

# ГАЗ И НЕФТЬ ИЗ ГЛИНИСТЫХ СЛАНЦЕВ В ЭНЕРГЕТИКЕ США

Яков Басин

Несмотря на все усилия по диверсификации используемых видов энергии, атомная энергетика, гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии (ВИЭ) составляют только 13 % суммарного энергопотребления человечества. На углеводородную «тройку» (нефть, газ, уголь) по-прежнему приходится 87 %. Однако «тройке» всё сложнее исполнять свои обязательства — добыча углеводородов становится всё дороже как в экономическом, так и энергетическом аспекте. Альтернативная энергетика в форме ВИЭ до сих пор находится в зачаточном состоянии и составляет в среднем 2 % от мировой производимой энергии, хотя есть несколько стран, например, Дания и Германия, которые добились серьёзных успехов в освоении ВИЭ. Атомная энергетика не оправдывает, ранее возлагавшихся на неё надежд по улучшению энергетического обеспечения человечества. Максимум доли в мировом энергобалансе в 6,8 % от АЭС пришёлся на 2002 год, с тех пор доля этой энергетике снизилась до 4 %. Иначе говоря, светлое будущее, в котором господствует ВИЭ и АЭС пока скрывается от нас за горизонтом второго десятилетия. А дефицит растущего энергопотребления надо чем-то заполнять, и придётся это сегодня делать опять за счёт углеводородов. Однако простые в добыче дешёвые углеводороды, особенно в США и на Западе Европы, определённно заканчиваются[1].

Что такое «Сланцевая революция»? Википедия отвечает на это так: «Распространенное с 2012 г. в прессе обозначение внедрения в промышленную эксплуатацию технологии добычи газа из сланцевых пород (сланцевый газ), которое произошло в США в начале XXI века».

Действительно, ещё несколько лет назад все долгосрочные прогнозы предполагали, что США – крупнейший в мире импортёр нефти, будет и крупным импортёром природного газа. В странах-экспортёрах сжиженного природного газа (СПГ) под будущий американский спрос строились мощности по его сжижению, да и в самих Соединенных Штатах были сделаны крупные инвестиции в ныне простаивающие терминалы по регазификации СПГ. Теперь, когда из-за «сланцевой революции» на рынке США образовался избыток газа, некоторые из этих терминалов планируется значительно модифицировать — фактически построить рядом завод по сжижению газа, разумеется, для поставок на экспорт.

На рис. 1 приведён график сопоставления производства и потребления энергии в США, характеризующий их динамику в широком временном диапазоне. Из этого графика



Рис. 1.

видно, что начиная с 1985 года и до 2008 года баланс между производством и потреблением энергии в США постоянно ухудшался, потребление в стране росло, а добыча нефти и газа падала (падение их добычи компенсировалось ростом добычи угля, но при этом энергетический баланс в стране оставался дефицитным). Ситуация с этим балансом начала меняться в лучшую сторону, начиная с 2008 года по добыче газа, а с 2009 года в добыче нефти (в 2010 году Россия

уступила первое место по добыче газа США). Эти успехи, несомненно, обязаны т. н. «сланцевой революции». Тем не менее, прогноз, представленный на том же рис.1, предполагает сохранение дефицита энергетического баланса до 2035 года, как будет показано дальше, из-за ограниченности в США своих природных нефтяных ресурсов.

### **Чем отличаются месторождения газа и нефти в глинистых сланцах от их традиционных месторождений?**

Традиционные месторождения газа и нефти отличаются от месторождений в глинистых сланцах гидродинамической природой их образования, а вещественный источник их образования один и тот же: захороненные в осадочных породах останки живых организмов, накопленные за сотни миллионов лет. Этот органический материал, сохраняет в законсервированном виде в форме органических молекул лучистую энергию солнца тех лет, когда жили эти организмы. Затем эта органика трансформируется в глубинах Земли, превращаясь в твёрдые компоненты: в уголь (с разным содержанием чистого углерода и твёрдых углеводородов), в жидкие – нефть и в газообразные формы углеводородов – метан и его гомологи. Твёрдые формы преобразованной органики остаются в местах её первоначального захоронения, а флюидальные формы (нефть и газ) или мигрируют из этих мест, или они могут быть запечатаны во вмещающей их осадочной породе. Эти породы, в зависимости от структуры породы и вязкости флюидов, могут быть разной степени проницаемыми для воды (которая насыщает всю земную кору) и для углеводородных флюидов. Тип пород, через которые возможна фильтрация флюидов, называют коллекторами. По этим коллекторам флюиды могут течь под действием перепада пластового давления, мигрируя на сотни и тысячи километров от места первоначального захоронения погребённой органики. Есть другой тип породы – непроницаемый для фильтрации флюидов. Они служат флюидоупорами, образуя коридор для текущего по пласту-коллектору потока.

Образовавшиеся в осадочных породах флюидальные компоненты углеводородов попадают в поток пластовой воды в виде пузырьков газа и капель нефти. Поскольку эти пузырьки и капли легче воды, они всплывают и потом движутся под кровлей пласта, пока не попадут в ловушку, например, куполообразную складку, образованную изгибом пласта. Там они накапливаются, заполняя поровое пространство коллектора, выдавливая из него воду. Так образуются все месторождения нефти и газа, кроме месторождений в глинистых сланцах. Глинистые породы составляют большую часть всех осадочных отложений. Различают два основных типа этих отложений: собственно глины и глинистые сланцы. Глины – мягкая пластичная порода, практически непроницаемая. Благодаря этому её свойству, глину относят к непроницаемому типу пород, способных задерживать движение пластовых флюидов и тем самым обеспечивать возможность накопления нефти и газа под глинами в коллекторах.

Глины состоят из смеси глинистых минералов. Эти минералы представлены алюмосиликатами с примесями других элементов. Они также содержат воду, связанную химически и физически (адсорбированную). Связанная вода и придаёт глине пластические свойства. Глинистые сланцы – это те же глины, но изменённые (метаморфизованные) на большой глубине под действием высокого давления и температуры. Эти изменения приводят к потере воды глинистыми минералами (дегидратации), порода теряет пластичность и становится хрупкой и трещиноватой. Поэтому глинистые сланцы, в отличие от глин, обладают проницаемостью, хотя и очень низкой, на порядки ниже проницаемости коллекторов традиционных месторождений. Сланцы, содержащие газ и нефть, представляющие интерес как объекты для газонефтедобычи, это особые т.н. горючие сланцы. Горючие глинистые сланцы содержат, захороненное в них, горючее органическое твёрдое вещество кероген. Кероген, как и уголь, содержит углерод, но, кроме углерода, в

его состав входят твердые высокомолекулярные углеводороды. Эти углеводороды способны преобразовываться в низкомолекулярные гомологи: в нефть, конденсат и газ – метан. Так образуется тот тип горючих глинистых сланцев, который называют нефтегазоносными сланцами. В этих сланцах газ и нефть заполняют полости, которые создаются за счёт разуплотнения твердых углеводородов, содержащихся в керогене. Эти полости соединяются между собой трещинами, по которым газ транспортируется в ствол скважины [8].

Продуктивные нефтегазоносные сланцы, способные давать промышленные притоки нефти и газа, от других сланцев отличаются высоким содержанием кремнистых и карбонатных материалов, которые делают эту породу значительно более хрупкой.

Тем не менее, из-за слабой проницаемости и низкой насыщенности сланцев газом и нефтью на единицу объёма породы их удельная продуктивность: – скорость притока флюида на единицу толщины вскрытого скважиной нефтегазоносного пласта, уступает скважинам, эксплуатирующим традиционные нефтегазоносные пласты, на один – два порядка. Слабая проницаемость повинна не только в низкой удельной продуктивности скважины, но и в малом радиусе питания её, от которого зависит площадь вокруг скважины, откуда может быть извлечены газ и нефть. **Малый радиус питания в сочетании с низкой насыщенностью газом и нефтью приводит к тому, что суммарная добыча на скважину будет примерно на порядок меньше, чем из традиционных газоносных пластов при прочих равных условиях. По той же причине происходит очень быстрое падение дебита (притока в единицу времени). Поэтому, чтобы выбрать запасы газа и нефти, содержащиеся в сланцах, необходимо разбуривать площадь месторождения очень плотной сеткой скважин.** Например, на месторождении газоносных сланцев Barnett, первым месторождением в США, введённым в промышленную эксплуатацию только в 2006 году, было пробурено столько скважин, сколько примерно эксплуатируется на всех месторождениях газа в России[9].

### **Первый опыт промышленной эксплуатации газа из глинистых сланцев в США**

Сланцевый газ известен довольно давно. В 1981 г. на месторождении Barnett Shale в Техасе из мощного пласта глинистых сланцев были получены притоки газа. Но в те времена из-за малых дебитов скважин и низких цен на газ о его экономически эффективной добыче нельзя было и думать.

**Принято считать, что счастье в виде сланцевого газа свалилось миру на голову в результате новых выдающихся успехов технического прогресса: горизонтального бурения и операций гидроразрыва пластов (ГРП). Это не совсем так, потому что первый метод стал массово применяться ещё 30 лет назад, а второй – 50 лет назад. Правда, технология этих процессов за последние десятилетия существенно усовершенствовалась. В действительности, масштабный рост добычи сланцевого газа произошел в силу комплекса причин: технических, экономических, коммерческих и ещё и политических[8].**

Наиболее долгую историю добычи сланцевого газа имеет то же месторождение Barnett Shale, расположенное на севере Техаса в США. Содержащие метан породы залегают здесь на глубинах от 450 до 2 тыс. м. на площади 13 тыс. км [2]. Мощность пласта изменяется от 12 до 270 м. Доказанные извлекаемые запасы к началу пробной эксплуатации были приняты в размере 59 млрд м<sup>3</sup>. В настоящее время они полностью выбраны, однако продолжающееся бурение скважин расширило границы первоначального участка, и накопленная добыча продолжала расти. Однако с 2013 г. добыча на Barnett Shale остановлена из-за низкой рентабельности, а добывающая компания – пионер в освоении сланцевого газа, оказалась на грани банкротства[1].

## **Опыт эксплуатации газа в глинистых сланцах месторождения Marcellus**

Сегодня, после остановки эксплуатации на погатое месторождение газа в глинистых сланцах – Marcellus Shale. Этот проект находится в начальной стадии реализации и будет рассмотрен ниже, в качестве примера, показывающего особенности эксплуатации месторождений газа в глинистых сланцах в условиях США.

Месторождение Marcellus представляет собой огромный по площади пласт глинистых сланцев мощностью от 8 до 80 м, который протянулся от штата Нью-Йорк на северо-востоке до штата Теннесси на юго-западе. Его общая площадь – 140 тыс. км<sup>2</sup>, глубина залегания – от 700 до 3 тыс. м. По различным оценкам геологические запасы газа могут находиться в пределах 4,5-15,2 трлн. м<sup>3</sup>, что соответствует средней насыщенности пород газом в пределах 0,32-1 % от единицы объёма породы. Коэффициент извлечения сырья принят равным 0.1, следовательно, извлекаемые запасы как минимум превысят 1,5 трлн м<sup>3</sup>. (Самое большое месторождение газа в России, Уренгой, содержит 8 трлн м<sup>3</sup> извлекаемых запасов газа). Для освоения месторождения Marcellus потребуется пробурить от 100 до 220 тыс. скважин стоимостью 3–4 млн. долларов каждая (без затрат на ГРП). Таким образом, минимальный объем капитальных вложений только в бурение должен составить порядка \$300 млрд.

Чтобы оценить экономику этого сланцевого проекта необходимо сравнить два показателя: доходы от продажи полученного газа, и расходы, где основной вклад вносят затраты на строительство скважины.

На месторождении Marcellus, самом рентабельном в США, стоимость строительства скважины (вместе с гидроразрывами пластов) оценивается в \$5 млн. При этом метана из скважины до её истощения (т.н. «накопленную добычу»), в среднем удается получить в количестве около 60 млн. м<sup>3</sup>. (Это ключевой показатель). Выручка за газ в нынешних ценах на газовом рынке США (\$170 за тыс. м<sup>3</sup>) составит примерно \$10 млн на скважину. Если взять цены на газ 2012 и 2013 годов, то выручка получится меньше: \$5,7 млн, \$7,8 млн соответственно. (На мировом рынке цена газа в 2014 году составляла \$350-\$450). Конечно, остаётся еще масса других расходов на добычу газа, в частности, проценты по кредитам, но если стоимость полученного газа не окупает затраты на строительство скважины, то серьезно рассматривать добычу на таких месторождениях уже не приходится.

### **В чём секрет рентабельности добычи газа из сланцев в США**

Из приведённых экономических данных по месторождению Marcellus, лучшему в США, следует, что добыча сланцевого газа на этом месторождении находится на грани рентабельности. Это касается внутреннего газового рынка Северной Америки, а возможности для экспорта газа из США в Европу и Азию сегодня отсутствуют по техническим причинам: в США нет заводских мощностей по сжижению газа. Однако газ из сланцев в США добывается, и в весьма больших объёмах.

В чём же секрет рентабельности добычи газа из сланцев, за счёт чего компенсируется фактическая убыточность его добычи? В публичных статьях на тему «Сланцевой революции» ответа я не нашёл. Либо этот вопрос не рассматривается, либо пытаются его объяснить уникальными достижениями американской технологии добычи трудно извлекаемых углеводородов. Но в фактической себестоимости добычи газа из сланцев, очевидно, учтены эти технологические достижения. А ответ состоит в следующем. Есть два типа газовых месторождений, отличающихся по составу углеводородного газа: чисто метановый газ, его называют сухим, и газ, который содержит много углеводородных гомологов метана этан-пропан-бутан-пентан и т. д. (формула метана CH<sub>4</sub>, а формула гомологов метана C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>). В частности, в таком газе есть компоненты, которые в пластовых условиях находятся в газообразном состоянии, а на поверхности превращаются в жидкость:

легкую нефть с повышенным содержанием бензиновых фракций и поэтому более дорогую, чем рядовая нефть. Газ, обогащённый этими гомологами, в России называют «жирным» (в США его называют влажным: wet gas), а жидкие компоненты – конденсатом.

На части месторождения Marcellus есть этот «жирный» газ, который можно выгодно продать по ценам до \$115 за баррель (в ценах 2013 года). Когда такого конденсата на месторождении много, то это позволяет окупать добычу на продаже конденсата, не сильно задумываясь о ценах на собственно природный газ. В газоконденсатном окне Marcellus добываемый газ содержит до 2,7 барреля конденсата на 1000 м<sup>3</sup> газа, а с лучших скважин удается заработать на конденсате до \$16 млн до её истощения. В значительной степени по этой причине на Marcellus приходится половина американской добычи сланцевого газа.

Однако, далеко не все месторождения так хороши, даже в США. Если на Marcellus глубины порядка 2,3 км и есть газоконденсатное окно, то в Haynesville всё по-другому. Глубина скважин здесь уже около 4 километров и стоимость бурения скважины резко возрастает (пропорционально увеличению длины вертикального ствола). Поэтому, несмотря на то, что скважины Haynesville показывают лучшую в США накопленную добычу, производство газа здесь падает, а буровые компании с месторождения перешли в более выгодные регионы (сейчас это в основном добыча сланцевой нефти) [1].

Необходимо ещё добавить один весьма важный фактор к вопросу о роли конденсата в добыче газа. В процессе разработки сланцевого месторождения неизбежно будет падать пластовое давление до критической величины, ниже которого из жирного газа в самом пласте произойдёт конденсация, т. е. переход конденсатных компонент в жидкость и, как следствие, закупорка порово-трещинных каналов в пласте-коллекторе. С этого момента скважина прекратит работу намного раньше, чем, если в тех же условиях добывался бы сухой газ, следовательно, накопленная добыча жирного газа будет существенно меньше.

### Прогнозирование будущей добычи газа из глинистых сланцев в США

Как известно, темпы роста добычи на месторождениях нефти и газа в глинистых сланцах определяются двумя параметрами: скоростью, с которой старые скважины снижают дебиты и выбывают из фонда работающих скважин и скоростью ввода в строй новых скважин. Соответственно, рост добычи на месторождении возможен до тех пор, пока эти два показателя не сравняются. Затем добыча стабилизируется до момента окончания разбуривания площади месторождения. После этого начнётся падение добычи.

Вот, пример, для месторождения сланцевого газа Marcellus на ноябрь 2013 г.



Рис. 1.

В 2013 году дополнительная добыча газа в месяц на Marcellus составляла около 14 млн м<sup>3</sup>/д. Падение его добычи — 5 млн м<sup>3</sup>/д. (см. рис.2 – 182 куб. футов в день/36.5 = 5 млн м<sup>3</sup>/д). То есть, если даже допустить, что темпы роста добычи за счёт новых скважин останутся на том же уровне 14 млн м<sup>3</sup>/д, то добыча на Marcellus продолжит рост, пока ввод дополнительной добычи не сравняется с выводом этой добычи из-за падения дебетов скважин, ранее введённых в эксплуатацию. Даже при таком «негативном» сценарии добыча успеет вырасти до 670 млн м<sup>3</sup>/д (244.5 млрд м<sup>3</sup>/г.) к концу 2017-го, в то время как сейчас она составляет 356 млн м<sup>3</sup>/д. (130 млрд м<sup>3</sup>/г), то есть почти удвоится к окончанию 2017 года. Много это или мало? В 2013 г. в США добывалось 688 млрд м<sup>3</sup>/г газа. Однако при таких темпах добычи запасов газа на этом месторождении хватит лишь до 2020 года. Поэтому приведённая оценка будущей добычи газа слишком оптимистична, зная печальную судьбу месторождения Barnett Shale[1].

Согласно прогнозу информационного энергетического агентства Министерства энергетики США (EIA) добыча газа из глинистых сланцев может упасть в США к 2030 г. до 116 млрд м<sup>3</sup>/г. (17,6 % суммарного производства «голубого топлива» в стране, прогнозируемого в сумме 660 млрд м<sup>3</sup>). Объёмы извлечения газа из других трудно извлекаемых ресурсов, в частности, из плотных песчаников, достигнут почти 200 млрд м<sup>3</sup> (30 %), угольного метана – 56 млрд м<sup>3</sup>. Из этого прогноза следует, что добыча газа из сланцев и суммарная его добыча к тому времени уже будет много ниже, чем сегодня. И так, трудно извлекаемые ресурсы газа в мире на ближайшие десятилетия это дополнение, но не альтернатива богатым залежам природного газа.

Сланцевый газ является сильно рассеянным полезным ископаемым. Его добыча отличается наиболее мощным воздействием на окружающую среду, а затраты на освоение месторождений, как уже отмечалось, значительно превышают уровень инвестиций в другие газовые ресурсы. Однако если человек не найдет альтернативных видов получения энергии, то по мере развития техники он будет все больше вовлекать и эти запасы в промышленную разработку.

Учитывая традиционную гибкость американской газовой индустрии, количество работающих на газ или нефть буровых установок хорошо отражает ценовую конъюнктуру, оперативно перестраиваясь под текущую ситуацию. Но на этот раз буровики так и не обратили внимания на рост цен на газ до \$5–6 за тыс. куб. футов (\$180 – 220 за тыс. м<sup>3</sup>.) и остались на минимальных уровнях, дожидаясь дальнейшего подорожания газа. Это отражает тот факт, что средняя по отрасли себестоимость добычи сланцевого газа составляет те же \$5–6, т. е. сланцевый газ продаётся по цене близкой к его себестоимости, а иногда и ниже её, и конденсат не везде выручает.

### **Варианты стратегии США по изменению баланса импорта – экспорта газа и нефти**

С тех пор, как Соединённые Штаты взяли курс на сланцевые революции, ими была подана серьёзная заявка на изменение своего баланса импорта – экспорта углеводородов. Вариантов дальнейшего развития событий могло быть два. Первый — это ограничение экспорта собственных энергоресурсов с тем, чтобы растянуть свою газовую независимость на более длительный период, особенно с учётом неясных перспектив себестоимости сланцевой добычи через десяток лет. Второй, (который и был в результате выбран), — это экспорт «лишних» энергоносителей. Недостаток этого варианта очевиден -- продаются ресурсы, которых у самой страны, в общем-то, не так много (если жить не одним днём, а хотя бы парой десятилетий). Ещё один недостаток второго варианта состоит в том, что экспорт газа приведет к росту его цены на внутреннем рынке, а это затруднит рост её промышленного производства. Тем не менее, поскольку сегодня реиндустриализация происходит в основном в нефтегазовом секторе, чтобы снизить дефицит торгового баланса

(и тем самым сохранить статус доллара как глобальной валюты), был выбран наиболее простой путь — экспорт углеводородов.

По итогам прошлого 2013 года дефицит торгового баланса США составил \$471,5 млрд (наименьшее значение с 2009 года), то есть заметно снизился по сравнению с \$535 млрд в 2012. Значительный вклад сюда внесло уменьшение нефтяного дефицита из-за растущей собственной добычи.

На нефть и нефтепродукты в дефиците бюджета пришлось \$232 млрд то есть около половины суммарного дефицита. Важно напомнить, что США в последнее время стали крупным экспортёром нефтепродуктов.

Экспорт газа из США возможен в виде сжиженного природного газа (СПГ). Для этого срочно должны быть построены заводы по сжижению газа. Теперь, когда принято решение об экспорте «лишнего газа», их начали строить.

С высокой долей вероятности уже в этом десятилетии США будут экспортировать около 85 млрд м<sup>3</sup>/г. Это дополнительные \$30 млрд в торговый баланс. Объёмы на уровне 10–15 % от всей добычи газа в США. Но это примерно половина российского экспорта в Европу. Нарращивать экспорт дальше США пока боятся, опасаясь роста внутренних цен.

Дефицит торгового баланса этим полностью не исправишь, но появится простая возможность перезапустить экономику через рабочие места, налоги, получить дополнительный приток капитала. Экономика США уже пошла вверх и не в малой степени за счёт «сланцевой революции», осуществленной самой высоко технологичной и могучей по материальному и кадровому обеспечению собственной нефтегазовой индустрией. Сегодня на территории США работает порядка 2000 буровых станков, рост вдвое по сравнению с 2003 годом. Это больше половины всех станков в мире. Остаётся ещё трубопроводный газ. Здесь в планах снижение канадского импорта (на 30 млрд м<sup>3</sup>), и наращивание трубопроводного экспорта в Мексику — до 60 млрд. В сумме — ещё \$20 млрд. Итого экспорт газа уменьшит дефицит торгового баланса в сумме на \$50 млрд. Однако организация сжижения газа, и его транспортировка требует времени. По оценкам экспертов американский СПГ появится в Европе не раньше 2020 года.

### **Добыча сланцевой нефти в США**

Напомним, что из-за быстрого истощения сланцевых скважин для поддержания добычи приходится все время бурить новые скважины, поэтому объем добычи связан с темпами бурения. Таким образом, с учетом предыдущей динамики, можно уверенно предполагать, что добыча природного газа в США, по-видимому, вышла на плато, и дальнейшего увеличения не будет до тех пор, пока не вырастут цены. Поэтому, сейчас буровые переключаются на нефтяные скважины, а нефтяная добыча в США находится на 21-летнем максимуме.

По сравнению с газовой «сланцевой революцией» изменения на рынке сланцевой нефти теоретически могут оказать значительно более сильное влияние на рынок углеводородов. Неудивительно, что как раз сейчас начинают появляться заявления о возможном долгосрочном росте нефтяной добычи в США, несмотря на падение нефтяных цен до 80 долларов и ниже. Поэтому сейчас ключевой вопрос — сможет ли добыча сланцевой нефти в США повторить успехи газовой добычи? Есть ли различия в перспективах добычи газа и нефти из сланцевых месторождений?

Надо признать, что ресурсов сланцевого газа в США много. Но его добыча малорентабельна при текущей цене, есть много других проблем. Поэтому сейчас добыча газа стагнирует в условиях избытка газа и невозможности его быстрого экспорта, а буровые станки переброшены на нефть. Министерство Энергетики США предполагают, что нефтяная добыча в стране будет в ближайшие годы расти.

То есть, если сланцевого газа в США много и вопрос лишь в себестоимости добычи, то со сланцевой нефтью дело может обстоять хуже. Фактически основной прирост идет из двух крупных сланцевых месторождений нефти — Bakken в Северной Дакоте и Eagle Ford в Техасе. Плюс другие месторождения в Техасе. Остальное «размазано» по остальным штатам. В теории, все месторождения сланцевой нефти должны сейчас показывать стремительный рост добычи. На деле же добыча на месторождении Bakken уже замедляет темпы роста, находясь на отметке 32 млрд т/г. Из динамики разработки этого месторождения хорошо видно, как экспоненциальный рост добычи может резко смениться пологим наклоном кривой, за которым обычно следует выход на «плато».

Если сравнивать текущие объёмы добычи с прогнозами американского Минэнерго, то примерно такая динамика добычи на Bakken и ожидалась. За одним исключением — её фактически реализовали досрочно, возможно, слишком бойким бурением. Важно, что в последнее время (2013–2014 годы), несмотря на замедление темпов роста добычи на месторождении, число действующих скважин продолжает увеличиваться с прежней скоростью. То есть проблемы не в снижении темпов бурения, проблемы — в самом месторождении: ухудшении продуктивности новых скважин.

Второе крупное месторождение сланцевой нефти — Eagle Ford — пока показывает быстрый рост добычи, но оно и разрабатываться начало на несколько лет позже, чем Bakken. С опережением прогнозов за последние пару лет уже добывают нефть несколько американских штатов. В дальнейшем возможно различное развитие событий; опишем два крайних варианта. Вариант первый: прогнозируемый рост добычи нефти будет достигнут досрочно. Второй вариант, нынешнее опережение прогнозов — индикатор развития технологий, тогда рост добычи будет продолжаться еще длительное время. Но даже если некоторое время рост добычи нефти в США продолжится, не факт, что это отразится на мировых рынках. По всему миру начинается падение добычи на старых месторождениях. В таком случае рост добычи нефти из сланцев в США будет лишь компенсировать снижение мирового предложения нефти. Можно только гадать, есть ли у США план на более отдаленную перспективу, когда более-менее «приличные» сланцевые запасы нефти будут исчерпаны. Но пока, несмотря на все свои проблемы, США удаётся и оставаться державой номер один по суммарной добыче газа и нефти, в том числе, и с помощью месторождений сланцевой нефти. На деле же темпы добыча на месторождении Bakken растут: 32 млн т/г в 2013 году, а по последним данным в 2014 году добыча нефти на этом месторождении может достигнуть 45 млн тонн. На месторождении Eagle Ford, второму по запасам, в 2013 году добывалось 23 млн т/г. и рост добычи нефти продолжается.

Прирост добычи нефти за 2013 год составил 58 млн тонн (на 13 %). При таких темпах роста США могут выйти на самообеспечение нефтью через 7 лет. Однако по версии Энергетического Информационного Агенства (EIA) прирост добычи нефти после 2020–2025 годов начнёт сокращаться. Во-первых, это произойдёт из-за сокращения добычи на традиционных месторождениях, во-вторых из-за достижения пика добычи и последующего сокращения её на лучших месторождениях сланцевой нефти.

Но что касается мировой добычи сланцевой нефти в будущем, то по версии нефтяной компании Бритиш Петролеум (BP) в 2035 году мировое производство сланцевой нефти ожидается порядка 400 млн. т/г, увеличение составит, примерно, на 30 % по сравнению с уровнем 2013 года [4].

### Заключение

Как было указано в начале статьи дефицит растущего энергопотребления может быть компенсирован на данном этапе развития науки и техники только дополнительными объёмами добычи углеводородов. Но легкие в добыче углеводороды в США и на Западе Европы определённо заканчиваются. Поэтому, несмотря на все издержки, связанные с экологией, дороговизной и другими причинами, «сланцевый» проект – добыча газа и нефти



из глинистых сланцев и других низкопроницаемых пород всё же реализуется – пока в США, к этому проекту хотят подключиться и другие страны.

В настоящее время сланцевые газ и нефть – это уже 10 % и 5 % от мировой добычи этих углеводородов соответственно. В 2013 году доля добычи углеводородов из «сланцев» в мировом энергобалансе примерно сравнялась в тепловом эквиваленте с долей атомной энергетики и составила около 4 %. Всё это бесспорный успех.

Тем не менее, коммерческая рентабельность сланцевой добычи по-прежнему остается предметом горячих споров, в которых зачастую не учитывают нефтегазовую специфику конкретных стран. Не надо забывать, что 150 лет интенсивной эксплуатации нефтегазовых месторождений и при том часто хищническими методами, в значительной степени лишили Северную Америку легко добываемых и поэтому дешевых нефтегазовых ресурсов, и их уже не вернуть, а «остатки» настолько некачественные, что на этом фоне добыча газа и нефти из «сланцев» оказывается достаточно выгодным мероприятием. Всё это привело к тому, что на сегодня доля сланцевых углеводородов уже составляет около 45 % от нефтегазовой добычи США.

В нижеприведённой таблице показаны данные (взяты из ежегодных обзоров, публикуемых Британской нефтяной компанией BP по газу и нефти) для США и России на две даты через десятилетие: за 2003 г. и за 2013 г. [10]. За это время добыча и нефти и газа в США выросла на четверть. В результате, США вернулись на роль ведущей в мире газодобывающей страны, обеспеченной своим газом, и готовятся выйти на мировой газовый рынок в качестве экспортёра газа.

	ГАЗ					
	Годы	Запасы Трл. Кб.м	Добыча Трл. Кб.м за год	Обеспечен. Запасами годы	Потреблен. Трл. Кб.м за год	Обеспеченность потребления за год %
США	2003	5.4	0.526	10.3	0.631	83%
	2013	9.3	0.688	13.6	0.737	93%
Россия	2003	30.4	0.561	54.2	0.3795	148%
	2013	31.3	0.605	51.7	0.4135	146%

  

	НЕФТЬ					
	Годы	Запасы млрд. кб.м	Добыча млрд. кб.м за год	Обеспечен. Запасами годы	Потреблен. млрд. кб.м за год	Обеспеченность потребления за год %
США	2003	3.6	0.33	11	0.901	37%
	2013	5.4	0.445	6	0.831	54%
Россия	2003	10.8	0.43	25.1	0.134	320%
	2013	12.7	0.54	23.5	0.166	325%

Из приведённых в статье материалов можно сделать следующие выводы.

1. Рост добычи нефти и газа в США обязан освоению нетрадиционных ресурсов углеводородов, содержащихся в породах с низкой проницаемостью и емкостью коллектора – т. н. tight oil, преимущественно в горючих глинистых сланцах. Они также содержатся и в других широко распространённых типах пород с подобными коллекторскими свойствами: в плотных песчаниках и карбонатах, в тонкослоистых песчано-глинистых породах. Например, на месторождении Bakken из 7-ми продуктивных пластов только два относятся к глинистым сланцам.
2. Традиционные высокопродуктивные месторождения за 150 лет интенсивной эксплуатации истощены настолько, что к началу 2000 года превратили страну в самого большого импортёра нефти и газа.

3. Стремительный рост цен на углеводородное сырьё, начиная с двухтысячных годов, коренным образом изменил ситуацию в добыче нефти и газа. Взрывной рост цен создал условия для быстрого увеличения коммерчески рентабельной добычи нефти и газа из малопродуктивных пород, в том числе и из глинистых сланцев. Это событие журналисты, весьма далёкие от геологии и разработки месторождений нефти и газа, назвали «сланцевой революцией».
4. В статьях, опубликованных в средствах массовой информации, посвящённых теме «сланцевой революции» в США, читателей убеждают, что освоение ресурсов газа и нефти в глинистых сланцах стало возможным благодаря новым выдающимся изобретениям американских компаний последних лет в технологии бурения и добычи, имея в виду бурения горизонтальных стволов и гидроразрыв пласта. В действительности эти технологии уже вошли в мировую массовую практику десятки лет назад. Несомненно, успешному совершенствованию этих технологий способствовали достижения в области микроэлектроники и компьютеризации, которые позволили сократить за последнее десятилетие затраты на единицу проходки скважины примерно вдвое [8].
5. В чём причина того, что промышленная добыча нефти и газа из глинистых сланцев и из других пород с низкими коллекторскими свойствами началась именно в США и достигла таких впечатляющих масштабов, тогда как в других странах, и, в частности, в европейских странах, таких успехов не наблюдается? Успешности «сланцевой революции» в США помогло то, что за 150 лет традиционной добычи, стране досталось богатое наследство. Оно включает: всю сеть поисково-разведочных и добывающих скважин (в США пробурено больше глубоких скважин, чем во всём остальном мире); транспортную трубопроводную инфраструктуру, охватывающую всю страну; уникальный уровень геологической изученности территории, как результат интенсивной нефтегазовой добычи в США, которая была реализована на территории 33-х штатов. Именно по этой причине в других регионах мира сланцевый успех США повторить будет достаточно сложно, даже в случае сходных геологических условий и такого же богатства недр нефтегазовыми ресурсами в сланцах.
6. Одним из решающих факторов успеха «сланцевой революции» в США послужила экономическая и финансовая политика правительства страны. Американским нефтегазодобывающим компаниям были созданы особо комфортные условия: налоговые льготы, доступ к дешёвым кредитам. Это позволило увеличить объём бурения с 2003 по 2013 год в два раза. Сегодня в США работает 2000 буровых станков из 3600, работающих на нефть и газ во всём мире. Нефтегазовая промышленность стала тем локомотивом её экономики, которая вывела страну из кризиса.

### **Источники**

1. Собко А. «Сланцевая революция» в мире: как не запутаться в цифрах...  
<http://www.odnako.org/blogs/slancevaya-revolyuciya-v-mire-kak-ne-zaputatsya-v-cifrah/>
2. Собко А. Курс США на «энергетическую империю» -- попытка спасти свою экономику.  
<http://www.odnako.org/blogs/kurs-ssha-na-energeticheskuyu-imperiyu-popitka-spasti-svoyu-ekonomiku-pochemu-eto-ustraivaet-i-nas/>
3. Собко А. Как долго нас будет удивлять американский «сланец».  
<http://www.odnako.org/blogs/kak-dolgo-nas-budet-udivlyat-amerikanskiy-slanec/>
4. Собко А. По версии ВР, через 20 лет Россия будет «сланцевой державой».  
<http://www.odnako.org/blogs/po-versii-bp-cherez-20-let-rossiya-budet-slancevoy-derzhavoy/>

5. Собко А. Добыча сланцевой нефти в США – сверх ожидания.  
<http://www.odnako.org/blogs/dobicha-slancevoy-nefti-v-ssha-sverh-ozhidaniy-kak-ni-stranno-etnam-v-plyus/>
6. Всё о нефти. Горючие сланцы и сланцевая нефть. Новая жизнь старых запасов?  
<http://vseonefti.ru/neft/slancevaya-neft.html>
7. The Washington Post. Макс Эренфройнд, Похищение Европы: энергетическая неизбежность.  
[www.odnako.org/.../pohishchenie-evropi-energeticheskaya-neizbezhnost](http://www.odnako.org/.../pohishchenie-evropi-energeticheskaya-neizbezhnost) от 25 октября 2014 г.
8. С. М. Аксельрод Добыча газа из глинистых сланцев (По материалам зарубежной печати).  
НТС Карогажник. Вып. 1(199), 2011, стр. 80 – 110.
9. С. Аксельрод, Я. Басин. Газ из глинистых сланцев и его место в энергетике будущего. Сб.  
Второе дыхание. Вып. 24, 2010. [www.russianscientist.org](http://www.russianscientist.org)
10. BP Statistical Review of World Energy June 2013.