

# Сланцевый пирог

Технологические и экологические ограничения не останавливают разработчиков на пути освоения сланцевого газа

Сергей Ким



Сланцевый природный газ (англ. natural shale gas) — природный газ, добываемый из горючих сланцев, так называемых нетрадиционных источников, состоит преимущественно из метана. Примечателен тот факт, что сланцевые залежи встречаются практически на всех континентах

В мае 2012 года эксперты МЭА сообщили, что в 2035 году Россия не будет являться лидером по добыче природного газа, окончательно уступив эту позицию Соединенным Штатам. Тем временем, уже в 2009 году, благодаря сланцевой альтернативе, США обошли Россию по объемам добычи природного газа. Согласно прогнозам агентства, в РФ в 2035 году будет добыто 784 млрд куб. м газа, а в США — 821 млрд куб. м. Третьим по значимости производителем газа станет Китай, где добыча голубого топлива в ближайшие 25 лет вырастет почти в пять раз. Существенно нарастят объемы добычи Австралия, Индия, Индонезия, а также страны Африки и Ближнего Востока. А вот в странах Евросоюза объемы добычи газа снизятся. И это при том, что потребность в газе в Европе будет только расти и составит к 2035 году почти 700 млрд куб. м в год.

Сегодня у экспертов складывается мнение, что в полной мере насладиться «сланцевым пирогом» удастся все-таки немногим странам. Однако появление нового альтернативного источника углеводородов, особенно для энергетической

сферы, от которой зависит стабильное функционирование любой экономики, не дает покоя правительствам многих стран.

## Технология добычи

Сланцевый газ является разновидностью природного газа, образовавшегося в недрах Земли в результате анаэробных процессов разложения органических веществ.

Сланцевый газ является смесью газов, в его составе преобладает метан, но присутствуют также этан, бутан, пропан и углеводородные соединения (сероводород, водород, диоксид углерода, гелий, азот).

Первая коммерческая добыча газа сланцевого месторождения была осуществлена в 1821 году в США на месторождении Fredonia, New York. Промышленная добыча сланцевого газа в США началась в 2000 году.

Газы в сланцах сконцентрированы в небольших газовых коллекторах, кото-

рые рассредоточены по всему сланцевому пласту, при этом сланцевые месторождения занимают огромные территории. Объемы газа зависят от толщины и площади сланцевого пласта.

Высокая себестоимость добываемого из сланцев газа первоначально была связана с тем, что для его поиска бурились многочисленные вертикальные скважины, проводился гидроразрыв пласта, и затем откачивался газ. Сочетание вертикального и горизонтального бурения начали использовать только, начиная с 1992 года. Первым экспериментально-промышленным газсланцевым месторождением стало Barnett Shale, находящееся в США в штате Техас, где в 2002 году началось промышленное горизонтальное бурение скважин компаниями Devon Energy и Chesapeake Energy. Применение горизонтального бурения значительно сократило себестоимость добываемого газа.

Современная технология добычи сланцевого газа подразумевает бурение одной вертикальной скважины и нескольких горизонтальных скважин длиной до 2–3 км. В пробуренные скважины закачивается смесь воды, песка и химических, в результате гидроудара разрушаются стенки газовых коллекторов, и весь доступный газ откачивается на поверхность. Процесс горизонтального бурения проводится посредством инновационной методики сейсмического моделирования 3D GEO, которая предполагает сочетание геологических исследований и картирования с компьютерной обработкой данных, включая визуализацию. При бу-

**Благодаря сланцевой альтернативе, США обошли Россию по объемам добычи природного газа в 2009 году.**

рении горизонтальной скважины важно соблюдать правила бурения, например, выбор правильного угла бурения, соответствующий углу наклона сланцевого пласта. Скважина должна пролегать исключительно в толще сланцевого пласта на достаточном расстоянии от его границ, в противном случае метан мигрирует через трещины и другие отверстия в верхний слой осадочных пород.

Газовые коллекторы в сланцевом пласте также имеют свои отличия и могут быть сконцентрированы:

- в порах сланца аналогично скоплению газа в плотном песке,
- возле источника органических веществ подобно метану в угольных пластах,
- в виде скоплений в природных переломах.

Газ всегда мигрирует из области высокого давления в область низкого давления, поэтому технология газодобычи основана на создании областей с переменным давлением. При этом используется горизонтальное бурение с мультиотводами на одной глубине, а также многоступенчатые горизонтальные скважины с длиной горизонтального отвода до 2 км.

Опыт добычи газа в американских сланцевых бассейнах показывает, что каждое месторождение требует индивидуального научного подхода, так как имеет уникальные геологические особенности, характеристики эксплуатации, а также проблемы добычи.

Качественным показателем газовой эффективности сланца является содержание керогена, то есть углеродсодержащей органики. К наиболее термически зрелым сланцам относят месторождения «сухого газа» типа III с керогеном, менее термически зрелые месторождения относятся ко II типу (при добыче газ поступает с примесью конденсата). Менее зрелые сланцы с керогеном I типа являются нефтеносными, то есть содержащими нефть.

Таким образом, наиболее ценными являются толстые и термически зрелые сланцы. Существует целый набор геохимических параметров, которые обуславливают условия добычи сланцевого газа, и, соответственно, определяют себестоимость процесса и цену продукта. Прежде всего, существенное влияние на себестоимость добычи газа оказывает содержание глины в жестких песках, которая погло-

щает энергию гидроразрыва, что требует увеличения объема используемых химикатов. Каждое месторождение включает диоксид кремния, чем его меньше, тем выше себестоимость добычи газа.

Наиболее выгодными считаются «хрупкие» сланцы с большим содержанием диоксида кремния, эти месторождения содержат естественные переломы и трещины. Наиболее сложными для бурения считаются месторождения с высоким давлением в породах, а также с его значительными скачками.

### Недостатки технологии

Как показала практика эксплуатации скважин, технология добычи сланцевого газа имеет целый ряд особенностей. Так, технология гидроразрыва пласта предус-

матривает наличие крупных запасов воды вблизи месторождений: для одного гидроразрыва используется смесь воды (около 7,5 тыс. т), песка и химикатов. В результате вблизи месторождений накапливаются значительные объемы отработанной сточной воды, которая не утилизируется с соблюдением экологических норм.

Сланцевые скважины имеют гораздо меньший срок эксплуатации, и быстрее истощаются, чем скважины традиционного природного газа.

Составы химических смесей для гидроразрыва компании держат в секрете, но согласно отчетам экологических организаций, добыча сланцевого газа приводит к значительному загрязнению грунтовых вод толуолом, бензолом, диметилбензолом, этилбензолом, мышьяком и др. Для

одной операции гидроразрыва требуется от 80 до 300 тонн химикатов.

При добыче сланцевого газа имеют место значительные потери метана (3,6–7,9%), что способствует усилению парникового эффекта.

Для организации процесса добычи требуется использование тяжелого транспорта, что ухудшает состояние дорожного покрытия и приводит к превышению санитарных норм уровня шумового воздействия. Имеются также предварительные данные о повышении сейсмической активности на территориях, где добывают сланцевый газ.

Добыча сланцевого газа рентабельна только при наличии спроса и высоких цен на газ, так как себестоимость сланцевого газа еще недавно находилась в диапазоне 100–285 долларов за 1000 куб. м,

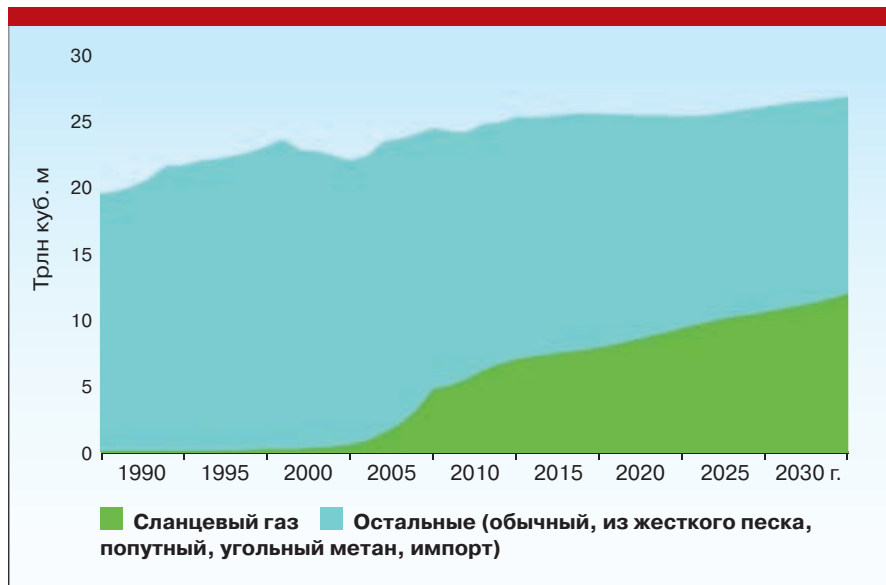
### Для одной операции гидроразрыва пласта необходимо использование около 7,5 тыс. т воды.

при этом желательно исключать дальнюю транспортировку до потребителей.

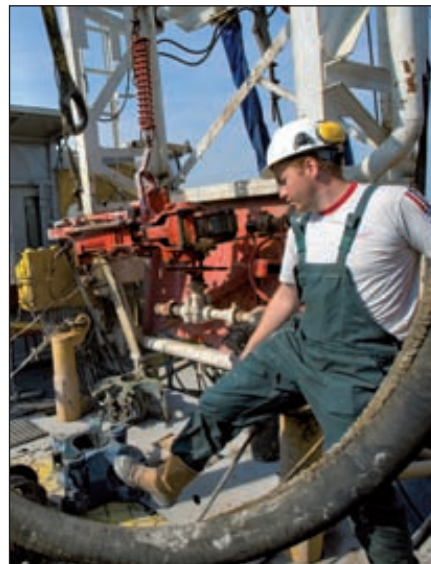
Химические смеси, которые используют компании в процессе работы, могут содержать до 85 наименований токсичных веществ, среди которых:

- соляная кислота, растворяющая минералы;
- этиленгликоль, используемый для предотвращения «зарастания» труб;
- изопропиловый спирт, гуаровая камедь и борная кислота — загустители и вещества, поддерживающие вязкость;
- глютаральдегид и формамид, защищающие от коррозии;
- легкие фракции нефти, используемые для снижения трения;
- пероксодисульфат аммония, предотвращающий распад гуаровой камеди;

Рис. 1. Извлекаемые запасы сланцевого газа в США



Источник: EIA



С 2000 по 2009 год объем сланцевого газа в газодобыче США вырос в семь раз — с 2 до 14%

## Технология гидроразрыва пласта

Теоретические основы технологии гидроразрыва пласта были разработаны в 1953 году академиком С. А. Христиановичем совместно с Ю. П. Желтовым в Институте нефти АН СССР. Первые экспериментальные разработки в области газодобычи из сланца начали проводиться компанией Mitchell Energy&Development во главе с Джорджем П. Митчеллом с 1980 года в США. Полигоном для испытаний технологии горизонтального бурения стало месторождение Barnett Shale, США. В этом же направлении с 1989 года работал Том Л. Уорд и его компания Chesapeake Energy, которая в настоящий момент разрабатывает месторождения в Barnett Shale, Fayetteville Shale, Marcellus Shale, Haynesville Shale (США). Для разработки эффективной технологии горизонтального бурения с гидроразрывом пласта понадобилось около 20 лет экспериментов.



Буровая установка на месторождении сланцевого газа, США

- хлорид калия, препятствующий протеканию химических реакций между жидкостью и грунтом;
- карбонат натрия или калия — для поддержки кислотного баланса.

Из отмеченных недостатков технологии добычи сланцевого газа именно экологическая проблема — образование больших объемов сточных вод — является наиболее острой для развития сланцевой добычи в густонаселенных районах. Несмотря на то, что гидроразрывы проводятся гораздо ниже уровня грунтовых вод, возможно заражение токсичными веществами почвы, грунтовых вод и воздуха. Это происходит за счет просачивания химических веществ через трещины, образовавшиеся в толще осадочных пород, в поверхностные слои почвы.

Также следует отметить, что наиболее ценные сланцевые месторождения, сформировавшиеся в палеозойской и мезозойской эре, имеют высокий уровень гамма-излучения, который коррелирует с термической зрелостью сланцевого месторождения. В результате гидроразрыва радиация попадает в верхний слой осадочных пород и в районах сланцевой добычи газа в некоторых случаях наблюдается повышение общего радиационного фона.

## ТОП-10

Оценки экспертов об объемах мировых запасов сланцевого газа значительно расходятся. Так, по данным американского агентства Energy Information Administration (EIA), представленным в отчете 2011 года,

мировой объем залежей альтернативного газа превышает 187 трлн куб. м, при этом разведанные запасы составляют около 36 трлн куб. м. Эксперты International Energy Agency (IEA, Франция) отмечают, что пока разведанные запасы сланцевого газа не превышают 4–5 % от суммарных запасов природного газа.

## США

Несомненное лидерство по объемам производства сланцевого газа удерживают по-прежнему США, по запасам сланцевого газа на первое место вышел Китай, крупными месторождениями располагают также Аргентина, Мексика, Юж-

о первых попытках сообщалось еще в 1821 году. Новый этап в промышленной добыче начался в 1981 году в Северном Техасе (Пенсильвания). Первая горизонтальная скважина с использованием технологии гидроразрыва была применена в 2002 году, а в 2009 году, именно благодаря сланцевой альтернативе, США уже обошли Россию по объемам добычи природного газа.

Однако и в США, после резкого увеличения объемов добычи сланцевого газа, ситуация изменилась: цена на природный газ в 2011 году снизилась до 140 долл./1000 куб. м (вместо 180–240 долларов), что привело к закрытию 1,7 % действующих скважин. К весне 2012 года цена на газ в США уже снизилась

**За три года продажная цена газа в США снизилась с 240 до 70 долларов за 1000 куб. м.**

ная Африка, Австралия, Канада, Ливия, Бразилия и другие страны.

Следует отдать должное Соединенным Штатам, которые, несмотря на скептические прогнозы, достигли мирового признания в области добычи сланцевого газа. Однако успех США на сланцевом поприще объясняется не столько технологическим прорывом, сколько совпадением нескольких факторов — это и технология, и политика обеспечения энергетической безопасности страны, и благоприятная конъюнктура, и льготная система налогообложения на добычу углеводородного сырья из нетрадиционных источников.

В США сланцевый газ в небольших количествах добывали достаточно давно —

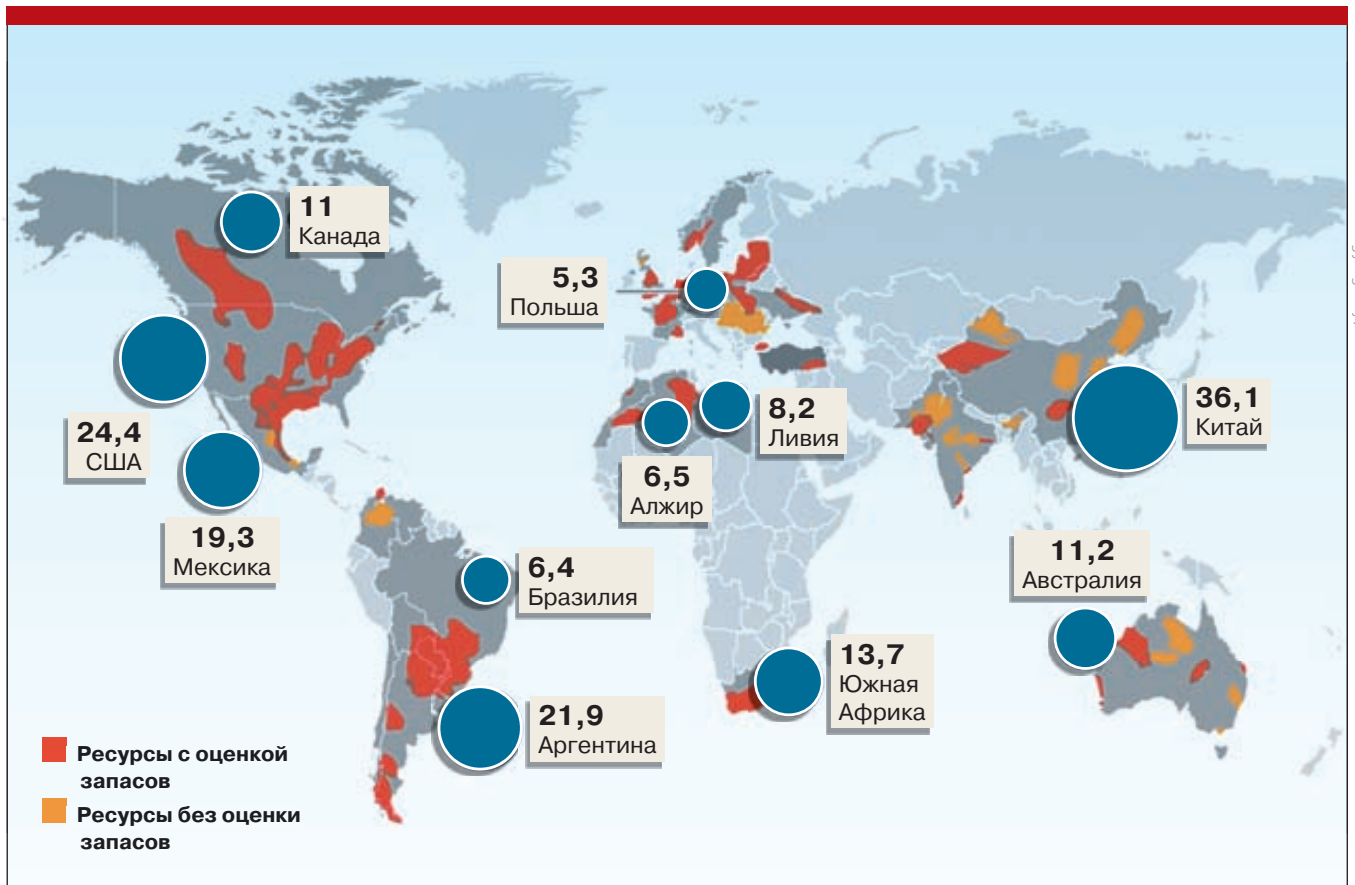
до 70 долл./1000 куб. м, и многие компании сегодня бурят и добывают газ себе в убыток, чтобы сохранить лицензии на добычу в надежде на рост цен.

Крупные игроки сообщают о снижении объемов добычи и ухудшении финансовых показателей. Так, Chesapeake Energy Corp. объявила о сокращении производства на 8 %, снижении капитальных вложений в бурение на 70 % и продаже активов на 12 млрд долларов. Компания Statoil сокращает объем вложений в разработку месторождений сланцевого газа Marcellus Shale (Пенсильвания, США). Британская BG объявила о планируемом сокращении операционной деятельности по добыче сланцевого газа в Северной

Рис. 2. Добыча сланцевого газа



Рис. 3. Крупнейшие обладатели теоретически извлекаемых запасов сланцевого газа (трлн куб. м)





По мнению некоторых экспертов, сланцевый газ не сможет заменить газ традиционный и будет выступать лишь как альтернативный энергоресурс

Америке, а британо-австралийский крупнейший горнодобывающий концерн BHP Billiton из-за падающих цен на газ сообщил об ожидаемых убытках в размере 5 млрд долларов.

Кроме того, многие горнодобывающие компании для реализации сланцевых проектов привлекали крупные заемные средства, которые сейчас приходится возвращать.

### К 2015 году производство сланцевого газа в Китае достигнет 6,5 млрд куб. м.

В результате переизбытка предложения и резкого снижения цен на внутреннем газовом рынке США приходится в форсированном режиме строить газовую инфраструктуру для возможного экспорта на внешние рынки. Это достаточно продолжительный процесс, и многие американские компании могут «не дотянуть» до счастливого момента.

Есть еще одна проблема — экология и сохранение качества питьевой воды. Еще в 2010 году Управление по охране окружающей среды США (US Environmental Protection Agency) объявило о начале масштабного изучения потенциального влияния технологии гидравлического разрыва пласта на качество питьевых подземных вод. Ожидается, что первые результаты исследования будут получены к концу 2012 года, а выпуск подробного отчета намечен на 2014 год. Не дожидаясь официальных результатов, некоторые штаты ввели временный мораторий на добычу сланцевого газа таким методом.

### Китай

Одной из целей при добыче сланцевого газа в Китае является замена угля, традиционного китайского топлива, на ко-

тором работает 70 % мощностей национальной энергетики. В Поднебесной доля газа составляет только 3,5 % (в США этот показатель находится на уровне 23 %, в России — 53 %).

Китай обладает значительными ресурсами сланцевого газа, причем залежи горючего сланца распределены по всей территории страны. В конце 2011 года сланцевый газ был официально признан в Китае самостоятельным минерально-сырьевым ресурсом. Весной 2012 года Государственное энергетическое управление КНР обнародовало план развития добычи сланцевого газа на 2011–2015 годы, согласно которому в течение ближайших 4 лет будут разведаны 600 млрд куб. м сланцевых пород и 200 млрд куб. м технически доступных ресурсов сланцевого газа. К 2015 году производство сланцевого газа может достичь 6,5 млрд куб. м.

Согласно статистическим данным, в середине 2 квартала 2012 года китайские компании пробурили 63 скважины по добыче сланцевого газа, из них только на 30 скважинах было налажено производство.

Для Китая, в условиях растущих потребностей в углеводородах, наличие собственного альтернативного энергоресурса весьма важно, однако правительство страны серьезно озабочено опасностью загрязнения подземных вод

и высоким риском проседания почвы, которые может повлечь за собой разработка сланцевых месторождений. Поэтому дальнейшее развитие отрасли будет зависеть и от совершенствования технологии и снижения себестоимости добычи сланцевого газа.

### Америка, Африка, Австралия

Страны Латинской Америки, а именно Аргентина и Мексика, суммарно обладают запасами сланцевого газа в объеме более 30 млрд куб. м, однако без финансовых вливаний и технологий иностранных компаний этим странам вряд ли удастся поднять уровень добычи сланцевого газа.

Аналогичная ситуация наблюдается в странах Африки.

В Австралии для газсланцевой добычи перспективным является бассейн Соорег, общая площадь которого насчитывает 130 тыс. кв. км. Добыча сосредоточена в практически безлюдном районе в пустынной области. В данном районе имеются также традиционные месторождения газа и нефти, которые обеспечивают Австралию необходимыми энергоресурсами. В середине 2011 года в бассейне

Соорег осуществлен первый гидроразрыв сланцевого пласта с успешным извлечением газа из скважины.

### Канада

Крупное месторождение сланцевого газа находится в Канаде. Сланцевые разработки проводятся на территории Британской Колумбии, а также к северу от форта Нельсон. Ведется разведка в Альберте, Саскачеване, Онтарио, Квебеке, Новой Шотландии. Большинство газовых операторов имеют опыт добычи нефтяных песков в провинции Альберта. Основным перспективным месторождением сланцевого газа в Канаде является месторождение Utica Shale (возраст которого — 488–443 млн лет), расположенное в Квебеке. Прогнозируемые запасы оцениваются в 113 млрд куб. м газа, успешные испытания проведены на нескольких экспериментальных скважинах. Однако после публикаций экологических организаций в Квебеке наложен мораторий на добычу сланцевого газа. В настоящее время в Канаде ведутся активные работы на месторождении Muskwa Shale, которое относят к девонскому периоду (416–360 млн лет), его прогнозируемые запасы составляют 179 млрд куб. м газа.

### Страны ЕС

Непростая ситуация складывается с новым углеводородным сырьем в Европе. Добыча сланцевого газа в Старом Свете рассматривается в рамках программы энергетической независимости от российских газовых поставок, цена на которые все время растет. Разведка месторождений сланцевого газа проводилась



Одной из причин, заставившей Китай искать пути разработки своих запасов сланцевого газа, стало то, что Пекин и Россия не смогли договориться о тарифах на поставку природного газа

в Великобритании, Франции, Швеции, Германии, Австрии, Венгрии, Румынии.

Европейские аналитики заявляют, что, несмотря на то, что в Европе в настоящее время примерно 40 компаний являются газовыми операторами, все они находятся на ранних стадиях разведки, коммерческая добыча сланцевого газа пока не ведется. В ближайшие два года не стоит ожидать значительного прорыва в добыче сланцевого газа в регионе, хотя в долгосрочной перспективе ситуация может измениться кардинально.

Суммарные объемы запасов сланцевого газа в странах Европы экспертами ЕИА оцениваются в 18 млрд куб. м, причем на такие страны, как Франция и Польша приходится более 10 млрд куб. м.

Весной 2012 года правительство Польши скорректировало даваемые ранее сведения об извлекаемых объемах сланцевого газа в сторону их снижения. Так, ранее эксперты американского агентства ЕИА говорили о 5,3 трлн куб. м, теперь речь идет о 346–768 млрд куб. м. Ожидалось, что промышленная добыча газа в стране начнется в 2014 году, к этому процессу были привлечены иностранные компании — ExxonMobil, Chevron и Marathon. В середине 2012 года ExxonMobil, пробурив две разведочные скважины, не обнаружила коммерческих запасов сланцевого газа и отказалась от дальнейших планов добычи углеводородов, признав проекты нерентабельными. Как поведут себя остальные игроки — пока не ясно.

Несмотря на то, что Франция находится в втором месте по запасам сланцевого газа в Европе (около 5,1 трлн куб. м), добыча его способом гидроразрыва в стране запрещена. Франция первой в Европе в середине 2011 года законодательно запретила добычу сланцевого газа таким способом. Решение вызвало протест со стороны компаний, осваивающих месторождения сланцевого газа. Эти компании считают, что другие технологии добычи являются экономически нецелесообразными. В начале 4 квартала 2011 года правительство страны отозвало три лицензии на проведение разведки сланцевого газа у компаний, которые отказались взять на себя определенные обязательства. Остальные игроки сохранили свои лицензии, подписав необходимые соглашения. В сентябре 2012 года глава страны и вовсе заблокировал возможность разработки сланцевого газа в течение всего срока его президентства.

В начале нынешнего года запрет на добычу сланцевого газа с использованием технологии гидроразрыва пласта был введен и в Болгарии. Однако в сентябре 2012 года министерство энергетики заявило: если будет доказано, что названная технология не наносит вреда окружающей среде, то ситуация может измениться.

Правительством Чехии предложено ввести временный мораторий на разработку сланцевого газа по экологическим соображениям. Решение, возможно, будет принято уже в начале ноября 2012 года.

Аналогичные предложения прозвучали в середине текущего года и со стороны нового правительства Румынии.

Второй проблемой после экологической остается высокая себестоимость добычи сланцевого газа. По предварительным оценкам, она будет существенно выше, чем в США.

Таким образом, можно считать, что в странах ЕС нет единого мнения по вопросу добычи сланцевого газа. Каждая из стран будет самостоятельно решать: добывать сланцевый газ или нет. Тем временем, США строят планы поставок новых объемов газа в Европу морским путем и наращивают терминальные мощности по всему своему побережью.

## Россия и страны СНГ

Последнее время российский газовый монополист стал уделять внимание вопросу добычи сланцевого газа и ее влиянию на основные рынки сбыта. Не так давно интерес к этому вопросу стали проявлять первые лица страны. «Газпром» оценивает запасы сланцевого газа в РФ на уровне 83,7 млрд куб. м.

На территории России горючие сланцы обнаружены в 6 бассейнах. Европей-



По мнению «Газпрома», серьезные выводы о перспективах развития сланцевой газодобычи пока делать рано. Сможет ли этот фактор оказать серьезное воздействие, «Газпрому» станет яснее, как минимум, лет через пять

стала победителем конкурса на получение права заключить соглашение, предусматривающее разработку Юзовского месторождения (Харьковская и Донецкая области). На первоначальном этапе в разведку планируется вложить около 400 млн долларов и пробурить первую скважину в сентябре текущего года.

Белорусский президент также проявил заинтересованность в поиске слан-

## США строят планы поставок газа в Европу морским путем и возводят экспортные терминалы по всему своему побережью.

скому континенту досталось не более 10 % мировых ресурсов горючих сланцев, при этом большинство из них расположены на территории стран Западной и Восточной Европы, а не в Российской Федерации. Азиатская часть нашей страны существенно уступает по ресурсам горючих сланцев американским континентам. С учетом этого, многие эксперты полагают нецелесообразным в настоящее время отвлекать финансовые средства на разведку и организацию масштабной добычи сланцевого газа. Но «Газпрому» придется скорректировать тактику ведения бизнеса на европейском рынке.

Руководство Украины надеется начать промышленную добычу сланцевого газа на двух перспективных месторождениях уже в 2017 году в объеме не менее 15 млрд куб. м/год. По оценкам геологов, запасы газа на Юзовском месторождении могут составлять 2 трлн куб. м, на Олесском — до 1,5 трлн куб. м. Операторами разработки газовых украинских месторождений выступают международные компании Chevron и Shell. В мае текущего года Shell

цевого газа на территории республики. В конце прошедшего лета государственные органы заключили концессионный договор с иностранным инвестором на поиск рассеянного сланцевого газа на восьми участках, расположенных в трех областях страны. Название компании не раскрывается, но согласно вышедшему в свет постановлению, в концессию предлагаются восемь участков общей площадью 5,525 тыс. кв. км, четыре участка расположены на территории Гомельской области и три — Брестской.

Сможет ли сланцевый газ повсеместно составить серьезную конкуренцию природному — покажет время, но то, что он и в дальнейшем будет существенно влиять на конъюнктуру глобального рынка энергоресурсов, не вызывает сомнения.

Россия на уровне руководителей государства проявляет скрытый интерес к альтернативному углеводородному ресурсу, отдавая некоторую «дань моде», хотя, как гласит военная мудрость, «недооценить потенциального противника гораздо опаснее, чем переоценить его возможности».