



**Р.Г. Джамалов**

д-р геол.-мин. наук, академик РАН  
институт водных проблем РАН  
заведующий лабораторией  
dzhamal@aqu.laser.ru

# Сланцевый газ: технология добычи и ее влияние на окружающую среду

с целью обеспечения экологической и пожарной безопасности нарушенных земель

*Автор приводит данные о запасах сланцевого газа в странах мира, динамике его добычи в США, рассматривает специфику технологии его добычи и ее влияние на геолого-гидрогеологические условия окружающей среды*

*The author provides the data on stocks of slate gas in the countries around the world and trends in its extraction in the USA. The writer considered specificity of technology of gas's extraction and the influence on geological-hydrogeological conditions of an environment*

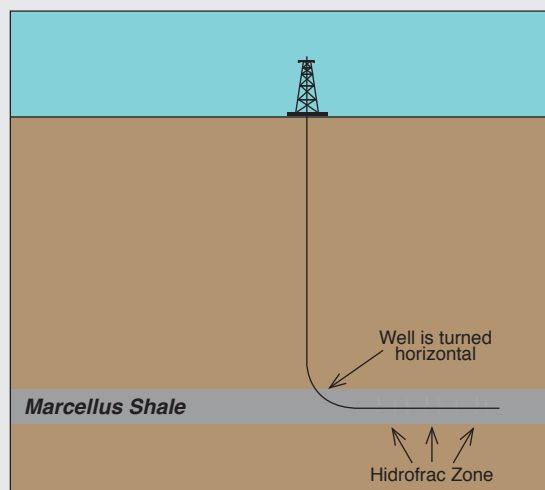
**Ключевые слова:** сланцевый газ, скважина, окружающая среда  
**Keywords:** slate gas, chink, environment

**С**ланцевый газ (*shale gas*) – природный газ, состоящий, в основном, из метана и его гомологов с примесями сероводорода, углекислого газа, азота, водорода и гелия. Его добывают из трещин и небольших пустот (карманов) в сланцевых породах.

Сланец – широко распространенная осадочная порода, сложенная преимущественно из глинистых минералов, имеющая включения карбонатных новообразований и, как правило, содержащая органические вещества (ОВ). Сланцы одновременно и материнская порода, и пласт-коллектор для газа. Их отличает повышенная плотность, низкая пористость и низкая трещинчатость.

В связи с низкой трещинчатостью материнская сланцевая порода на месторождении обычно содержит только 2–5% ОВ. При коэффициенте отдачи в 20% извлекаемые ресурсы газа составляют от 0,04 до 0,6 млрд м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>, но за счет больших площадей сланцевых залежей его добыча становится рентабельной.

**Рис. 1.**  
Общая схема технологии проходки скважины для добычи сланцевого газа [1]



В связи с низкой скважностью (пористостью) сланцевых пород добыча из них газа предусматривает бурение множества скважин, каждая из которых обычно имеет невысокую производительность (дебит). Для ее повышения используют метод гидроразрыва пласта (ГРП), технология которого требует использования большого объема композиционного раствора – водно-песчаной смеси с органическими (химическими) добавками. Кроме того, для увеличения производительности скважин бурение проводится не только вертикально, но и горизонтально уже внутри продуктивного пласта. Буровой снаряд постепенно отклоняется от вертикали, пока отклонение

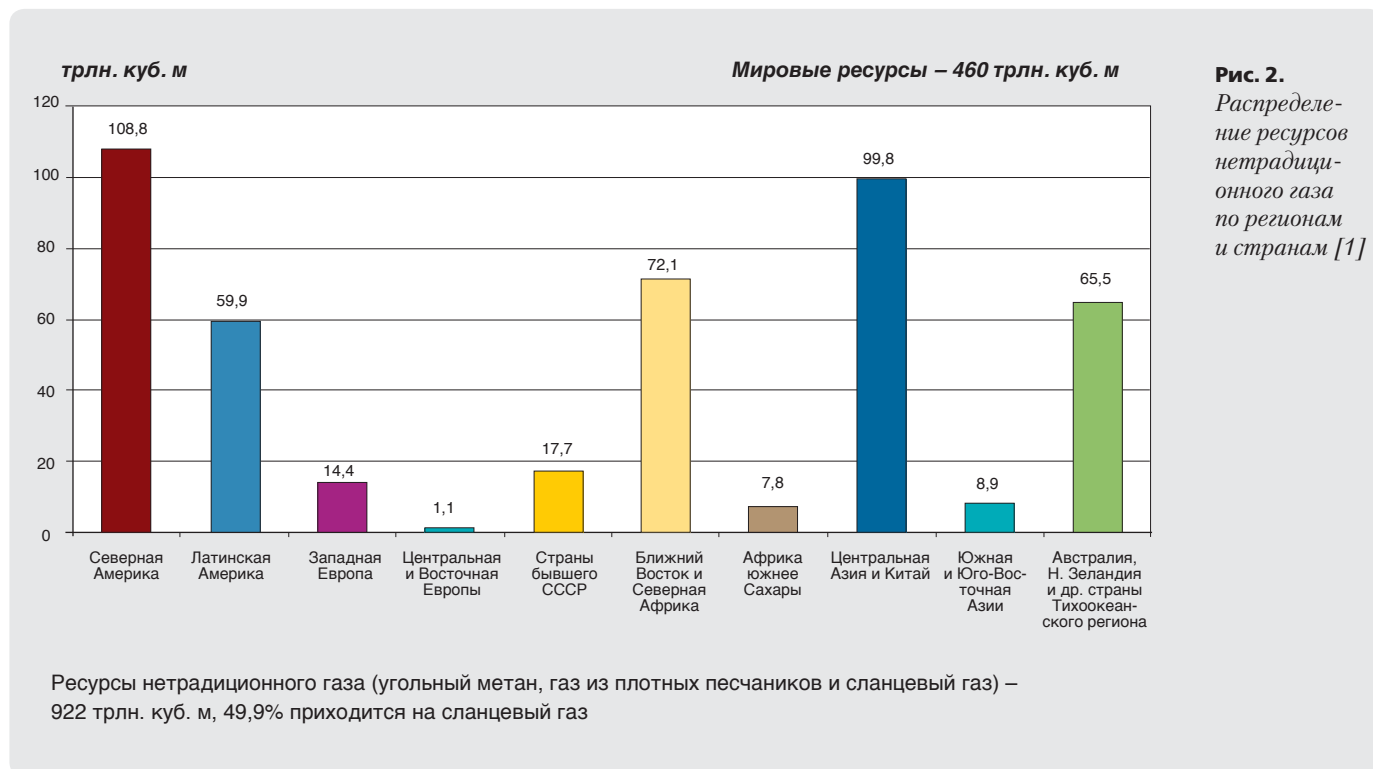
не достигнет 90°, затем проходка идет параллельно земной поверхности. Таким образом достигается большая площадь контакта разбуренной и продуктивной зоны пласта (рис. 1). Такая технология позволяет отказаться от бурения множества малопродуктивных вертикальных скважин.

В США наиболее известные залежи сланцев (*Barnett, Haynesville, Fayetteville u Marcellus*) простираются на десятки тысяч квадратных километров и содержат крупные запасы природного газа. В конце 2009 г. американский *Potential Gas Committee* объявил о радикальной переоценке запасов природного газа в США, увеличив их с 36,8 до 52 трлн м<sup>3</sup> (из них 17,4 трлн м<sup>3</sup> – сланцевый газ). Аналогичный пересмотр резервов газа можно провести и в других странах. «Сланцевый бум» постепенно охватывает Европу, значительные запасы газосодержащих сланцев найдены в Польше, Франции, Нидерландах, Швеции, других европейских странах. Обнаружены залежи газосодержащих сланцев и на других континентах. По некоторым оценкам мировые ресурсы сланцевого газа составляют 460 трлн м<sup>3</sup>. Большие залежи газосодержащих сланцев есть и в России (рис. 2, табл. 1).

Известно, что запасы нефти и природного газа постепенно истощаются. Ряд специалистов полагает, что в будущем их может заменить сланцевый газ. Прогнозные ресурсы этого сырья оцениваются в 930 трлн т. Потенциальные запасы заключенной в них сланцевой смолы, из которой получают бензин, мазут, а также широкий спектр продукции для нефтехимического комплекса, достигают 53 трлн т, что во много раз превышает мировые запасы углеводородов.

Первая газовая скважина в сланцах была пробурена еще в 1821 г. в США В. Хартом (*William Hart*), однако масштабное промышленное производство сланцевого газа началось лишь в начале 2000-х гг. Первая горизонтальная скважина была пробурена в 2002 г. на месторождении *Barnett Shale* (США). Благодаря резкому росту добычи газа в 2009 г. США стали мировым лидером в этой отрасли: было добыто 745,3 млрд м<sup>3</sup>, более 40% этого объема приходилось на нетрадиционные источники – метан из угольных пластов и сланцевый газ.

Объем добычи сланцевого газа в США в 2009 г. составил 81 млрд м<sup>3</sup>, (около 14% от общенационального показателя), из которых около 70% пришлось на залежи *Barnett*. Планируемая годовая добыча – 86,1 млрд м<sup>3</sup>. В 2020 г. в Северной Америке будет добываться



**Рис. 2.** Распределение ресурсов нетрадиционного газа по регионам и странам [1]

900 млрд м<sup>3</sup> газа в год (в 2000 г. добыча составляла 723,5 млрд м<sup>3</sup>). Большая часть прироста будет обеспечена благодаря именно сланцевому газу, за счет которого США сумели в течение нескольких лет почти полностью отказаться от импорта природного газа из других стран.

Следует, однако, заметить, что по одной из версий, министерство энергетики США завысило объемы добычи газа в стране, в связи с чем данные по 2009 г. могут быть снижены на 10–12%. В то же время в России добыча газа в первом квартале 2010 г. увеличилась на 18,3%. Возможно, в ближайшее время выяснится, что никакого «газового чуда» в США не произошло.

Затраты на добычу составляют в среднем всего около \$100 за 1 тыс. м<sup>3</sup>. Это может вызвать пересмотр цен на газовом рынке – сначала американском, а затем и мировом. По расчетам некоторых российских аналитиков, при падении цены за кубометр газа до \$200–250 разработка Штокмановского месторождения в Баренцевом море и новых залежей на полуострове Ямал станет нерентабельной.

Ряд экспертов полагают, что сланцевый газ обходится значительно дороже, и добывающие компании искусственно занижают его себестоимость. По их мнению, реальные затраты на добычу сланцевого газа составляют \$212–283 за 1 тыс. м<sup>3</sup>, в связи с чем он может не оправдать связанных с ним надежд. По состоянию на конец 2008 г. на залежи *Barnett*

**При больших объемах закачиваемой технологической смеси (как правило, на каждую скважину требуется 900–1000 т смеси с нефтью и ее производными) возникает реальная опасность загрязнения подземных вод питьевого назначения**

пробурено около 12 тыс. скважин, каждая из которых с учетом всех затрат обходилась более чем в \$3 млн. Извлекаемые запасы горизонтальных скважин составили всего 22,9 млн м<sup>3</sup> и оказались в три с лишним раза ниже, чем планировалось.

Продуктивность скважин начала падать с 2003 г.: если в начале работ она составляла около 32,3 млн м<sup>3</sup> на скважину, то к 2008 г. снизилась до 16,7 млн м<sup>3</sup>. Если средний «срок жизни» газовых скважин на традиционных (обычных) месторождениях составляет 15–40 лет, то на месторождении *Barnett* около 15% пробуренных скважин уже через 5 лет исчерпали свой ресурс. Средний «срок жизни» скважины на *Barnett* при добыче сланцевого газа не превышает 8–12 лет. Фактически, при добыче сланцевого газа необходимо непрерывно бурить новые скважины взамен выбывающих, что значительно увеличивает себестоимость газа.

Стоит отметить, что в «просторной» Америке существует реальная возможность бурить тысячи скважин на участках в тысячи квадратных километров. Однако привлекательность существующих технологий по добыче сланцевого газа резко уменьшается в густонаселенной Европе с реальным дефицитом свободных площадей.

### Экологические аспекты добычи сланцевого газа

Гидравлический разрыв пласта связан с закачкой смеси воды, песка и химических веществ в газоносные породы под высоким давлением (500–1500 атм.). В результате на протяжении нескольких десятков метров формируется дополнительная система трещин, что способствует повышению производительности скважин. Нагнетаемый в скважину крупнозернистый песок предотвращает смыкание трещин при снижении давления в пласте.

Ежегодно для проведения ГРП на месторождении *Barnett* требуется 7,1 млн т песка и 47,2 млн т воды. Кроме песчано-водной смеси в растворе, используемом для ГРП, присутствуют (порядка 1,5%) химические добавки, относящиеся, как правило, к канцерогенам. Тем не менее, в качестве добавок компании могут использовать любые типы жидкостей, кроме дизельного топлива. Однако крупнейшие компании систематически нарушали даже это условие. Так, компания *Halliburton* признала, что в 2005 и 2007 гг. использовала более 800 тыс. галлонов жидкостей, содержащих дизельное топливо в той или иной комбинации.

При больших объемах закачиваемой технологической смеси (как правило, на каждую скважину требуется 900–1000 т смеси с нефтью и ее производными) возникает реальная опасность загрязнения подземных вод питьевого назначения. Подобная ситуация уже возникла в американском штате Вайоминг, где находится одна из крупных сланцевых залежей. Здесь закачиваемые химические вещества обнаружены в окрестных водозаборных скважинах.


Масштаб возможного загрязнения подземных вод вызывает серьезные опасения, ведь для добычи сланцевого газа требуется скважин в 100 раз больше, чем при эксплуатации месторождений обычного газа.

Таблица 1

Ресурсы горючих сланцев (по данным МЭА и ОПЕК)		
Страна	Достоверные разведанные запасы, млрд т	Уровень использования, %
США и Канада	290	38
Бразилия	115	22
КНР	28	78
Россия	5,2	63
Эстония	6,8	82
Конго (Заир) и Марокко	29	6
Австралия	25,4	43
Беларусь	4,6	5

Примерно 30–50% закаченной для ГРП воды остается под землей. Если в пласте осталось, например, 1200 т воды с песком, то земная поверхность в зоне дренирования скважины площадью 64 га должна приподняться на величину 2,2 мм. Долговременная эксплуатация месторождения газа может привести к подъему отдельных участков земли через год на 6,6 мм, через 5 лет — на 30,3 мм. При более густой сетке расположения скважин (16 га/скв.) суммарный подъем может составить 130,2 мм.

Подъем поверхности земли будет особенно активен вдоль горизонтального ствола скважин с ГРП. Одновременно на других участках может происходить оседание пород за счет изъятия газа. В результате могут произойти техногенные подвижки различных участков территории месторождения на десятки сантиметров. Подобные рост либо снижение давления в неглубоко залегающих пластах приводят к перераспределению в них напряжений и возможным подвижкам — оползням, особенно в случае расположения выше по разрезу глинистых отложений. Не исключено образование эпицентров техногенных землетрясений. Даже если сила подобных землетрясений не превышает 2–3 баллов, они обычно сопровождаются оползнями, что существенно затрудняет строительство в прилегающих районах.

Следует также учитывать, что в используемых для ГРП химических растворах могут содержаться нежелательные или даже опасные бактерии. На сегодняшний день серьезные исследования величины выбросов в атмосферу вредных веществ в ходе добычи газа из сланцев не проводились. 

### Литература

- [1. http://energyfuture.ru/faq-ot-energyfuture-ru-po-slancevomu-gazu](http://energyfuture.ru/faq-ot-energyfuture-ru-po-slancevomu-gazu)
- [2. http://www.ruspred.ru/arh/02/14rr.html](http://www.ruspred.ru/arh/02/14rr.html)