

**ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМОФАЦИАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ  
СХЕМЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
В ФУНДАМЕНТЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

*А.А. Волкова*

Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет, г. Томск  
**E-mail: [VolkovaAA@hw.tpu.ru](mailto:VolkovaAA@hw.tpu.ru)**

В работе рассмотрена связь сейсмического волнового поля с геологическими особенностями комплекса доюрских отложений палеозойского фундамента, который в настоящее время рассматривается как перспективный для извлечения трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Результат сейсмофациального анализа показал достаточную сходимость со схемой геологического строения верхней части фундамента. Также, выделенные ранее по профильной 2D сейсморазведке и гравимагнитометрическим исследованиям разломы и общая направленность структурных нарушений подтверждается рассчитанными атрибутами по 3D сейсморазведочным данным. Даны рекомендации по перспективным участкам для бурения скважин.

**Ключевые слова:** сейсморазведка, палеозой, сейсмофациальный анализ, анализ сейсмических атрибутов, тектонические нарушения.

**ВВЕДЕНИЕ**

Проблема детального прогнозирования межскважинного пространства существует практически на всех месторождениях. Особенно актуальной данная проблема является для палеозойского фундамента Западной Сибири, который помимо недостаточного количества скважин с проведенным комплексом необходимых исследований, характеризуется высокой степенью неоднородности литологического состава и относится к месторождениям трудноизвлекаемых запасов. По данным старых скважин, бурившихся преимущественно на верхние горизонты и профильным геофизическим исследованиям, рекомендации по бурению несут в себе большую долю неопределённости, в результате преобладающее большинство пробуренных скважин оказались «сухими». Привлечение 3-D сейсмических исследований помогло сделать шаг вперёд в данном вопросе, но не решило проблему. Палеозойский фундамент Западной Сибири в целом характеризуется отсутствием горизонтальных поверхностей для отражения в связи со сложным блоковым строением и большими углами падения пластов, что не позволяет в полной мере использовать результаты сейсморазведочных работ.

В последние десятилетия всё большее распространение и развитие получают математически сложные алгоритмы анализа волнового поля. По исследуемому в данной работе месторождению такого рода информации достаточно мало [1]. В связи с этим было решено провести сейсмофациальный анализ для сопоставления с предполагаемыми условиями осадконакопления по анализу изображения сейсмического волнового поля и изменчивости атрибутов вдоль сейсмического горизонта кровли палеозойского фундамента [2]. Также для подтверждения блокового строения и оценки преимущественного направления разрывных нарушений был проведён атрибутный анализ.

**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Для оценки и прогноза геологического строения использовался метод сейсмофациального анализа. Сейсмофациальный анализ заключается в выделении зон со схожей картиной волнового поля, обычно вызванной близкими акустическими свойствами, которые могут быть связаны с породами одного литологического состава. Сейсмические фации включают такие параметры сейсмических отражений, как конфигурация, амплитуда, непрерывность, частотный спектр и интервальные скорости.

Принято считать, что при выдержанности акустических свойств по латерали сейсмическое волновое поле и соответственно сейсмические атрибуты, должны иметь схожие характеристики. Следовательно, если наблюдается значительное изменение сейсмического атрибута, то обоснованно зонирование исследуемого участка на области с различными акустическими свойствами и как следствие, дифференцированным литологическим составом. В данной работе применялся алгоритм нейронных сетей к значениям сейсмических атрибутов, снятых с поверхности кровли палеозойского фундамента. Такой алгоритм позволяет, проанализировав исходную информацию, восполнить недостающие данные, найти неявные связи между различными сейсмическими атрибутами и провести классификацию исследуемого участка на достаточно однородные области [3].

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Месторождение расположено в юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции в структурном элементе северо-восточного борта Нюрольской впадины и приурочено к тектоническому поднятию северо-западного простирания. Доюрская поверхность палеозойского фундамента представлена разновозрастными породами различного состава и характеризуется высокой степенью расчлененности. Основные тектонические нарушения имеют северо-западное и северо-восточное простирания [4].

В соответствии с литологическими данными по исследованиям керна, на поверхность фундамента месторождения выходят доломиты, известняки, кремнистые породы и эффузивы. Известняки распространены на западном, юго-западном и юго-восточном блоках структуры месторождения, они обычно трещиноваты и брекчированы. Доломиты преимущественно занимают восточное крыло структуры, и как правило, пористы и кавернозны. Считается, что доломиты образовались в результате метасоматоза в стадию катагенеза при воздействии обогащенных магнием вод на известковые породы (при процессе замещения кальцита доломитом). Нефтяная залежь месторождения приурочена к доломитам замещения. Кремнистые породы преобладают в юго-западном, центральном и северо-восточном блоках структуры. В кремнистых породах был получен небольшой приток нефти. Эффузивы, представленные породами основного состава, распространены по всей площади и преобладают северо-западной части месторождения. На **рисунке 1** изображён фрагмент схематической геологической карты верхней

части палеозойского фундамента месторождения (авторы А.В. Ежова, В.П. Меркулов) с ключёнными названиями скважин и с наложенным контуром исследуемого участка.



*Рисунок 1. Фрагмент схематической геологической карты верхней части палеозойского фундамента*

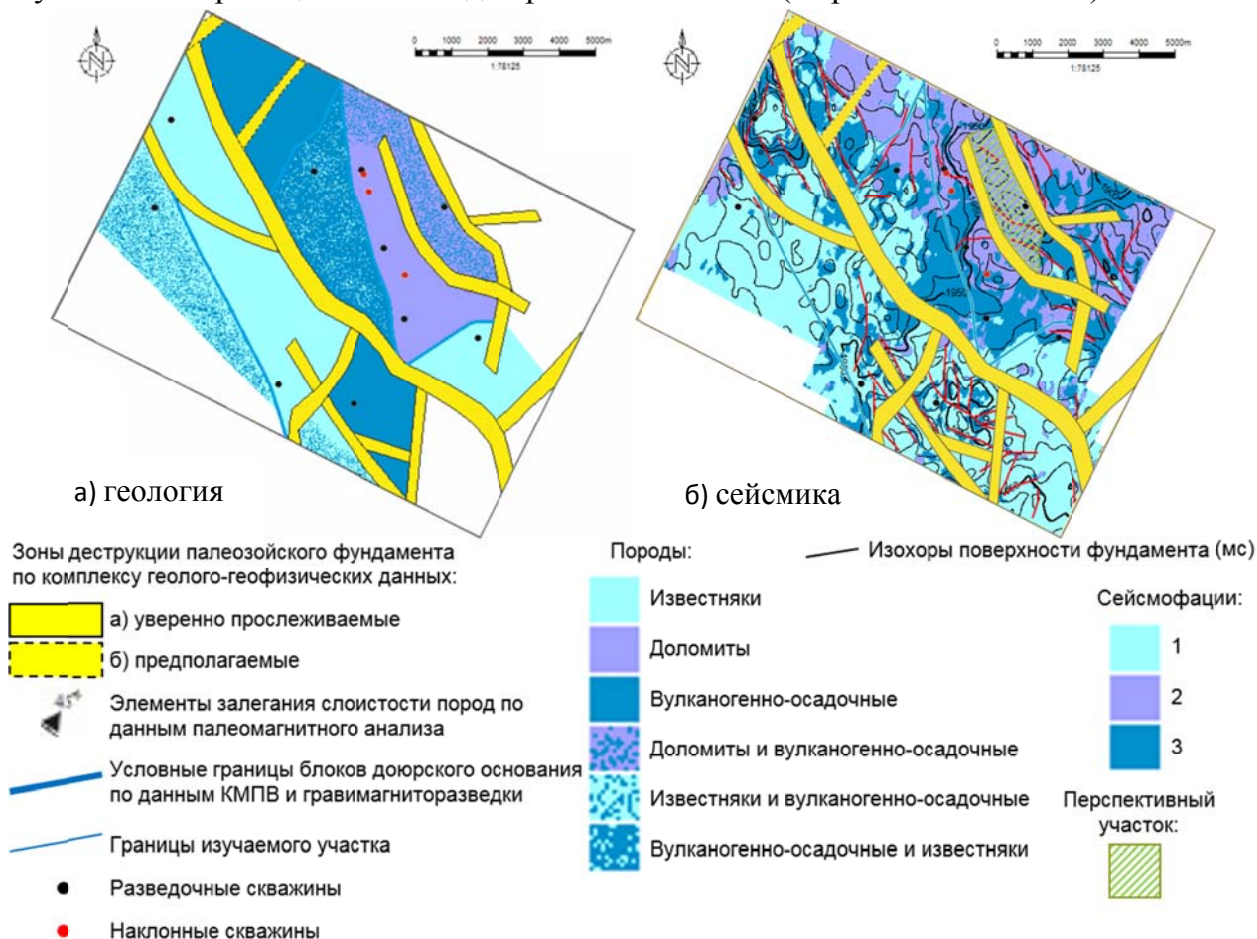
Основные трудности, с которыми связано изучение рассматриваемого месторождения, следующие:

- сложное блоковое строение (в соседних скважинах обнаружен разный по составу флюид),
- большие углы падения пластов – в связи с тем, что месторождение приурочено к крутопадающему северо-восточному крылу синклинали складки,
- порово-кавернозно-трещинный тип коллектора,
- комплексный вещественный состав – неравномерно доломитизированные известняки, доломиты и кремнистые породы,
- отсутствие горизонтальных поверхностей для отражения.

### АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Для сейсмофациального анализа изначально были рассмотрены 15 сейсмических атрибутов, которые связаны с физическими свойствами горных пород и, предположительно, имеют различный отклик для основных литологических разностей изучаемого объекта. Далее, после проведенного корреляционного анализа были выбраны 6 атрибутов, которые не коррелируются между собой и наилучшим образом дополняют друг друга. Атрибуты следующие – мгновенная частота, мгновенная фаза, мгновенное качество, относительный акустический импеданс, первая производная и затухание волны со временем [5].

Количество выделяемых сейсмических фаций было установлено экспериментальным путём. Наибольшую согласованность с исходной геологической схемой показал результат с тремя классами. На **рисунке 2** представлена (а) преобразованная в цвет исходная геологическая схема и (б) результат сейсмофациального анализа с выделением трёх классов (показаны разными цветами) с наложенными зонами деструкций (жёлтым) и условными границами блоков доюрского основания (жирные синие линии).



**Рисунок 2.** а) Фрагмент схематической геологической карты верхней части палеозойского фундамента в цвете; б) карта сейсмофаций с наложенными зонами деструкций и границами блоков

На карте сейсмофаций видно, что класс 1 преобладает в восточной и северо-восточной частях участка. Проанализировав геологическую схему, сейсмофацию 2 можно ассоциировать с доломитами, которые имеют схожее местоположение. Аналогично, класс 1 сейсмической фации можно связать с известняками. Сейсмофация 3 предположительно обладает акустическими свойствами вулканогенно-осадочных пород, большинство из которых представлены эффузивами. Интересно отметить, что сейсмофация доломитов практически полностью окружена сейсмофацией эффузивов. Этот факт подтверждает гипотезу о том, что доломиты, которые считаются коллектором на данном месторождении, образовались в результате воздействия магниевых вод (с эффузивов) на известняки.

В связи с тем, что скважины, в которых проводились исследования керна, расположены дискретно и неравномерно, неперспективный участок на геологической схеме, ограниченный уверенно-прослеживаемыми зонами деструкций, расположенный на северо-востоке участка и вскрытый всего одной скважиной, следует считать перспективным (на карте сейсмофаций обозначен заштрихованной областью).

Кроме того, на месторождениях в палеозойском фундаменте недостаточно определить местоположение литологии коллектора, в данном случае доломита, также следует оценить трещиноватость в блоке пород. В карбонатных породах важную роль при фильтрации флюида играют именно свойства трещин – плотность трещин, направленность, сообщаемость и т.д. Для качественной оценки трещиноватости был проведен атрибутивный анализ [6]. Наиболее наглядный результат показал запатентованный компанией Шлюмберже атрибут Ant-Tracking, рассчитанный по атрибуту дисперсии. Наблюдаемые линеаменты соотносятся с направленностью разломов и, следовательно, трещиноватости (считается, что для конкретного поля напряжений пространственная ориентация трещиноватости примерно совпадает с ориентацией основных разломов). Густоту линеаментов можно связать с интенсивностью трещиноватости. На **рисунке 3** представлен атрибут Ant-Tracking, рассчитанный по горизонту кровли отложений палеозойского фундамента, перспективный участок выделен светло-зелёным цветом.



**Рисунок 3.** Атрибут Ant-Tracking с наложенными зонами деструкций и границами блоков

Для исследуемого месторождения предложенный выше перспективный участок характеризуется значительной интенсивностью трещиноватости, что делает его еще более интересным для дальнейшего разбуривания и изучения.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Был проведён сейсмофациальный анализ на участке с месторождением в доюрских отложениях палеозойского фундамента Западной Сибири. Несмотря на высокую

неопределенность, вызванную достаточно низким качеством сейсмических данных, результат анализа с тремя выделенными сейсмическими фациями согласуется с распределением фаций по исследованиям керна скважин, приведённым на геологической карте. В целом, ориентация разломов и трещиноватости по атрибутивному анализу соответствует выделенным зонам деструкций палеозойского фундамента и границам блоков доюрского основания по геофизическим данным.

На основании проведенных исследований выделен перспективный участок с возможными улучшенными коллекторскими свойствами, который ранее практически не был охвачен бурением. Участок расположен в северо-восточной части рассматриваемой площади, ограничен линейными зонами деструкций СЗ-ЮВ протяжения и на нём была пробурена всего одна скважина. Помимо волнового поля, близкого по своим характеристикам к волновому полю на доломитах, предлагаемый участок может обладать повышенной трещиноватостью.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Белов Р.В., Кондрашов В.А., Мельников В.П. Опыт комплексного сейсмофациального анализа данных МОГТ и КМПВ // Геология нефти и газа. – 1990. № 3. С. 33–36.
  2. Пейтон Ч. Сейсмическая стратиграфия. – М.: Мир, 1982. – 846 с.
  3. Кирилов А.С., Закревский К.Е. Практикум по сейсмической интерпретации в PETREL. – М.: Издательство МАИ-ПРИНТ, 2014. – 288 с.
  4. Ежова А.В., Меркулов В.П., Чеканцев В.А. Геологическая модель строения палеозойского фундамента Северо-Останинского нефтяного месторождения (Томская область) // Горный журнал. – Томск, 2012. – Специальный выпуск. – С. 35 – 38.
  5. Chopra S., Marfurt K.J. Seismic attributes for prospect identification and reservoir characterization. – SEG Geophysical Development Series. – 2007. – № 11. – 465 p.
  6. Aarre V., Astratti D., Dayyani T.N., Mahmoud S.L., Clark A., Stellas M., Stringer J., Toelle B., Vejbaek O, White G. Seismic detection of subtle faults and fractures // Oilfield Review. – 2012. – V. 24. – № 2. – P. 28–43.
- 



**Волкова Александра Александровна.** Аспирант института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск; инженер Центра подготовки и переподготовки специалистов нефтегазового дела «Petroleum Learning Centre» НИ ТПУ.