УДК 620.9

ОЦЕНКА ТЕКУЩЕЙ СИТУАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВ МИРОВОЙ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА НА ПЕРИОД ДО 2040 ГОДА

Сорокин С.Н., Мельникова С.И., Галкина А.А.

Институт энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН), Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

В статье проведен детальный анализ специфики добычи газа из сланцевых пород, прежде всего в экономическом и технологическом аспектах. Рассмотрен один из самых сложных вопросов в современной практике сланцевой газодобычи – экономика проектов и финансовые инструменты, активно применяемые компаниями сектора для снижения своих рисков, что позволяет говорить о формировании нового типа экономики добычи углеводородов.

С использованием средств оптимизационного моделирования сделан сценарный расчет возможных объемов мировой добычи сланцевого газа: базовый сценарий (предполагающий сохранение текущих трендов), оптимистичный сценарий «Сланцевый прорыв», который предполагает быстрое развитие и тиражирование технологий добычи газа из сланцевых пород, и сценарий «Сланцевый провал» с резким негативным пересмотром оценок запасов и ресурсов сланцевого газа и срока эксплуатации плеев при существенных экологических и технологических ограничениях.

ВВЕДЕНИЕ

Роль энергетических инноваций является определяющей в развитии мировой энергетики. Технологический прорыв, позволивший начать широкомасштабную коммерческую добычу сланцевого газа, по праву можно назвать революционным, поскольку всего за несколько лет предложение газа на энергорынке США на порядок расширилось, что, в свою очередь, повлекло за собой не только кардинальные сдвиги в структуре первичного и конечного энергопотребления, но и дало новые конкурентные преимущества всей экономике этой страны. Сланцевый газ уже называют основным драйвером, способным превратить США в индустриальную державу с низкими производственными издержками.

При очевидном революционном прорыве в технологиях добычи сланцевого газа, ее экономика остается достаточно непрозрачной. Анализ показывает, что текущий уровень цен поставил добывающие компании в сложные условия, зачастую не позволяющие в планируемые сроки окупать вложенные инвестиции и возвращать взятые прежде займы.

Сегодня «сланцевая лихорадка» охватила не только территорию Северной Америки, но и значительную часть всей планеты. Основными драйверами развития сланцевой газодобычи являются стремление государств к повышению энергобезопасности и обеспечению собственными энергоресурсами, а также к снижению их стоимости, что выражается в административной поддержке R&D, широком привлечении иностранных компаний с опытом подобных работ и готовности вводить поощрительные меры государственной поддержки. Объективными препятствиями к развитию сланцевой газодобычи на данном этапе являются возможные угрозы окружающей среде и, как следствие,– широкая общественная оппозиция в целом ряде стран, во многих случаях уже приведшая к запрету подобных работ на своей территории.

Несмотря на то, что в течение последних лет вопросам сланцевой газодобычи уделяется большое внимание на различных уровнях от политики до экологии, до сих пор существует высокая неопределенность в отношении перспектив добычи сланцевого газа, что обуславливает актуальность настоящего исследования.

© Сорокин С.Н., Мельникова С.И., Галкина А.А.

СЛАНЦЕВАЯ ГАЗОДОБЫЧА СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ В МИРЕ

США стала первой страной в мире, сумевшей преодолеть еще одно ресурсное ограничение – извлечь экономически и технологически недоступный прежде газ из сланцевых пород. Общая добыча газа из сланцевых пород в США по итогам 2012 г., согласно данным EIA DOE, составила 267 млрд. куб. м - по сравнению с 217 млрд. куб. м в 2011 г. Таким образом, прирост составил 24%, что существенно ниже прироста в 47% годом ранее. По итогам первых пяти месяцев 2013 года темпы добычи сланцевого газа в США оказываются еще ниже – 11,09% к соответствующему периоду 2012 года. Традиционно лидировавший плей Barnett (48,36 млрд. куб. м в 2012 г.) уже несколько лет показывает очень незначительный прирост добычи. В 2012 г. наибольшую добычу обеспечили два других плея - Haynesville (67,86 млрд. куб. м) и Marcellus (67,19 млрд. куб. м).

Под влиянием интенсивного развития технологий добычи (повышения газоотдачи с одной скважины) и низких цен на газ отмечается устойчивое сокращение количества используемых буровых установок на газ при увеличении действующих установок на нефть (Рис.1) [1]. По данным на середину 2013 года, количество работающих буровых для добычи газа находится на самом низком уровне за последние 13 лет. Наблюдаемое на графике значительное сокращение числа действующих буровых на газ в конце 2008 - начале 2009 гг. во многом связано с массовым внедрением технологии веерного бурения, что позволило сократить число скважин, сохранив при этом позитивную динамику добычи.

Технология бурения с несколькими горизонтальными стволами и кустовое бурение на фоне применения прочих методов интенсификации притока газа в скважине разорвали традиционную зависимость между числом действующих буровых (скважин) и объемами добычи (Рис.2); причем наблюдается очевидный технологический прорыв на пике экономического кризиса.

Второй страной, на практике приступившей к добыче газа из сланцевых пород, стала Канада, где разрабатывается два крупных плея - Horn River и Montney. Общая текущая добыча сланцевого газа в стране пока не превышает 3 млрд. куб. м в год, но уже к 2015 г. может составить до 20 млрд. куб. м в год.

Говоря о распространении «сланцевой лихорадки» на мировые газовые рынки, следует отметить, что повторить американский успех в полной степени, пожалуй, не сможет ни одна страна.

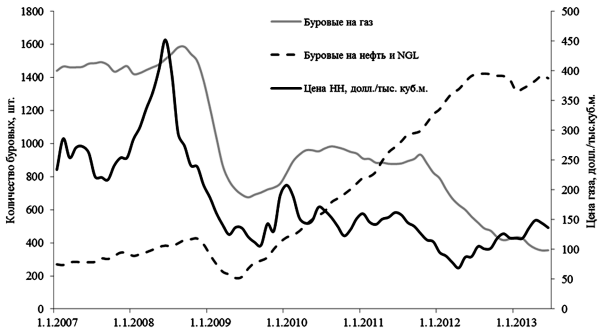


Рис.1 Динамика действующих буровых установок на добычу нефти и газа, цена газа на Хенри Хаб, долл./ тыс. куб. м.

Основные надежды на развитие сланцевой газодобычи в Европе до недавнего времени связывали с Польшей, где первые работы начались еще в 2007 г. На текущий момент из 111 выданных лицензий на поисково-разведочные работы на сланцевый газ компаниями-операторами не было получено ни одного безоговорочно положительного результата.

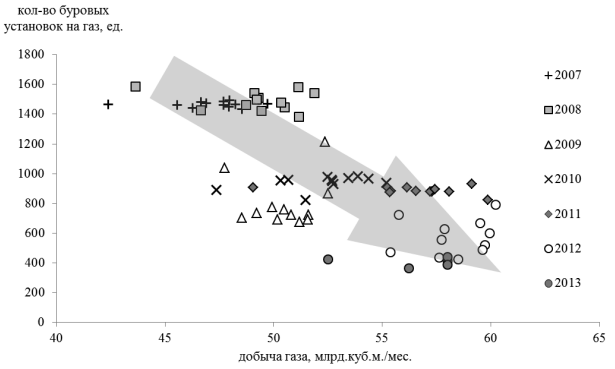


Рис.2 Соотношение количества действующих буровых на газ и объемов его добычи.

Помимо Польши, потенциально перспективными регионами добычи сланцевого газа в Европе считают также Францию, Австрию, Германию, Нидерланды и Великобританию. Изыскательские работы в этих странах про-

ходят на фоне сильного противодействия общественности применению ГРП. На сегодняшний момент основные надежды на добычу сланцевого газа в Европе связывают с Великобританией, где по подсчетам европейского объединения сетевых газовых операторов ENTSOG она может составить около 1 млрд.куб.м. в 2020 году и 2 млрд. – к 2022 г. Очевидно, что такой незначительный объем потенциальной добычи не способен оказать никакого серьезного влияния на европейский газовый рынок.

На азиатском рынке правительство КНР делает серьезную ставку на развитие сланцевой газодобычи в стране. Китай провел уже два раунда тендеров на выдачу трехлетних лицензий на поиск и добычу сланцевого газа. В марте 2012 г. была принята государственная программа разработки ресурсов сланцевого газа в Китае в рамках пятилетнего плана на 2011-15 гг., нацеленная на достижение ежегодного уровня добычи сланцевого газа в 6,5 млрд. куб. м к концу 2015 г. Однако, учитывая недостаточность развития транспортной инфраструктуры, неопределенность схем финансирования таких проектов, длительные сроки согласования, многие аналитики считают эту программу излишне амбициозной. Кроме того, геология сланцевых газоносных формаций (толщина газоносного пласта, эффективная пористость, содержание газа и пр.) на уже пробуренных скважинах в Китае пока существенно уступает американской, что в итоге может привести к более высокой себестоимости добычи газа. Эксперты также называют в числе основных проблем в развитии сланцевой газодобычи в Китае острую нехватку водных ресурсов. Представители CNPC заявляют, что дефицита водных ресурсов у них нет, и для разработки газосланцевых плеев в провинции Сычуань компания готова осуществлять забор воды прямо с реки Янцзы. Однако уже в начале широкомасштабного разведочного бурения в районе Тарим без прорыва технологий в области безводного разрыва пласта Китай может столкнуться с серьезными проблемами по выполнению своих прогнозов по добыче в соответствии с 5-тилетним планом.

У южных соседей США наибольшие усилия по началу разработки сланцевых залежей прилагает Аргентина. Учитывая падение добычи газа с 2005 г. на фоне растущего спроса, удовлетворение потребностей экономики страны – серьезный стимул для развития сланцевой добычи. Аргентина является третьей страной по потенциальным запасам сланцевого газа после США и Китая по оценкам EIA DOE. Для разработки нетрадиционного газа в стране и увеличения внутренней добычи правительство страны утвердило программу Gas Plus, которая позволяет компаниям-разработчикам продавать газ с новых месторождений по более высоким ценам. Национальная нефтегазовая компания YPF также приняла специальную программу на 2013-2017 гг. К 2017 г. добыча сланцевого газа YPF может составить около 4 млрд. куб. м, для чего необходимо инвестировать 2,6 млрд. долл. в разработку сланцевых залежей.

Помимо уже рассмотренных стран, перспективы по добыче сланцевого газа также имеются у Австралии, Мексики, Бразилии, Украины, Алжира, Ливии, Южной Африки. Однако в среднесрочный период ожидать развития событий в этом направлении в названных странах преждевременно в силу отсутствия качественной геологической информации, недостаточной инвестиционной привлекательности, неразвитости инфраструктуры, сервисной индустрии, неадекватных цен и общественной оппозиции.

Россия находится на начальном этапе изучения перспектив добычи газа сланцевых пород на своей территории. Однако из-за наличия огромных разведанных запасов традиционного газа и высокой текущей стоимости добычи сланцевого газа по сравнению с традиционным, целесообразности его добычи на сегодняшний день нет.

ЭКОНОМИКА СЛАНЦЕВОЙ ГАЗОДОБЫЧИ В США

Экономика сланцевой газодобычи, стартовавшая на фоне высоких рыночных цен в США с максимумом в $450 в середине 2008 года, позднее, на этапе своего становления, оказалась под давлением сложной ценовой конъюнктуры: последние 4 года цены газа на внутреннем рынке не превышали $150. При этом стоимость разработки нового энергоресурса по-прежнему остается одним из самых сложных вопросов.

Затраты на добычу сланцевого газа широко варьируются у компаний, работающих на различных плеях. Чтобы хоть как-то формализовать эту крайне пеструю картину, пришлось

© Сорокин С.Н., Мельникова С.И., Галкина А.А.

прибегнуть к некоему кумулятивному анализу, в основе которого, кроме корпоративных данных компаний Chesapeake и Southwestern с их высокой долей сланцевых активов в портфеле, лежат оценки стоимости добычи сланцевого газа, сделанные в разное время МЭА, MIT, Wood Mackenzie, BP, Bloomberg.

В итоге полный цикл затрат на добычу сланцевого газа в США, включая эксплуатационные расходы, аренду оборудования, капитальные затраты и все налоговые отчисления, дает средневзвешенный диапазон от $120 до $190 за тыс. куб. м, при этом максимальная стоимость оказывается выше $300 (Рис.3) [2].

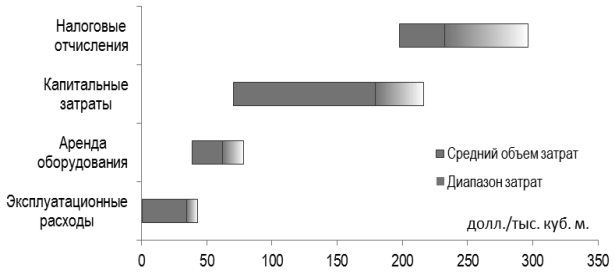


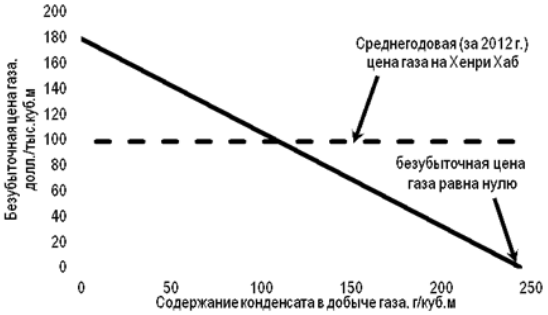
Рис.3 Оценка диапазона полного цикла затрат на добычу сланцевого газа в США.

Следует отметить, что эти оценки относятся исключительно к сухому газу, если же продукты добычи включают в себя жирный газ, NGL либо нефть, в силу огромного ценового разрыва, экономика добычи сланцевого газа оказывается более благосклонной для производителя – газ, по сути, становится побочным продуктом с практически нулевой ценой добычи (Рис.4) – таковы парадоксы сегодняшнего дня американской газовой отрасли.

Еще одной особенностью экономики сланцевой газодобычи являются более короткие инвестиционные циклы проектов по сравнению с традиционными, которые могут измеряться десятилетиями. Короткий срок жизни сланцевых скважин позволяет оперативнее реагировать на колебания рынка.

Таким образом, применительно к добыче газа из сланцевых пород можно говорить о формировании экономики комплексной добычи углеводородов, отличной от экономики обособленной газодобычи или нефтедобычи. Положительный итог такому производству обеспечивают высокие цены на нефть и NGL, которые, по сути, субсидируют добычу сухого сланцевого газа в США.

Однако по мере наполнения американского рынка жидкими углеводородами, на что нацелены сейчас компании сектора, цены на эти ресурсы уже снизились, что вполне может нарушить такой хрупкий экономический баланс, основанный на перекрестном субсидировании.



*при ценах на нефть $80/барр.

Рис.4 Цена безубыточности* сланцевого газа.

В США эту экономическую специфику дополняют сложные финансовые схемы, к которым прибегают многие компании для повышения своей доходности и снижения рисков в условиях волатильности цен.

Основной финансовый инструмент американских нефтегазовых компаний – хеджирование, позволяющее производителям продавать свой товар по более высокой цене, фиксируя цену продажи части продукции в будущем.

Доходы от хеджирования продукции составляют до 40% всей прибыли компаний сектора. Так, с начала 2006 по конец 2012 года Chesapeake заработал на подобных операциях $8,8 млрд, что в пересчете на единицу произведенной продукции составляет около $50/тыс. куб. м.

На 2-4 кварталы 2013 года Chesapeake хеджировал 78% своей продукции по цене $131 при средней цене Хенри Хаб в этом году на уровне $133,5. При этом 7% всей добычи в 2013 году хеджированы заранее по цене лишь $107, что значительно ниже текущих рыночных цен и заведомо принесет компании убытки.

Devon Energy застраховала без малого 18 млрд м^3 газа в 2013 году по цене в диапазоне $125-148/тыс. м3. Еще более удачные сделки заключили компания Encana, заранее продав

15,5 млрд кубов своей будущей добычи в 2013 году по цене в $155, и компания Southwestern, хеджировав 8 млрд м^3 своей добычи в 2013 году по цене от $149 до $177.

С 2007 года лидер сланцевой газодобычи в США - Chesapeake - активно продвигает еще один финансовый инструмент – Volumetric Production Payment (VPP), который может быть применен на скважинах с хорошей степенью разведанности, что дает надежные гарантии будущей добычи.

За последние пять лет Chesapeake реализовал 10 договоров по схеме VPP на общую сумму $6,4 млрд (что в пересчете на единицу продукции обеспечило компании среднюю цену в $165/тыс. куб. м).

Именно эти финансовые схемы, в основе которых лежат продажи еще не добытых объемов газа, во многом и стали экономической ловушкой для компаний сектора, что крайне важно для понимания текущей парадоксальной ситуации в газовой отрасли США, когда на фоне явной убыточности продаж, общие объемы добычи газа остаются на высоком уровне.

Сложные финансовые построения с участием крупных банков, к которым активно прибегали компании в условиях плохого рынка последних лет, обернулись для них жесткими обязательствами по неукоснительной добыче заранее проданных объемов газа. Разрабатывать месторождения вне зависимости от ценовой конъюнктуры толкают компании и условия лицензионных соглашений, которые могут быть отозваны, если работы вовремя не начаты.

Чаще всего, иллюстрируя результаты подобной практики, вспоминают все ту же Chesapeake, которая к концу 2012 года оказалась в патовом финансовом положении. Низкие цены на газ не позволили компании покрыть крупные займы, взятые прежде на развитие бизнеса и масштабные инвестиции. В результате, в 2012 году уже продано активов на $12 млрд, на 2013-й запланировано расстаться с активами еще на $4-7 млрд.

Показатель EBITDA сократился с $4,85 млрд по итогам 2011 года до $1,9 млрд в 2012 году, чистый доход с $1,75 млрд обернулся убытком в $0,59 млрд, а денежные средства от операционной деятельности – с $5,9 млрд до $2,8 млрд, хотя и 2011 год в финансовом отношении для компании тоже был совсем не блестящим. Капзатраты на 2013 год сокращены на 39%. Однако Chesapeake – лишь один из многих.

Единственным разумным выходом в подобной ситуации для компаний сектора явилось бы сокращение добычи газа с неизбежной последующей корректировкой его цены в сторону увеличения, поскольку минимальным порогом, при котором сланцевый газ выйдет из «красной зоны», по нашим оценкам, является уровень цен в $150, обеспечивающий покрытие затрат и разумную прибыль для компаний отрасли.

Такая корректировка цен уже началась с конца 2012 года, к середине 2013 года цены на газ удвоились по сравнению с апрелем 2012 года. Но за последнее время компании газовой отрасли США накопили изрядный негативный багаж долгов, обязательств, финансовых и репутационных потерь, что неизбежно приведет ее к определенным структурным изменениям, вопрос только в их масштабах.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ МИРОВОЙ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА

Для оценки перспектив развития сланцевой газодобычи в мире в качестве инструмента оптимизационного моделирования была использована Мировая модель газовых рынков ИНЭИ РАН - линейно-оптимизационная модель, минимизирующая издержки по удовлетворению спроса по всей цепочке поставок газа в 192 узлах, включающих в себя все страны производящие или потребляющие природный газ. Она содержит информацию о возможностях добычи по типам газа (более 500 месторождений и групп месторождений), инфраструктуре по транспортировке сетевого газа и СПГ с соответствующими затратами, заключенным контрактам на поставку и предполагает возможность переключения на замещающие газ топлива при достижении цены газа неких пороговых значений. Вводными данными модели являются спрос на газ по узлам, полученный из балансовой модели модельного комплекса ИНЭИ РАН и цены на нефть, необходимые для расчета контрактных цен газа и получаемые по результатам расчетов мировой нефтяной модели. Выходными данными модели являются объемы добычи, скорректированные с учетом межтопливной конкуренции объемы потребления, импорта и экспорта свободного и законтрактованного газа по узлам.

© Сорокин С.Н., Мельникова С.И., Галкина А.А.

Модель мировых рынков газа ИНЭИ РАН позволяет количественно оценить последствия реализации различных сценариев, проанализировать взаимодействия участников газовых рынков для разработки эффективных управленческих решений [3].

Одним из фокусов Прогноза развития энергетики мира и России до 2040 г., подготовленного ИНЭИ РАН в 2013 г. [4], стали перспективы разработки сланцевого газа в мире. Для этой цели были сформулированы три сценария. Базовый сценарий не предполагает технологических прорывов. Сценарий «Сланцевый прорыв» основывается на предположении о появлении технологии безводной добычи сланцевого газа, снятии экологических ограничений добычи, удержании относительно невысоких затрат на добычу сланцевого газа (до 150 долл./тыс. куб. м. Предпосылками сценария «Сланцевый провал» стали неподтверждение коммерчески извлекаемых запасов сланцевого газа, непродолжительность высокой продуктивности сланцевых месторождений, введение жестких экологических ограничений на добычу, отсутсвие безводной технологии добычи сланцевого газа, что выражается в росте затрат на добычу и отсутсвию новых добычных проектов.

В результате в базовом сценарии добыча сланцевого газа составит 605 млрд. куб. м в 2040 г. Тремя крупнейшими производителями сланцевого газа являются США, Канада и Китай с объемами добычи, соответственно, в 485, 45 и 43 млрд. куб. м. Добыча сланцевого газа также ведется в Аргентине, Австралии, Индии, Мексике, Южной Африке и Европе, однако не превышает 10 млрд. куб. м в отдельной стране.

В базовом сценарии продолжается рост международной торговли газом, к 2040 г. почти на 650 млрд. куб. м по сравнению с 2010 г. увеличиваются объемы экспорта газа из СНГ, Ближнего Востока и Африки, на 750 млрд. куб. м растут объемы импорта газа в АТР и Европу. Еще 100 млрд. куб. м газа поставит на мировой рынок Северная Америка, превратившись в чистого экспортера СПГ.

Успешная апробация технологии безводной добычи сланцевого газа, а также другие предпосылки сценария «Сланцевый прорыв» обуславливают существенное, относительно равномерное расширение ресурсной базы, которое, в конечном счете, выражается в сдерживании темпов роста затрат на добычу, но не обвале рыночных цен. Реализация данного сценария приведет к росту добычи сланцевого газа к 2040 г. до 825 млрд. куб. м, преимущественно за счет добычи за пределами США. Так, объемы производства сланцевого газа в США составят 504 млрд. куб. м, достигнут 164 млрд. куб. м в Китае и превысят 150 млрд. куб. м в суммарном объеме добычи других стран. Добыча сланцевого газа будет вестись во всех регионах мира, кроме Ближнего Востока. Рост самообеспеченности стран за счет добычи сланцевого газа будет сдерживать темпы роста объемов мировой торговли газом. К 2040 г. по сравнению с базовым сценарием на 100 млрд. куб. м уменьшится импорт газа в АТР, снизится экспорт газа из СНГ, Северной Америки и Африки.

В отличие от первых двух сценариев, где перспективы разработки сланцевого газа рассматриваются как оптимистические, анализ результатов расчета сценария «Сланцевый провал» демонстрирует ситуацию, которая соответствовала бы конъюнктуре мировых рынков газа в случае отсутствия экономически эффективной добычи сланцевого газа в мире. Производство сланцевого газа ведется лишь в двух странах и составляет лишь 113 млрд. куб. м: 89 - в США и 24 - в Канаде. Таким образом, Северная Америка возвращается в группу регионов-импортеров газа с высоким уровнем цен, сопоставимым со странами Европы и АТР. Рост спроса на импорт газа в Северную Америку в некоторой мере будет компенсирован снижением спроса в Европе и АТР по сравнению с базовым сценарием. Однако в целом объемы международной торговли будут выше, чем в базовом сценарии (1,3 против 1,2 трлн. куб. м в 2040 г.), экспорт газа увеличится из всех регионов-экспортеров, но в наибольшей мере – из Африки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очевидное ограничение энергоресурсов в США в конце прошлого века подтолкнуло развитие инновационных технологий по добыче нетрадиционного газа вообще и сланцевого в частности, что в итоге стремительно расширило предложение нового энергоресурса. Минувшие пять лет после начала промышленной добычи сланцевого газа

в США, будучи слишком коротким периодом в масштабах развития газовой отрасли, тем не менее, дают материал и основания для некоторых первичных выводов, которым еще только предстоит лечь в основу фундаментального экономического анализа.

Резкое увеличение добычи сланцевого газа в США привело к устойчивому снижению спотовых цен на природный газ и к перенасыщению рынка. В этих условиях часть компаний стала уделять приоритетное внимание инвестициям в добычу нефти и жидких углеводородов, сокращая при этом инвестиции в добычу сухого газа.

В немалой степени поддержанию доходности операторов при неблагоприятной ценовой конъюнктуре помогает широкое применение компаниями финансовых механизмов (хеджирование, VPP). Однако, именно сложные финансовые схемы, в которых компании видели спасение в условиях низких цен, не позволили им вовремя снизить добычу и осуществить ценовую корректировку.

Анализ ситуации позволяет говорить о формировании экономики комплексной добычи углеводородов, отличной от экономики обособленной газодобычи или нефтедобычи. В настоящее время положительный итог такой комплексной добыче преимущественно обеспечивают высокие цены на нефть и NGL, которые, по сути, субсидируют добычу газа.

Развитие сланцевой газодобычи в США, даже оставаясь региональным явлением, уже оказало значительное влияние и на мировые рынки. Перспективы мировой добычи сланцевого газа весьма неопределены и зависят от многих факторов. В результате расчетов в базовом сценарии добыча сланцевого газа составит 605 млрд. куб. м в 2040 г. Реализация сценария «Сланцевый прорыв» приведет к росту добычи сланцевого газа к 2040 г. до 825 млрд. куб. м, преимущественно за счет добычи за пределами США. При реализации сценария «Сланцевый провал» Северная Америка возвращается в группу регионов-импортеров газа с высоким уровнем цен, сопоставимым со странами Европы и АТР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельникова С. И., Сорокин С.Н., Горячева А.О., Галкина А. А.; под ред. Макаров А. А., Митрова Т. А., Кулагин В. А. Первые 5 лет «сланцевой революции» – что мы теперь знаем наверняка? / Рос. акад. наук, Ин-т энергетических исследований. - М., 2012. - ISBN 978-5-91438-011-0.

   Melnikova, S.I., Sorokin, S. N., Goryacheva, A. O., Galkina, A.A. (2012). In: Makarov, A.A., Mitrova, T.A., Kulagin, V.A. (eds). The First 5 Years of the 'Shale Revolution' – What Do We Know Nov for Sure?, ERI RAS, Moscow.
2. Мельникова С. И., Сорокин С.Н. Сланцы США: Show must go on! / Нефтегазовая вертикаль - 2013 - №17 – С.6-11

   Melnikova, S.I., Sorokin, S. N. US shale: Show must go on! / Neftegazovaya vertical - 2013 - №17 – pp.6-11.
3. Макаров А. А., Веселов Ф. В., Елисеева О. А., Кулагин В. А., Митрова Т. А., Филиппов С. П., Плакиткина Л. С. Scaner. Суперкомплекс активной навигации в энергетических исследованиях / Рос. акад. наук, Ин-т энергетических исследований. - М., 2011.

   Makarov, A.A., Veselov, F.V., Eliseeva, O.A., Kulagin, V.A., Malakhov, V.A., Mitrova, T.A., Filippov, S.P. (2011). Scanner – a Modelling Information Complex, ERI RAS, Moscow.
4. Прогноз развития мировой энергетики до 2040 года / Рос. акад. наук, Ин-т энергетических исследований. - М., 2013. - ISBN 978-5-91438-012-7.

   Global and Russian energy outlook up to 2040 (2013), ERI RAS, Moscow, ISBN 978-5-91438-012-7.

© Сорокин С.Н., Мельникова С.И., Галкина А.А.