

Проницаемость пород изменяется в диапазоне 0,65-5887,00 мД и носит полимодальный характер. Для наиболее хорошо отсортированных песчаных отложений модальное значение проницаемости составляет от 1000 до 2000 мД; для песчаных пород с примесью алевритового материала – от 200 до 400 мД; для мелкозернистых песчано-алевритовых пород – 40-60 мД; глинистые породы имеют проницаемость менее 10 мД.

Газ сеноманской продуктивной толщи имеет преимущественно метановый состав, сухой, мало азотистый, легкий (содержание тяжелых углеводородов в среднем составляет 0,13 %). Инертные газы обнаружены в непромышленных концентрациях. В незначительном количестве присутствуют следы бутана.

Запасы газа сеноманской залежи были подсчитаны объемным методом [2]. По категории В они составили около 3,0 трлн м<sup>3</sup>, по категории С<sub>1</sub> – 1,6 трлн м<sup>3</sup>. По запасам газа месторождение относится к категории уникальных.

#### Литература

1. Баркалова А.М. Текстурно-структурные особенности, состав и условия образования песчаных пород пласта ПК<sub>1</sub> покурской свиты на Заполярном месторождении (ЯНАО) // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 115-летию со дня рождения академика Академии наук СССР, профессора К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения члена-корреспондента Академии наук СССР, профессора Ф.Н. Шахова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – С. 256 – 258.
2. Бжицких Т.Г. Подсчет запасов и оценка ресурсов нефти и газа // Учебное пособие. – Томск, ТПУ, 2011. - 263 с.
3. Рожков Г.Ф. Геологическая интерпретация гранулометрических параметров по данным дробного ситового анализа // Гранулометрический анализ в геологии. – М., Недра, 1978. – С. 5 – 25.
4. Рожков Г.Ф. Дифференциация обломочного материала и гранулометрическая диаграмма  $\alpha - \tau$  по косвенному счету зерен // Механическая дифференциация твердого вещества на континенте и шельфе. – М., 1986. – С. 97 – 117.
5. N Nedolivko, T Perevertailo, A Barkalova, T Dolgaya Textural and structural features, composition and formation conditions of arenaceous rocks in PK1 horizon, Pokursk suite in south-eastern Pur-Tazovsk area (Yamalo-Nenets Autonomous Territory) // Scientific and Technical Challenges in the Well Drilling Progress IOP Publishing IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 24 (2015) 012021 doi:10.1088/1755-1315/24/1/012021. – 1 – 6 с.

### ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СКОПЛЕНИЙ ГАЗОГИДРАТОВ В МОРСКИХ БАССЕЙНАХ

А.И. Бахлюстов

Научный руководитель ассистент Л.К. Кудряшова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В последнее время большое внимание уделяется изучению шельфа Арктики. Стоит заметить, что на данной территории наблюдается развитие не только традиционных источников УВ – нефть и природный газ, но и большое количество скоплений газогидратов.

Залежи газогидратов могут быть приурочены не только к океаническому пространству, но и к континенту. Несмотря на наличие в океане большого количества газогидратов, в качестве альтернативного источника природного газа они могут рассматриваться только в отдаленной перспективе. В отличие от океанических, скопления газогидратов на суше и в зоне прилегающего шельфа рассматриваются в ракурсе вполне реальной перспективы.

В последние десятилетия скопления газовых гидратов найдены во многих уголках Мирового океана. Но распределение и, в особенности, объем залежей, содержащихся в данных структурах, изучены еще недостаточно. Требуется тщательно исследовать участки выброса газов. Стоит заметить, что многими исследователями выявляется приуроченность залежей газогидратов к тектонически активным районам.

Поэтому цель данной работы – изучить влияние тектонических разломов на формирование скоплений газогидратов в морских бассейнах.

Газогидраты – это образования в виде спрессованного снега или рыхлого льда, существующие в условиях низких (близких к нулю) температур и высоких (не менее 50 ат) давлениях. В природе газогидраты образуются в глубоководных осадках морей и океанов и в районах вечной мерзлоты – главным образом из углеводородных газов, чаще всего метана.

Присутствие газогидратов в вечной мерзлоте было предсказано по данным каротажа скважин и затем обнаружено во многих арктических районах Азии, Северной Америки и Европы, где мерзлые породы распространяются на глубину более 250 метров. Подавляющее же большинство скоплений газогидратов находится в глубоководных акваториях морей и океанов, в основном на континентальных склонах и подводных поднятиях, в условиях высокого давления и низких температур.

Косвенные признаки присутствия газогидратов в осадках можно обнаружить по данным непрерывного сейсмопрофилирования методом отраженных волн. Поскольку осадки, содержащие газогидраты, отличаются по физическим свойствам от нижележащих слоев, на профиле возникает кажущаяся отражающая граница, соответствующая по форме контурам поверхности дна.

Все типы акваторий, где наблюдаются газогидраты, можно разделить на несколько типов: континентальные склоны, внутренние и окраинные моря, подводные хребты. Рассмотрим более детально скопления газогидратов, приуроченных к глубоководным бассейнам внутренних и окраинных морей [1].

Одним из примеров таких бассейнов, является Охотское море, где открытие газогидратов сделано в 1998-2004 гг. лабораторией газогеохимии ТОИ ДВО РАН. Выявлено, что в районах, где из донных осадков в воду идет поток пузырей метана, залегают газогидраты. Выход метана связывается с сейсмотектонической активностью региона в это время. Это подтверждается Курильским (1994 г.), Нефтегорским (1995 г.), Углегорским (2002 г.), Хокайдайским (2003 г.) землетрясениями. При этом зоны разломов раскрываются и становятся путями миграции газа из-под подошвы газогидратосодержащих отложений (BSR). Газогидратные слои являются хорошей покрывкой свободных газов, и они накапливаются ниже подошвы газогидратоносных пластов [3].

В период землетрясений разломы разрывают покрывку, и газы устремляются вверх. Поверхность дна в районе обнаружения газогидратов представлена округлыми формами диаметром 500-700 м, в которых наблюдаются многочисленные ямки и бугры, образованные газофлюидными потоками, поднимающимися из более глубоких слоев и фундамента – явление, похожее на грязевые вулканы дна морей. Газогидраты представлены слоями (толщиной 1-10 см) или фрагментами округлой формы (5-10 см в диаметре). Здесь же обнаружены слои (толщиной 35 см) сплошного газогидрата.

Также особый интерес представляют газогидратные акватории юга России – Черного и Каспийского морей.

В Черном море газогидраты обнаружены на глубинах 300-800 м, где под поверхностью морского дна располагается пласт 300-1200 м. Количество содержащегося в нем метана оценивается в 100 трлн. м<sup>3</sup>.

Установлено, что газогидратные отложения, начиная с 550-600 м, по всему периметру Черного моря газозаваны метаном и проявляются в форме сипов, фонтанов, грязевых вулканов. Это явление уникально на земном шаре, так как ни в одном море в мире такого активного выделения метана не установлено. На дне Черного и Азовского морей широко развиты грязевые вулканы, которые из глубины недр при достижении высоких давлений (300-400 атм) по разломам вверх выбрасывают воду, глины, обломки твердых пород с образованием на дне грязевых сопок.

В глубоководной части Черного моря имеются условия для образования газогидратов – низкие температуры придонного слоя, необходимые давления, чередование глинистых и пористых отложений, аномальность газонасыщенности и др. [4]. Что касается модели генезиса, то предпочтение отдается эндогенному фактору, приводящему к образованию углеводородов, которые по разломам мигрируют в зону гидратообразования вместе с глубинными флюидами.

В Каспийском море основным фактором гидратообразования также выступают грязевые вулканы. Механизм гидратообразования в жерле вулкана аналогичен механизму, наблюдаемому в приустьевой зоне скважин северных районов, и связан с адиабатическими процессами. Низкие температуры восполняются давлением (4,8-5 МПа). Газогидраты при температуре 9 °С образуются в том случае, если давление газа составляет 70 МПа.

Наличие скоплений газогидратов в акваториях не могло не привлечь внимания геологов, изучающих о. Байкал. Байкал – одно из самых крупных и глубоких озер мира – уникален во многих отношениях. Он широко известен чистотой своей воды и эндемичной флорой и фауной. Но это еще и единственный пресноводный водоем на планете, где найдены газовые гидраты.

Условия их образования оказались особенно благоприятными в глубоководных районах озера. Особенно высокая концентрация наблюдается в местах впадения рек, и в частности вблизи дельты р. Селенги. Признаки наличия газогидратов обнаруживаются по данным непрерывного сейсмопрофилирования МОВ. На Байкале это впервые заметил А. Гольмшток во время изучения осадочного комплекса в 1992 г. [2].

Внимание исследователей байкальских донных осадков привлекла необычная форма границы зона стабильности гидратов (ЗСГ). Уже А. Гольмшток заметил, что на сейсмических профилях она, против обыкновения, не повторяет в точности рельефа дна. Граница имела неровную форму и местами прерывалась вблизи разломов. А. Гольмшток предположил, что в этих местах устойчивость гидратов нарушена, газогидратный слой прерывается и метан прорывается на поверхность дна озера.

Летом 1999 года были получены детальные разрезы ЗСГ в Южно-Байкальской котловине южнее дельты Селенги, на которых хорошо видны участки нарушенного слоя газогидратов и вертикальные каналы, по которым газ поднимается вдоль разломов к поверхности дна.

На снимке, сделанном с помощью локатора бокового обзора специалистами из ВНИИ океанологии (г. Санкт-Петербург), видна цепочка газовыделяющих структур, очень похожих на небольшие грязевые вулканы. Эта цепочка, около 2 км шириной, тянется вдоль зоны разломов, где глубина воды достигает 1350 метров.

Эта необычная последовательность процессов, при которой метан накапливается в форме гидратов и высвобождается при нарушении их устойчивости с образованием грязевых вулканов, как и сам факт существования метановых газогидратов в условиях пресноводного водоема, – еще одно очередное свидетельство уникальности Байкала.

При изучении скоплений газогидратов в различных акваториях открытым остается вопрос о происхождении газогидратов. Главная модель образования – это связь их формирования с глубинными или эндогенными процессами. Однако ученые не отвечают на ряд конкретных вопросов формирования углеводородов:

- об очагах формирования углеводородов;
- о каналах, по которым углеводороды достигают мест скопления;
- о местах скоплений залежей и месторождений углеводородов.

Существует две основные точки зрения на источники формирования газогидратов, основываясь на составе метана. Первая – образование метана происходит за счет продукции бактерий. Вторая – в процессе

термогенного образования из органического вещества осадочных отложений. Но генезис метана не полностью отражается изотопным составом углерода.

Что касается мест скопления газогидратов, то в пределах площадей газогидратопроявления отмечены участки с характерным развитием морфонервностей на поверхности дна и явным отсутствием зон «высачивания» газов в водную толщу. Увеличение пузырей метана за относительно небольшой период времени связано, видимо, с сейсмостектонической активизацией исследуемого региона.

Предполагается, что при сейсмостектонической активизации газ (метан) мигрирует по разломам из нефтегазосодержащих слоев, залегающих в глубоких горизонтах осадочной толщи и из-под подошвы газогидратосодержащих отложений. Слои газогидратов являются хорошей непроницаемой крышкой для нижележащих свободных газов, и при активизации региона эти газы по разломам устремляются к поверхности. Часть газа попадает в воду, а затем в атмосферу, а часть, при достижении определенных термобарических условий, образует газогидраты в верхних слоях осадков.

В заключение можно сделать вывод, что газогидраты, как правило, располагаются выше месторождений газа, который при подъеме по каналам достигает уровня формирования газогидратов, и приурочены к зонам разломов. А поскольку в формировании углеводородов решающая роль принадлежит дегазации Земли, то и для формирования газогидратов дегазационная модель является основной.

Метан в форме гидратов, это потенциальное топливо будущего, устойчив только при низких температурах и высоком давлении. Поэтому их изучение в теплых и глубоких морях крайне затруднительно: гидраты просто «не доживают» до поверхности. Такой проблемы в холодном и глубоком озере Байкал не существует, а зимний, закованный в лед он является удобной рабочей площадкой для исследований.

#### Литература

1. Запывалов Н.П. Нефтегазоносность акваторий мира: Учебное пособие. – Новосибирск: НГУ, 2009. – 260 с.
2. Клеркс Я. Газогидраты пресноводного «океана» / Я. Клеркс, М. Де Батист, Н. Гранин, Т. Земская, О. Хлыстов. // Наука из первых рук. – Новосибирск: ИНФОЛИО, 2004. – № 2. – С. 82 – 91.
3. Обжиров А.И., Коровицкая Е.В., Пестрикова Н.Л., Телегин Ю.А. Нефтегазоносность и газогидраты в Охотском море // Подводные исследования и робототехника. – Москва, 2012. – № 2. – С. 55 – 62.
4. Попков В.И., Соловьев В.А., Соловьева Л.П. Газогидраты – продукт глубоководной дегазации Земли // Геология, география и глобальная энергия. – Москва, 2012. – № 3. – С. 56 – 67.

### ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛУГИНЕЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОСНОВАНИИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ Е.С. Бахтина<sup>1</sup>, В.В. Самойленко<sup>2</sup>

Научные руководители: профессор И.В. Гончаров, О.Е. Мойзес

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup> *Научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, г. Томск, Россия*

Лугинецкое нефтегазоконденсатное месторождение является одним из крупнейших на территории Томской области. В тектоническом отношении месторождение приурочено к одноименному куполовидному поднятию, находящемуся в северной части Пудинского мегавала. На западе Лугинецкое куполовидное поднятие граничит с Нюрольской мегавпадиной, на северо-востоке – с Усть-Тымской мегавпадиной, на северо-западе – с зоной сочленения Среднеасюганского и Пудинского мегавалов – Шингинской седловиной. Основная залежь связана с отложениями горизонта Ю<sub>1</sub> – основным нефтегазоносным горизонтом Томской области.

Выполненными ранее исследованиями было показано, что нефть и газ в залежах Ю<sub>1</sub> Лугинецкого месторождения имеют различную природу. Нефть была генерирована породами баженовской свиты, а газ образован породами палеозоя [2]. Однако помимо основных залежей в Ю<sub>1</sub> на Лугинецком месторождении и месторождениях спутниках (Западно-Лугинецкое, Северо-Лугинецкое, Нижнедугинецкое) притоки нефти были получены и из других горизонтов юры и даже из палеозоя.

Знание природы флюидов этих отложений имеет важное практическое значение как с позиции организации добычи и промысловой подготовки нефти, так и в установлении истории и механизма формирования залежей, что может быть использовано для поиска новых месторождений в регионе.

На территории юго-востока Западной Сибири выделены три основных генетических типа нефтей: баженовский, тогурский и палеозойский. Молекулярный и изотопный составы нефтей каждой генетической группы имеют особенности, прямо указывающие на природу и зрелость генерировавшего их органического вещества (ОВ) [1]. Для корреляции нефть-нефть и установления природы нефтей из различных залежей Лугинецкого и сопредельных месторождений был выполнен их анализ методом хроматомасс-спектрометрии (прибор «Hewlett Packard» 6890/5973 с колонкой HP-1-MS (30 м; 0,25 мм)).

Результаты выполненных исследований показали, что в пределах Лугинецкой группы месторождений присутствуют нефти всех трех генетических типов. Нефть, полученная из коры выветривания (к.в.) на Лугинецкой площади, имеет палеозойский генетический тип. Отличительной чертой этой нефти является морской тип исходного ОВ (отношение П/Ф менее 2,0) и высокий катагенез (низкое значение параметра Ki).

Нефти отложений средней юры (Ю<sub>6</sub>, Ю<sub>10</sub>) имеют тогурский генетический тип. Эта генетическая группа объединяет в себе не только нефти, генерированные тогурской свитой, но и всеми остальными источниками, расположенными в разрезе юрских отложений и палеозоя.