

Поиски газа ... во всех плотных породах

Looking for gas ... in all the tight places

Marlan W. Downey*

В данной статье представлено частное исследование, объясняющее кардинальные различия между традиционными коллекторами газа и залежами газа в плотных породах. Чтобы обеспечить высокий дебит, мы привыкли искать газ в породах, имеющих высокие пористость и проницаемость. Мы ищем богатые месторождения для экономического наращивания. Мы избегаем коллекторов газа с низкой проницаемостью.

Тогда зачем предпринимать новые поиски газа в плотных породах, если это само по себе является занимательным исследованием? Зачем кому-то вкладывать деньги в разработку коллекторов газа в плотных породах, а не традиционных бассейнов? («Газ в плотных породах» - это промышленный термин для обозначения таких пород, которые обогащены газом и испытывают недостаток в уровне свободной воды.) Инвесторов привлекают факторы, что для разведки таких пород не требуется дорогостоящей техники, существует лишь небольшой риск пробурить непродуктивную скважину и огромная протяженность пород. Такие залежи часто простираются на сотни квадратных миль. Они не ограничены зонами прекращения уровня свободной воды.

Разработка газа в плотных породах – это заманчивая цель для нефтедобывающих компаний, которые могут сэкономить за счет роста масштабов производства. Их инженеры могут сконцентрироваться на развитии производства, а сами компании находятся в таких условиях, когда газ можно продать без труда. Кажется, что такие коллекторы содержат огромные запасы углеводородов, но их распространение и особенности до сих пор недостаточно известны. Нам предстоит узнать о повышении коэффициента извлечения и дебита для этого типа коллектора.

Эти бассейны не просто более низкого качества, чем традиционные, они обладают поразительными свойствами, которые предписывают совершенствовать новые методы разведки и добычи.

Сравнение традиционных коллекторов газа с месторождениями газа в плотных породах

Диаметр устья поры типичного песчаника третичного периода в Мексиканском заливе в среднем составляет около 5 мкм; а для плотных пород – в 200 раз меньше (рис. 1). Присутствие газа в этих чрезвычайно маленьких порах – крайне знаменательное явление, и указывает на особый механизм расположения газа.

Я хотел бы сравнить особенности этих двух газовых коллекторов. Первый тип я назову – «Перемещение в низкоимпедансных (традиционных) коллекторах, а второй –



Рис. 1.

«Вытеснение в высокомпенсантные (плотные породы) коллекторы». Значение «импеданс» используется для описания задерживания флюида стратиграфической единицей. Два этих типа основаны на различном влиянии на газ - выталкивая его в пористые, проницаемые и связные коллекторы (низкий импеданс), или вытесняя газ из сопутствующей материнской породы непосредственно в горную породу: преимущественно в сланцы, плотные пески и проницаемые изолированные удлиненные линзы (высокий импеданс).

Традиционные коллекторы

После вытеснения газа из образующих материнских пород, он находится под давлением и представлен сплошными проницаемыми слоями, а избыточное газовое давление быстро рассеивается, поскольку в передаваемый слой, имеющий нормальное давление, проникает лишь небольшое количество углеводородов.

Газ под действием выталкивающих сил из материнских пород перемещается по восстанию пласта в слои или трещины до тех пор, пока не попадет в ловушку или не улетучится в атмосферу. В обычной системе проницаемых пластов-коллекторов, газ сможет перемещаться на большую величину, чем газ, оставшийся и формирующийся в материнской породе. Материнская порода опустится лишь через много миллионов лет на несколько тысяч футов, пройдя при этом генерационное окно. Скорость движения газа превосходит скорость формирования, и газ движется по восстанию пласта внутри передающих зон подобно редким легким плавунам, переходя от одной микро-ловушки к другой.

Неопровергнутое требование для образования значительных газовых месторождений – условия этой «обычной» обстановки, при которой залежи пополняются вследствие миграции на основе выталкивающей силы.

* E-mail: marlandowney@mindspring.com. 5902 Yardley Ct., Dallas, TX 75248.

Газ в Плотных Породах

Давление, скажем, 25 фунтов на квадратный дюйм, мигрирующего плавуна может втолкнуть газ только в самые крупные и хорошо связанные устья пор коллектора (рис. 2). Наличие газа в маленьких порах – это редкое и труднодостижимое явление, оно возможно только в случае значительной толщины пласта в куполе ловушки.

У нас достаточно опыта в изучении таких миграций и систем накопления традиционных бассейнов. И для таких «обычных» систем мы ожидаем увидеть:

- 1) Присутствие газа только в более крупных устьях пор.
- 2) Уровни свободной воды на границах купола в каждом месторождении.
- 3) Как правило, умеренное избыточное давление в продуктивном пласте выявлено только в мощных слоях газовых залежей.

Высокий импеданс (резервуар, полностью заполненный газом)

В материнской породе при формировании органического вещества существенно увеличивается давление (органическое вещество в дальнейшем переходит в нефть и газ). Это повышение вызвано увеличением объема, связанное с формированием углеводородов. Газ при высоком давлении из сформировавшейся нефтематеринской породы выталкивается даже в очень узкие устья пор примыкающих алевролитов и плотных песчаников, обладающих низкой проницаемостью и структурным постоянством (рис. 3).

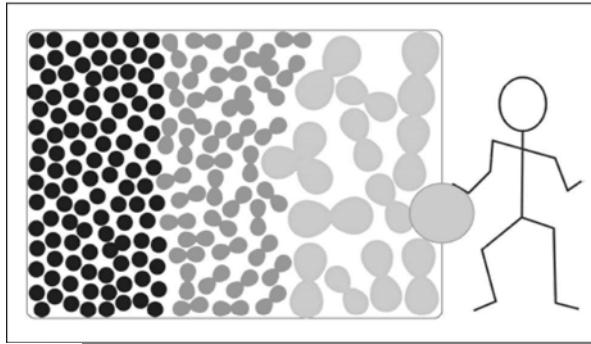


Рис. 2.

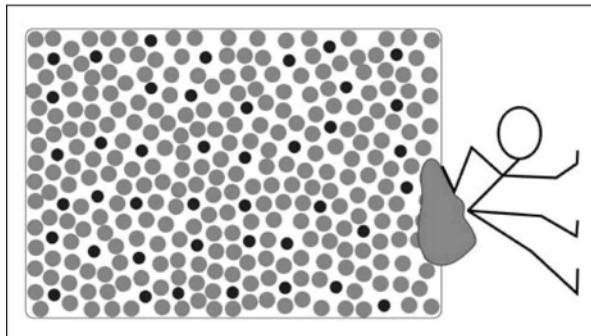


Рис. 3.

Чтобы понять природу таких необычных коллекторов плотных пород, важно количественно изучить структуру их пор. Лучший способ это сделать – выполнить специальные измерения давления капиллярного входа при высоком давлении. При введении ртути (несмачивающейся жидкости) в поровое пространство песчаника, более крупные поры заполняются при низком давлении, а небольшие поры – при более высоком. Итоговую кривую давления капиллярного входа можно преобразовать в кривую распределения диаметра пор. Предположения об округлости пор, угле контакта, равном 1400, для ртути относительно кварца и поверхностного натяжения ртути, равного 480 дн/см, дают величину диаметра пор, равную 0.214 мм, поделенную на входное давление ртути (измеряемое в фунтах на квадратный дюйм). На рис. 4 показаны два типичных примера коллекторов плотных пород; отмечаем, что ртуть не может проникнуть в эти поры при давлении меньше тысячи фунтов и более. Для сравнения показана типичная кривая давления капиллярного входа для традиционных песчаников в Мексиканском заливе.

Для наличия газа в очень узких порах плотных пород, необходимо исключительное давление, чтобы вытеснить газ в такие коллекторы. Это выталкивающее давление лишь постепенно рассеивается при движении газа по пласту, учитывая низкую пропускаемость окружающего разреза породы. В отличие от обычных месторождений скорость образования из газоносной нефтематеринской породы может и не отставать от скорости миграции. Коллекторы плотных пород всегда встречаются в глинистых породах (высокий импеданс), имеющих слабую проницаемость, так как непрерывный пласт-проводник быстро рассеет высокие вытесняющие давления из вытесняющей материнской породы.

Судя по образованиям, приходящим в буровой раствор, очень низкая проницаемость этих коллекторов дает возможность буровой коронке пройти через зоны, содержащие очень малое количество газа. Газ в буровом растворе обычно присутствует в малом количестве. Только после проведения операций по гидроразрыву пласта, становится очевидным, что скважина пробурила значительное месторождение газа, находящегося в плотных породах.

В таких полностью заполненных газовыми коллекторах с высоким импедансом мы ожидаем увидеть:

- 1) Наличие газа в очень маленьких порах.
- 2) Общее отсутствие производимой воды.

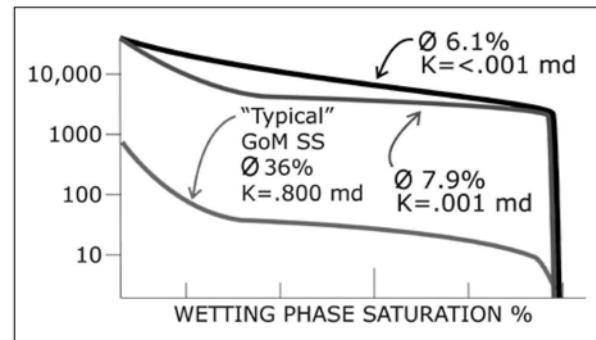


Рис. 4.

- 3) Избыточное давление колеблется от средних до высоких значений.
- 4) Обычно плохая целостность и пропускаемость продуктивных пластов.
- 5) Хорошая связь со сформировавшейся материнской породой, из которой вытесняется газ.

Работы по добыче газа в плотных породах

Газовая промышленность получила огромные возможности благодаря полностью заполненным коллекторам газа в плотных породах, поскольку исследования перемещаются от месторождений, находящихся в шельфовых условиях, к глинистым. А ведь мы избегали раньше этот класс коллекторов.

В таких условиях, наличие структурных ловушек не имеет роли, а сейсмике отводится скромная роль в поисковом этапе. Эти коллекторы залегают в прогнозируемых геологических районах, правда, их легче найти, чем разрабатывать. Повышение добычи благодаря возбуждению притока в скважину или специальными техниками бурения - экономически целесообразно. Небольшие усовершенствования, направленные на улучшение качества коллектора, значительно повышают дебит скважины; а сейсмический атрибутный анализ – мощный инструмент для развития «наилучших частей» коллектора. Работа, написанная Харрисом и О'Брайаном (см. в этом выпуске журнала *First Break*), показывает задачи и возможности стратиграфической геофизики.

Такие полностью заполненные бассейны должны иметь доступ к материнским породам, выталкивающим газ. Этот прямой доступ к сформировавшимся материнским породам означает, что заполненные коллекторы находятся вдоль широкого крыла структур или даже в центре характерных бассейнов. Коллекторы плотных пород предельно связаны со стратиграфией высокого импеданса, прерывистыми бассейнами и газом, приходящим от близко расположенных материнских пород при изменениях температур $VR > 1.0$ (рис. 5).

Пример разработки газа в плотных породах

Нефтеносная порода области Bossier на востоке Техаса демонстрирует пример газа в плотных породах. Сотни скважин пробурили прерывистый коллектор толщиной 300-500 футов, но почти все границы месторождения до сих пор не определены. В этом слое обнаружили лишь очень малое количество воды. Пластовое давление изменяется от чуть выше гидростатического давления до значений около 0.7 psi/фут. Первые скважины

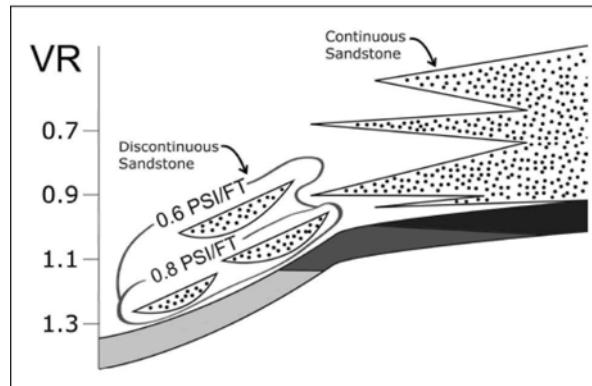


Рис. 5.

после интенсификации притока показали дебит 1-2 млн. куб. футов газа в день, а предполагаемые запасы были оценены в 2 млрд. куб. футов газа на площади 40 акров при глубинах бурения 10,000-12,000 футов. Такие скважины являются рентабельными благодаря хорошим ценам на газ, ничтожного количества сухих скважин, соответствующего бурения и стоимости заканчивания скважин.

В течение последних двух лет продолжающееся исследование области Bossier открыло более глубокие пески Bossier с пластовыми давлениями, достигающими 15,000 psi на глубинах 16,500 футов. Текущий дебит оценивается в среднем в 15 млн. куб. футов газа в день (вплоть до 50 млн. куб. футов газа в день) при значительных характеристиках месторождения. Глубокий коллектор плотных пород области Bossier сейчас считается одним из наиболее крупных месторождений, открытых за последнее десятилетие в прибрежной части США. Область была названа «Amoguso» в честь геолога, открывшего это месторождение.

Шкала возможностей

В бассейнах Аппалачей, MidContinent и Скалистых гор несколько сотен трлн. куб. футов газа доступны для будущей разведки. Около 200 трлн. куб. футов газа можно разрабатывать существующими технологиями и продавать по сегодняшним ценам. Другие 450 трлн. куб. футов газа, в конечном счете, можно получить, разрабатывая коллекторы плотных пород, примыкающих к США. Это будет следующим вызовом для людей нашей профессии.