты



**Таковы некоторые
современные технологии и
методы исследования
плотных пород.**



СПАСИБО