

Субвертикальные неоднородности земной коры по результатам применения метода микросейсмического зондирования

Горбатилов А.В., Степанова М.Ю., Николаев А.В.

Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН, Москва

Субвертикальные неоднородности земной коры имеют различное геологическое происхождение и часто связаны с магматическими процессами, выносом к поверхности магматического вещества из верхней мантии. Другой генезис образования субвертикальных неоднородностей связан с дегидратацией и дегазацией, выносом к поверхности флюидов и газов, часто углеводородных. С субвертикальными неоднородностями связаны месторождения стратегического сырья – алмазов, нефти, газа и также многих твердых полезных ископаемых.

В основе подавляющего большинства сейсмических методов изучения строения земной коры и осадочной толщи лежит исходная модель субгоризонтальной слоистости. Субгоризонтальные геологические структуры являются для этих методов предпочтительными объектами, а изучение субвертикальных структур проводится в редких исключительных случаях. В настоящее время в институте физики Земли РАН разработан метод использования волн Релея, составляющих фоновое микросейсмическое поле Земли в полосе частот 0.03-1 Гц, для которого субвертикальные геологические структуры являются предпочтительными объектами. Особенность метода заключается в использовании экспериментально выявленной и теоретически подтвержденной обусловленности поверхностного распределения амплитудно- частотных параметров микросейсмического поля положением в глубине скоростных субвертикальных неоднородностей.

Как показывает опыт применения метода при изучении глубинных разломных структур, глубинных магматических камер и каналов, трубок взрыва, структуры грязевых вулканов, флюидно- магматических каналов, обуславливающих положение минеральных и нефте- газовых месторождений в земной коре, появление субвертикальных геологических структур является следствием тектоно- магматических процессов, приведших к локальной деструкции вмещающих материнских пород. Однажды образованные глубинные разломы и каналы представляют собой контрастные скоростные объекты в течение всего геологического времени и могут являться поисковыми признаками при разведочных работах на рудные месторождения и месторождения углеводородов.

Так, в строении Астраханского газо-конденсатного месторождения (рис.1) в диапазоне глубин 7-30км выделяется столбообразный канал, отражающийся в разрезах и трехмерном изображении как зона пониженных сейсмических скоростей. В своей верхней части этот канал сопрягается с системой распределенных объемов с низкими сейсмическими скоростями, которые ассоциируются с зонами пористо-трещиноватых коллекторов месторождения. В своей нижней части канал сопрягается с низкоскоростным вытянутым стенообразным телом, трассирующимся, как минимум, до глубин максимальной чувствительности данного исследования- 45 км. Направление

вытянутости тела совпадает с осью вытянутости месторождения вблизи поверхности- СЗ-ЮВ, и совпадает, в свою очередь, с направленностью русла р. Волга в данном районе. Предполагается, что низкие сейсмические скорости обусловлены повышенной трещиноватостью и, соответственно, повышенной флюидопродовимостью. Стенообразная форма зоны ассоциируется с глубинным разломом.

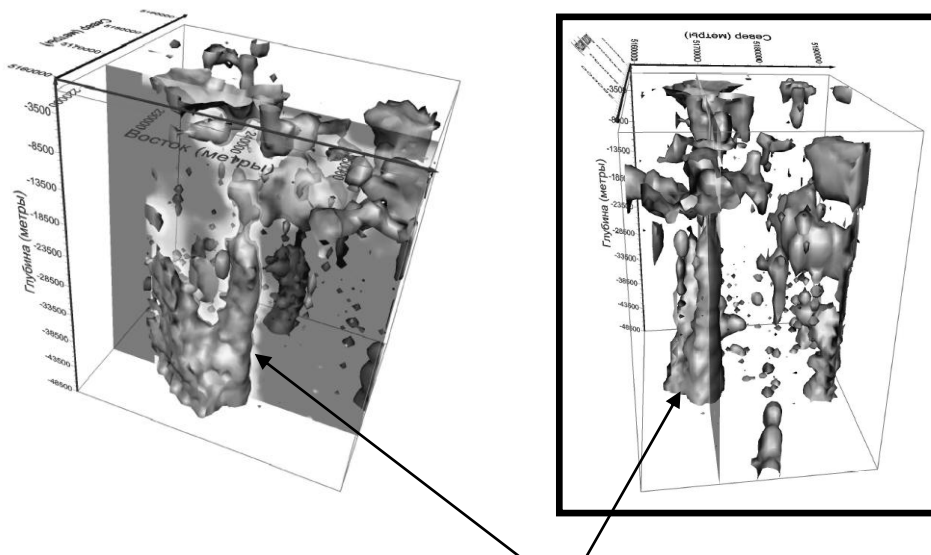
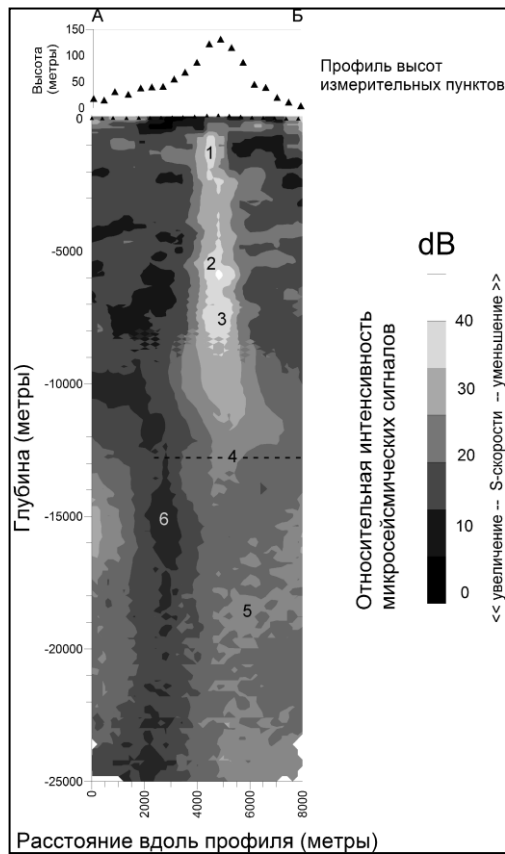


Рис.1. Глубинное строение Астраханского газо-конденсатного месторождения.

Глубинный разлом и проводящий канал

Были проведены исследования глубинной структуры грязевых вулканов Таманской провинции вдоль профилей, пересекающих в своей центральной части вулканические постройки. По результатам исследований под вулканом Гора Карabetова выделена относительно узкая, вертикальная низкоскоростная зона, ассоциируемая с насыщенным флюидами подводным каналом.



Область питания для подводного канала по данным эксперимента видна на глубине 4,5 – 9 км (рис. 2). Ниже контрасты сейсмических скоростей S-волн проявляются не так ярко, однако аномалия, ассоциируемая с областью питания, возможно, продолжается до глубины более 15 км. Образование Карabetовской антиклинальной структуры связывается с реакцией перекрывающих осадков на давление разуплотненных подвижных масс проникающих по разрывам. На глубине примерно 800–1500м выделяется низкоскоростная зона изометричной формы, которая определяет положение приповерхностного грязевулканического резервуара (рис. 2).

Рис. 2. Вертикальный разрез вдоль профиля микросейсмического зондирования Горы Карabetовой; 1 – грязевулканическая камера, 2, 3 – глубокие резервуары, 4 – область перехода к консолидированному фундаменту, 5 – флюидопроницаемые структуры, 6 – не-проницаемые консолидированные породы

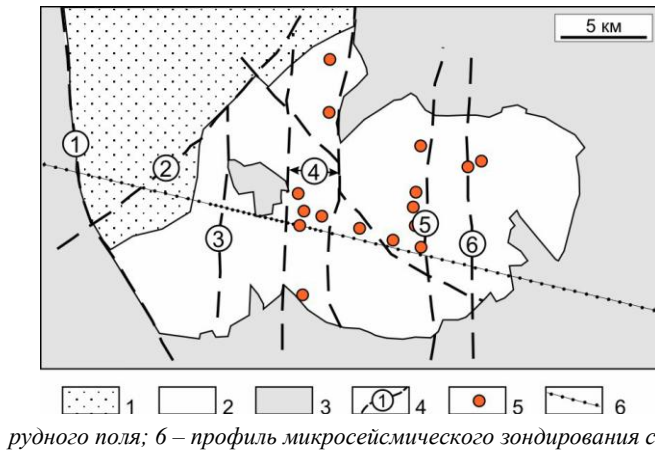


Рис. 3. Схематическая геологическая карта Стрельцовского рудного поля с положением профиля микросейсмического зондирования. По [Ищукова и др., 2007], с изменениями. 1 – вулканогенно-осадочное выполнение Восточно-Урулонгуевской впадины (K1); 2 – осадочно-вулканогенный чехол Стрельцовской кальдеры (J3-K1); 3 – метаморфогенные и гранитоидные породы фундамента Стрельцовской кальдеры (AR?-RZ2); 4 – основные разломы и их зоны: 1 – Чиндачинский разлом, 2 – Урулонгуевский разлом, 3 – Талан-Гозогорский разлом, 4 – Меридиональная зона разломов, 5 – Мало-Тулукуевская зона разломов, 6 – Центральная зона разломов; 5 – месторождения рудного поля; 6 – профиль микросейсмического зондирования сточками пикетов.

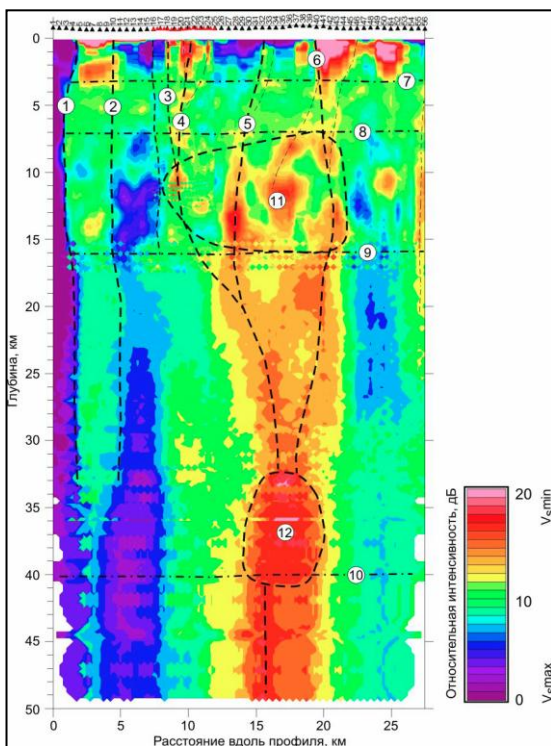
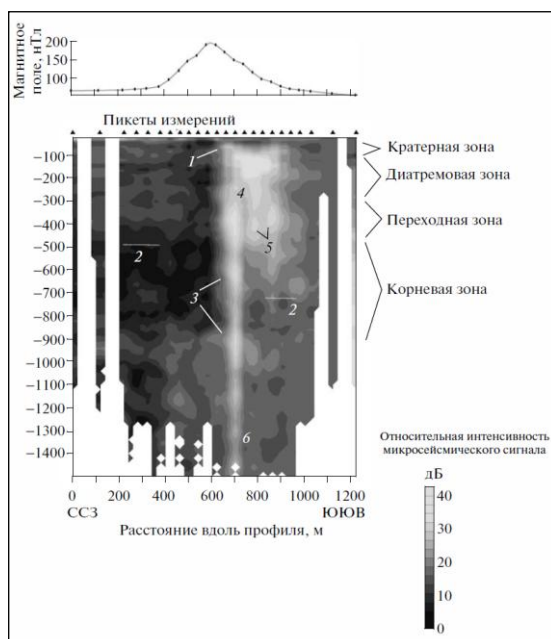


Рис. 4. Сейсмический разрез вдоль профиля (см. рис. 3). Области с розовым и красным цветом соответствуют участкам земной коры с пониженными скоростями сейсмических волн, а области с синим и фиолетовым цветом – участкам с повышенными сейсмическими скоростями. Номера разломов соответствуют номерам на рис. 3.



Было проведено изучение глубинного строения земной коры под Стрельцовской кальдерой (Забайкальский край), вмещающей 19 уникальных по запасам Мо-U месторождений, проведено с помощью микросейсмического зондирования. Основные сейсмические неоднородности в земной коре интерпретированы как колонна разуплотнения и флюидно-магматической проницаемости (мантийный плюм) шириной около 5 км, погружающейся до глубины более 50 км. Выявлены магматические очаги двух уровней: нижнекоровый очаг на глубине 35-40 км и верхнекоровый очаг на глубине 7-15 км. Отдельные крутопадающие зоны разломов соединяют верхнекоровый очаг с зоной рудоотложения, образуя пути движения для кислой магмы и, предположительно, для ураноносных растворов. Полученные результаты подтверждают гипотезу о магматогенном (постмагматическом) источнике урана для месторождений Стрельцовского рудного поля (Рис.3,4).

Рис. 5. Разрезы по относительным скоростям поперечных сейсмических волн через трубку взрыва Марусиновская (Респ. Беларусь), полученные методом микросейсмического зондирования, (разрез до глубины 1500 м) 1 – закратерный

выброс; 2 – поверхность фундамента в различных бортах Марусиновского разлома; 3 – раздувы дайки; 4 – “риф”; 5 – столбообразные тела; 6 – сечение Марусиновского разлома.

Полученный результат профилирования на базе волн Рэлея трубки взрыва в пределах Марусиновского разлома Жлобинской седловины (Республика Беларусь) представляет собой вертикальный разрез, отражающий распределение относительных скоростей поперечных сейсмических волн (рис.5).

Отчетливо выделяется вертикальная зона пониженных скоростей; горизонтальные размеры зоны увеличиваются при ее приближении к поверхности и характеризуются наличием асимметрии; зона пониженных скоростей начинает выделяться на фоне вмещающих пород в виде вертикальной узкой полосы с глубины около 3 км и заканчивается расширением на глубине около 100 м от поверхности, на поверхность эта зона не выходит;

Для того, чтобы убедиться, что получаемые субвертикальные структуры не являются артефактом применения метода на основе волн Рэлея, авторы проанализировали несколько результатов сейсмических исследований, полученных с помощью стандартных промышленных сейморазведочных процедур. Так на Рис. 6 представлен разрез по профилю выполненному ЦЕНТР-ГЕОН по МОВ-ОГТ на Воронежской антеклизе, примерно в 40 км севернее г.Воронеж. Длина профиля составила примерно 150 км (Рис.6а). Длина фрагмента профиля (Рис.6б), указанного рамкой на Рис.6а, составила 20 км.

А)

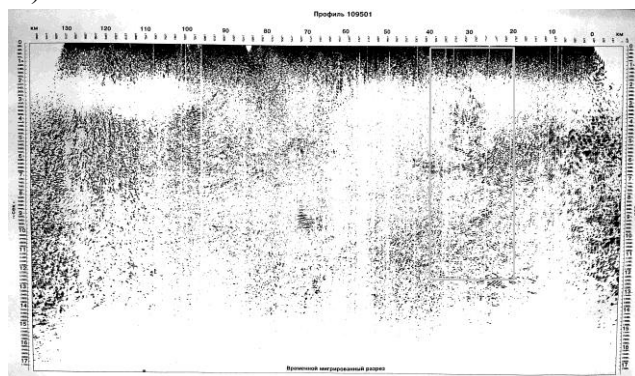
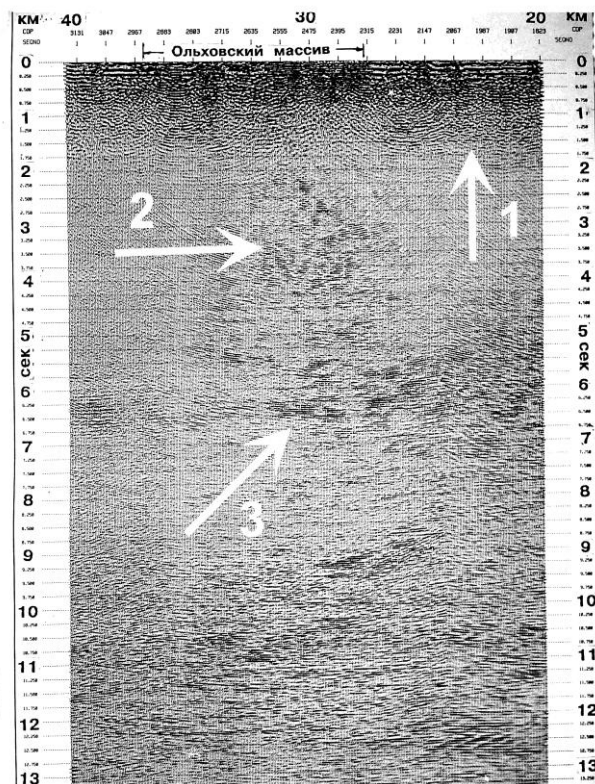


Рис.6. а) Профиль МОВ-ОГТ, временной мигрированный разрез. Рамкой выделен фрагмент, представленный на Рис.6б. б) фрагмент разреза через Ольховский массив микроклин-плагиоклазовых биотитовых гранитов Бобровского комплекса нижнего протерозоя. 1- верхняя нарушенная часть разреза (диапазон 0-3км), 2- субвертикальное тело с множественными сейсмическими отражателями (ассоциируется с гранитным массивом на поверхности), 3-граница (глубина 5-6 км) перехода от консолидированного слоя к более глубокому нарушенному массиву. Горизонтальный размер субвертикального тела 2 составляет примерно 5-6 км.



Б)

Совпадение размеров, характера и положения субвертикальных геологических структур, полученных с помощью совершенно различных технологий в различных местах Земли указывает на достоверность метода на базе волн Рэлея фонового микросейсмического поля Земли.