

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТРАДИЦИОННЫХ И НЕТРАДИЦИОННЫХ РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

А.И. Обжиров
ТОИ ДВО РАН им.В.И.Ильичева, e-mail: obzhirov@poi.dvo.ru

Введение

Важно отметить, что разграничение на традиционные и нетрадиционные углеводородные ресурсы является искусственным. Надо разобраться, какие источники углеводородов создают традиционные и нетрадиционные залежи углеводородов. Детальное рассмотрение геологических закономерностей формирования скоплений углеводородов показывает, что понимание этих процессов помогает в вопросах поисков углеводородов, оценки количества УВ в залежах и методов их извлечения. Возьмем традиционные нефтематеринские толщи. Если свой углеводородный потенциал эти толщи отдали в коллектор с крышкой, то сформировалось месторождение нефти и газа или традиционное месторождение УВ. При этом исчезла залежь нетрадиционного сланцевого газа. Соответственно наличие остаточного УВ в сланцах позволяет его извлекать современными методами, называя это нетрадиционным источником УВ. Кроме того, существует подток водорода, углеводородных газов из глубоких горизонтов земной коры и мантии. Этот подток может создать и традиционные, и нетрадиционные месторождения.

Нетрадиционные источники УВ

Перечислим нетрадиционные источники УВ. Это – газогидраты, угольный метан, сланцевый газ, плотные коллектора, биогаз. Добавим еще одно – угольно-сланцевый газ, (название дано нами), как разновидность сланцевого газа. Дадим характеристику этим источникам и покажем взаимосвязь их с традиционными источниками УВ.

Газогидраты. Это твердое вещество, похожее на лед, образуется при внедрении углеводородов в пространство между молекулами воды при высоком давлении и низкой температуре. Например, при давлении 30 атм и температуре 0 °С, при наличии воды и углеводородных газов, преимущественно метана, в донных осадках образуются газогидраты. При увеличении температуры для образования газогидратов требуется более высокое давление. Например, в Охотском море при температуре придонной воды +2,4 °С газогидраты обнаружены на минимальной глубине 386 м. На более мелкой глубине при этой температуре газогидрат образоваться не может из-за недостаточного давления. Газогидрат, который содержит преимущественно метан, характеризуется структурой I, а

при наличии в газогидрате углеводородов с большим размером молекул пропана, образуется структура II.

Чем интересны газогидраты? Они являются важным объектом геологических исследований. В донных осадках в зоне стабильности газогидратов последние встречаются в виде слоев, прослоев, фрагментов. В 1 см³ газогидрата содержится 170 см³ газа (углеводородов, метана). Газогидрат играет очень важную роль в геологической истории Земли и формировании залежей нефти и газа. Газогидрат консервирует углеводороды, которые мигрируют к поверхности из нефтегазовых залежей, мантии и других источников. В газогидрате углеводородные газы не подвержены микробному окислению. Газогидрат разрыхляет донные осадки, внедряясь в них, меняет рельеф поверхности дна, образуя в верхних слоях донных осадков поднятия, провалы, что важно знать при решении инженерно-геологических задач и строительства морских объектов. Важной геологической особенностью газогидратов является их непроницаемость. Они являются хорошей крышкой, под которой накапливаются свободные газы. В периоды сейсмо-тектонических активизаций эта крышка нарушается зонами разломов, по которым газ (метан, тяжелые углеводороды) перемещается по слоям осадочной толщи, частично заполняя коллектора, образуя залежи, частично мигрируя в виде потока пузырей в водную толщу. При этом концентрация метана в воде увеличивается в 100–1000 раз и частично поступает в атмосферу, что способствует глобальному изменению (потеплению) климата. Формирование залежей нефти и газа взаимосвязано с газогидратами (Обжиров, Телегин, 2011). В геологической истории Земли были периоды похолоданий, потеплений, менялись уровни морей и океанов, а значит, нарушались давление, температура (изменялась зона стабильности газогидрата) и газогидрат способствовал формированию залежей углеводородов.

Вторая сторона важности изучения газогидратов состоит в том, что в газогидратах сохраняются трлн м³ углеводородов, которые можно добывать как нетрадиционные залежи. В настоящее время добыча углеводородов из газогидратов, которые обнаружены в донных осадках в верхних слоях на поддонной глубине 1–10 м, пока не достигла коммерческой эффективности. Нами предложен один из методов (Обжиров, Тагильцев, 2010). Трудность состоит в том, что газогидраты, в основном, распространены в донных осадках морей, где добывать углеводороды сложно. Но важно, что газогидраты являются индикатором присутствия на глубине углеводородов, то есть они являются поисковым

признаком залежей нефти и газа. Традиционные и нетрадиционные ресурсы углеводородов, газогидраты и нефтегазовые залежи составляют одно целое. Газогидраты, которые обнаружены в виде пластов в скважинах, разрабатываются обычными методами эксплуатации нефтегазовых скважин, с подогревом, уменьшением давления и другими методами (рис. 1).

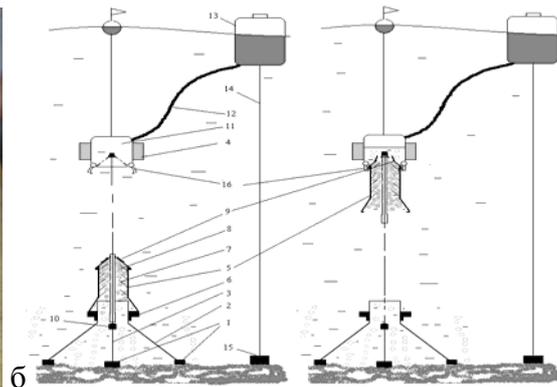


Рис. 1а. Газогидраты – белые слои в илистых осадках

Рис. 1б. Отбор газа из газогидратов

(Обжиров, Тагильцев, 2010)

Угольный метан. Это один из значительных источников углеводородов. Кроме углей угленосные бассейны содержат большое количество метана, тяжелых углеводородов (C_2-C_4), частично нефть и другие газы, в том числе водород. Как известно, в буроугольных бассейнах распространены в большей степени углекислый газ и в небольшом количестве метан. По мере увеличения степени углефикации (метаморфизма) углей от бурых к каменным значительно увеличивается количество метана в угленосных отложениях, появляются углеводороды C_2-C_4 и водород. В результате наших исследований угольного газа на угольных месторождениях Дальнего Востока (Обжиров, 1979; Гресов, Обжиров и др., 2009) обнаружен ряд закономерностей распределения в них углеводородов.

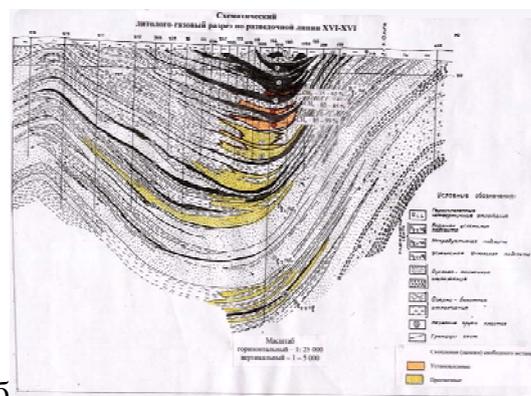
1. Метаноносность угленосных отложений и метанообильность горных выработок шахт зависят не только от степени метаморфизма углей. Важным является особенность геолого-структурных условий, в которых находится угольный бассейн. Приведу два примера. На севере Приморья разрабатываются открытым способом бурые угли неогеновых отложений марки Б1-Б2 на Лучегорском разрезе 1. Распределение газа на разрезе изучалось с начала его разработки. До глубины разреза около 40 м в газе

присутствовал, в среднем, углекислый газ (15–20%) и метан (около 5%). Но, когда глубина разреза достигла 80 м, из песчаников, залегающих между угольными пластами, вскрытых разведочной скважиной, пошел свободный газ, в котором метана содержалось 90%. Газ хорошо горел (рис. 2а и 2б). Это явление связано с тем, что метан дополнительно поступает из пород фундамента в верхние угленосные горизонты. Фундамент представлен осадочными отложениями триасового возраста, содержащие как континентальные угленосные, так и морские, обогащенные органическим веществом породы. Они генерируют углеводородные газы, которые поступают в песчаные коллектора неогеновых угленосных отложений.



а

Рис. 2а. Горение метана, выделяющегося из скважины на Лучегорском разрезе 1



б

Рис. 2б. Скопления газа (желтый цвет) в песчаниках угленосных отложений на Лучегорском разрезе 1

Другой пример. На Артемовском месторождении Приморского края Угловского бурогоугольного бассейна разрабатывались угли марки БЗ шахтным способом. В шахте 8 (Амурская), в газе угленосных отложений содержались очень высокие концентрации метана (около 70–80%). Горные выработки шахты являлись сверхкатегорийными. Когда северный ствол шахты 8 (рис. 3) углубили до отметки 320 м, то вскрыли породы фундамента триаса, морской и континентальной обстановок накопления осадков. Из фундамента был выброс газа генезиса нефтяных залежей – метана, тяжелых углеводородных газов, этана, пропана, бутана и углекислого газа (Обжиров, 1979; Обжиров, Мальцева и др., 2013).

2. Важными характеристиками являются степень тектонической активности угленосного бассейна, количество разломов, глубина их заложения, сейсмическая активность региона и бассейна. Разломы являются путями миграции газа из мантии,

глубоких горизонтов фундамента и в периоды сейсмической активности происходит перераспределение углеводородов и формирование нефтегазовых залежей. Во многих шахтах и скважинах угольных месторождений Дальнего Востока наряду с углеводородными газами обнаружены проявления нефти. В районе контакта углей и угленосных пород с интрузивными дайками, например, на шахте Партизанской Приморского края, в газе обнаружены водород и нефтяные скопления.

Наличие очень значительных запасов метана на Угловском угольном бассейне Приморского края на месторождениях Артемовском и Тавричанском позволяет отнести их к нетрадиционному источнику добычи метана. Действительно, на Тавричанском месторождении пробурено 5 дренажных скважин в районе горных выработок, и из одной скважины в сутки выделяется в атмосферу 10–20 м³ без принудительной вентиляции. То есть это фактически – традиционное газовое месторождение, которое требует некоторой специфики добычи метана. Нами разработан один из методов добычи метана из шахтных полей Угловского бурогоугольного бассейна. Кроме того, угольный метан является источником метана, который участвует в образовании газовых залежей и газогидратов.

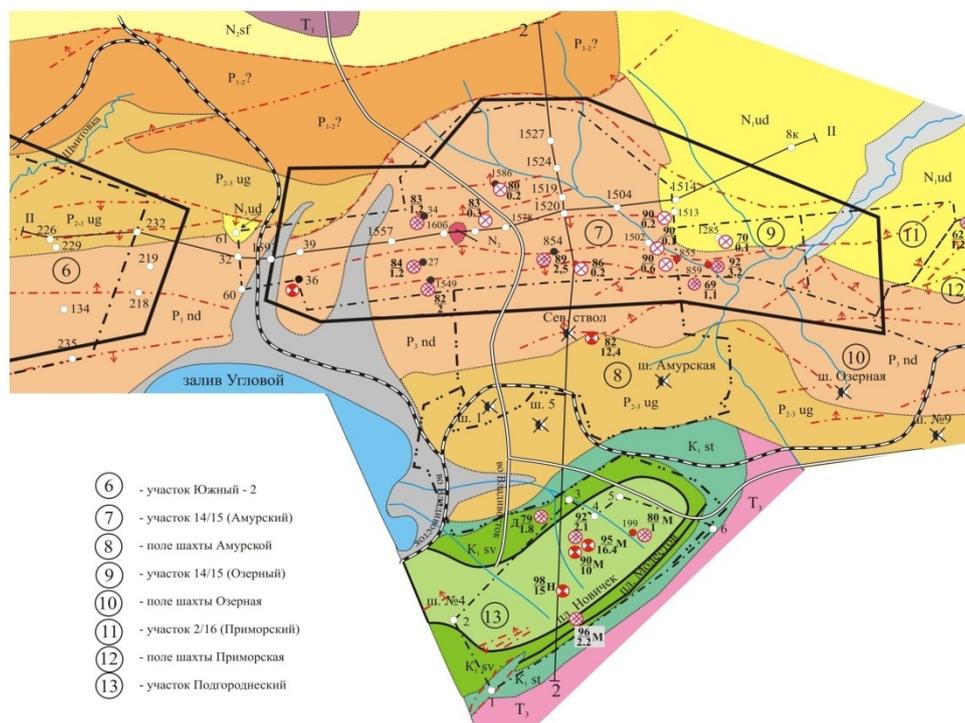


Рис. 3. Проявления газа (красные кружки) на Артемовском, Тавричанском месторождениях Угловского бурогоугольного бассейна и Подгородненском каменноугольном месторождении, в котором угольные пласты залегают в породах нижнего мела. Крестиком отмечены шахты и северный ствол шахты Амурская

Углегазовые сланцы. Фактически это разновидность сланцевых газов. Отличие состоит в том, что источником углеводородных газов и нефти являются некондиционные угленосные породы с пластами угля небольшой мощности и угленосные аргиллиты. Кроме того, углегазовые сланцы являются отходами (отвалами) при открытой разработке угольных месторождений. В этом случае можно использовать их как сырье для пиролиза в специальных установках. При определенных условиях (температуре, давлении, катализаторах) образуются жидкие и газообразные углеводороды.

Такая установка УП-48 сделана Куликовым Н.А. в Приморье. Установка сочетает в себе два основных физико-химических процесса: процесс газификации сырья для получения синтез-газа и процесс Фишера-Тропша, в котором на катализаторах из синтез-газа образуются жидкие углеводороды. Состав установки УП-48: блок газификации сырья; блок очистки и осушки газа; блок каталитического синтеза углеводородов. Установка УП-48 предназначена для переработки органосодержащего сырья в синтетическое жидкое топливо (СЖТ) и выработки тепла в виде горячей технической воды с температурой 85–90 °С. Производительность установки по углям различной степени углефикации составляет до 8000 т в год, по растительной биомассе и торфу – до 1600 т в год, синтетической нефти – 2400 т в год. Характеристика производимой продукции – элементный состав, в %: С – 87,0; Н – 12; О – 0,8; N>0,2; S-групповой углеводородный состав, в %: парафины – 40–60, нафтены – 20–25, ароматика – 20–25.

Биогаз. Образование биогаза рассмотрим на примере его изучения на свалке твердых бытовых отходов (ТБО) Горностай Приморского края. Полигон ТБО был размещен в одном из красивейших районов окрестности Владивостока, в районе бухты и поселка Горностай. Он начал действовать с 1967 г. и эксплуатировался с нарушением природоохранных и санитарно-гигиенических требований и наносил огромный экологический ущерб окружающей природной среде города. На полигоне складировались все виды бытовых отходов, в том числе химических производств. Через определенное время отходы частично возгорались, под действием тепла и микробов выделяли свалочные газы. В составе газов были метан (до 40–60%), углекислый газ (10–20%), сернистые газы, угарный газ СО и другие газы. Эти выделения газов загрязняли атмосферу, повышали опасность раковыми заболеваниями жителей близко расположенных к ТБО поселков и загрязняли акваторию Уссурийского залива поверхностными и подземными стоками с полигона. В начале 2011 г. по завершению

технического этапа рекультивации на полигоне ТБО г. Владивостока были оборудованы 8 дегазационных скважин (рис. 4). В период с апреля по май 2011 г. на них были проведены комплексные газогеохимические наблюдения (Яцук, Обжиров и др., 2012).

Международный опыт эксплуатации и рекультивации полигонов показывает, что единственный способ прекращения выделения в атмосферу биогаза – это его организованное удаление через систему скважин и коллекторов с последующей утилизацией и использованием в народном хозяйстве. Основным методом, обеспечивающим решение этой задачи, является: создание сети вертикальных газодренажных скважин, соединяющихся линиями газопроводов. В зависимости от количества скважин на полигоне ставятся коллектора для сбора газа, насосно-компрессорное оборудование для принудительной откачки газа и оборудование для предварительной очистки биогаза от сероводорода, углекислого газа, вредных примесей и влаги (для последующей утилизации).

В перспективе, собранный и очищенный биогаз может быть использован в различных областях народного хозяйства региона: в энергетике (с целью получения тепла и обогрева жилых и производственных помещений, теплиц и т. д.), химической промышленности (производство метанола) и в качестве бытового газа для нужд местного населения. Процессы образования биогаза на полигоне будут продолжаться десятки лет после его закрытия. Реализация мероприятий по сбору и утилизации газовыбросов полигона при должной организации позволит уменьшить выбросы в атмосферу, улучшит экологическое состояние окружающей среды, принесет экономическую и социальную пользу.



Рис. 4. Газогеохимическое исследование полигона ТБО «Горностай» в 2012 г.
Справа – выделение газа (как туман) из газодренажной скважины

Сланцевый газа и плотные коллектора. Многие специалисты – нефтяники относят их к категории некондиционных традиционных нефтегазовых месторождений. Разработка современных способов извлечения нефти и газа из них с использованием гидроразрыва и химических реагентов позволяет извлекать углеводороды из сланцев и коллекторов с низкой проницаемостью. Выше автор отмечал, что эти нетрадиционные источники углеводородов взаимосвязаны с традиционными залежами. Это две стороны одного процесса формирования нефтегазовых месторождений. Чем больше углеводородов осталось в сланцах и плотных коллекторах, которые за геологическую историю Земли не мигрировали в традиционные нефтегазоносные структуры-залежи УВ, тем больше возможность добыть их из сланцев и плотных коллекторов. При этом существует экологическая и экономическая проблемы. Химические реагенты, которые закачивают в пласт для повышения нефтегазоотдачи углеводородов, проникают в подземные водоносные горизонты и отравляют воду. В районе добычи не могут жить ни люди, ни животные. Гидроразрывы в сланцах могут спровоцировать сейсмические активизации и землетрясения. Поэтому добыча углеводородов из сланцев и плотных коллекторов требует дополнительного исследования их экономической необходимости и правовой возможности.

Заключение

Следует детальнее разобраться, что такое традиционные и нетрадиционные источники добычи углеводородов. Дело не только в терминологии. Надо понять, что это один и тот же источник УВ. Важно исходить из истории геологического развития изучаемого региона, бассейна, чтобы правильно оценить условия формирования традиционного и нетрадиционного месторождения углеводородов, поступление УВ из мантии, из органического вещества сланцев, их взаимное влияние и накопление в традиционных резервуарах. Все виды нетрадиционных источников УВ – газогидраты, угольный газ, углегазовый сланцевый газ, сланцевый газ, биогаз и газ плотных коллекторов – все они взаимосвязаны и создают традиционные нефтегазовые месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гресов А.И., Обжиров А.И., Коровицкая Е.В., Шакиров Р.Б. Метаноносность и перспективы освоения ресурсов метана угольных пластов бассейнов юга Дальнего Востока // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28, № 2. С. 103-116.

2. *Обжиров А.И.* Геологические особенности распределения природных газов на угольных месторождениях Дальнего Востока. М.: Наука, 1979. 70 с.
3. *Обжиров А.И., Телегин Ю.А.* Метан нефтегазосодержащих пород – основной источник формирования газогидратов в Охотском море // Газохимия. 2011. № 1. С. 44-49.
4. *Обжиров А.И., Мальцева Е.В., Гресов А.И., Котлярова О.С., Окулов А.К.* Углеродородный потенциал Приморского края // Горный журнал. 2013. № 4. С. 9-13.
5. *Обжиров А.И., Тагильцев А.А.* Пат. 2386015 РФ. Технологический комплекс для разработки газогидратных залежей в открытом море: № 2008149316/03; Заявл. 15.12.2008; Оpubл. 10.04.2010.
6. *Яцук А.В., Обжиров А.И., Гресов А.И., Коровицкая Е.В.* Геохимия и геоэкология твердых бытовых отходов // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря. Владивосток: Изд. дом Дальневосточного федеральн. ун-та. 2012. С. 426-438.