

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-6>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/140EVN615.pdf>

DOI: 10.15862/140EVN615 (<http://dx.doi.org/10.15862/140EVN615>)

УДК 553.981.2

Маковецкий Алексей Сергеевич¹

ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»

Россия, Москва²

Аспирант кафедры «Управления природопользованием и экологической безопасностью»

E-mail: makovee@yandex.ru

Методическое обеспечение эколого-экономического обоснования разработки месторождений сланцевого газа

¹ http://kafedrarium.ru/Маковецкий_Алексей_Сергеевич

² 109542, Москва, Рязанский проспект, 99, стр. 4, каб. ЛК-314

Аннотация. Истощение запасов традиционных источников энергии, таких как природный газ и нефть, быстрорастущие темпы энергопотребления, очевидная тенденция к увеличению зависимости от импорта энергоресурсов ряда государств – поспособствовали активному поиску, исследованию и развитию альтернативных источников энергии. «Сланцевая революция» в США заставила ряд стран рассмотреть вопрос о возможности осуществления широкомасштабной разработки газосланцевых месторождений. Однако перенос опыта добычи сланцевого газа на другие континенты сопряжен с определенными рисками.

Статья посвящена вопросу принятия решения о разработке газосланцевого месторождения с учетом экологических и экономических особенностей такой добычи. Автор рассматривает основные риски, с которыми может столкнуться недропользователь при освоении месторождения сланцевого газа, а так же касается вопросов эколого-экономического обоснования разработки ресурсов газосланцевых месторождений.

В статье рассмотрены вопросы методического обеспечения и определены ключевые параметры для обоснования и принятия качественного хозяйственного решения о разработке месторождения сланцевого газа.

Ключевые слова: экология; сланцевый газ; месторождения; риски; экологические аспекты; обоснование; гидравлический разрыва пласта; параметры; факторы.

Публикация подготовлена в рамках научного проекта РГНФ №15-02-00616 «Разработка механизма эколого-ориентированного технологического развития экономики».

Ссылка для цитирования этой статьи:

Маковецкий А.С. Методическое обеспечение эколого-экономического обоснования разработки месторождений сланцевого газа // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/140EVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/140EVN615

Статья опубликована 25.11.2015.

Освоение традиционных газовых месторождений и добыча газа из плотных геологических пород, включая добычу метана из угольных пластов и добычу сланцевого газа, сопровождается серьезной антропогенной нагрузкой на окружающую природную среду, в частности рискам подвергаются геологические формации, поверхностные воды, подземные водоносные горизонты, атмосферный воздух, земли и т.д. В то же время каждый из этапов технологической цепи освоения газсланцевого месторождения в большей или меньшей степени представляют опасность – геологоразведка, возведение и эксплуатация буровых площадок, совмещение методов вертикального и горизонтального бурения скважин, проведение операций гидроударов, добыча и подготовка газа, его транспортировка до потребителя, очистка жидкости после операций гидроразрыва пласта и т.п.

При бурении скважины для добычи сланцевого газа возникает определенная связь между вскрытыми геологическими пластами и атмосферой. Ошибки и недочеты на стадии проектирования системы скважин или на этапе бурения, например при цементировании затрубного пространства обсадной колонны, приводят к тому, что грунтовые воды, метан, химические смеси для операций ГРП и прочие вредные вещества могут свободно попадать в соседние геологические формации, в том числе оказываться на поверхности, нанося непоправимый ущерб водоносным горизонтам, почвам и атмосфере.

Использование технологии гидроразрыва пласта (далее – ГРП) для увеличения коэффициента извлечения газа из сланцевых пород оборачивается разрушением газоносных сланцевых формаций, и кроме того оседанием в недрах опасных химических веществ, способных загрязнить водоносные горизонты и при определенных условиях попасть на поверхность.

Освоение газсланцевого месторождения сопровождается изъятием достаточно крупных земельных участков, на которых располагается вся необходимая инфраструктура – транспортная, энергетическая, водопроводная и другая. На таких участках необходимо разместить элементы системы газодобычи (непосредственно буровые установки, площадки подготовки и сбора газа, дожимные компрессорные станции и т.д.) и специальные хранилища для химической смеси, в состав которой входят и высокотоксичные элементы, которые при проливе могут основательно загрязнить почвенный слой, поверхностные и грунтовые воды. Помимо перечисленных объектов инфраструктуры, существует необходимость создания специальных систем для временного хранения (цистерны, пруды-отстойники и прочее) и переработки жидкости, используемой при ГРП. [1, 2]

В то же время для освоения и эксплуатации газсланцевого месторождения необходимо использование большого количества автотранспортных средств, разнообразной строительной и сопутствующей техники (экскаваторов, бульдозеров, буровых и компрессорных установок, речные суда, вертолеты и т.п.), которая также наносит определенный ущерб окружающей природной среде.

Наконец, от эксплуатации газсланцевого месторождения такие виды загрязнений как химическое и шумовое, оказывают крайне негативное влияние на население, проживающее вблизи месторождений, а также на флору и фауну, располагающуюся в зоне воздействия вредных факторов.

Освоение газсланцевого месторождения и добыча сланцевого газа сопряжена с рядом специфических особенностей. Высокая плотность сланцев и чрезвычайно низкая газонасыщенность вмещающей породы предполагает разрушение газоносных геологических формаций с помощью мощных гидроударов под давлением для увеличения газоотдачи месторождения. Тогда как высокая рассеянность метана в сланцевых пластах заставляет компании-операторы месторождений бурить все больше скважин с сочетанием технологий

вертикального, горизонтального и веерного бурения, как это схематически показано на рисунке 1. Следовательно, при освоении месторождения и добычи газа из сланцевых пород, в значительных масштабах осуществляется воздействие на недра и окружающую природную среду.

Добыча газа из сланцевых месторождений имеет специфические особенности. В силу высокой плотности и прочности газоносного сланца, для высвобождения газа из сланца практически единственной технологией является разрушение пласта с помощью гидроразрыва пласта. При этом низкая газонасыщенность пласта вынуждает разрушать пласт многократно и в разных направлениях с использованием технологии веерного бурения (получившего широкое распространение в 2008 – 2009 гг.), как это схематически показано на рисунке 1. Таким образом, при добыче сланцевого газа воздействие на недра осуществляется в значительных масштабах.

Необходимо отметить, что добыча сланцевого газа пока сопряжена с целым рядом трудностей:

- Высокие экологические риски.
- Высокие инвестиционные риски.
- Горизонтальное бурение, несмотря на применение новейших технологий, на данный момент обходится примерно в 4 раза дороже вертикального [6]. Вследствие этого себестоимость добычи СГ на порядок выше традиционного – в США она составляет, по разным оценкам, от 150 до 200 долл. за тысячу кубометров [7].
- Месторождения сланцевого газа быстро истощаются (примерно 8-12, иногда не более 5 лет по сравнению с 30-40 у «традиционных» скважин). [5]
- СГ имеет значительно более низкий КПД по сравнению с традиционным газом. [5]
- В общей структуре запасов газа СГ занимает, по разным оценкам, не более 4%. [5]
- У США ушло более 20 лет на разработку технологий добычи СГ. Даже с учётом того, что сегодня эти технологии доступны другим странам, им может потребоваться весьма значительное время, чтобы освоить у себя добычу СГ.

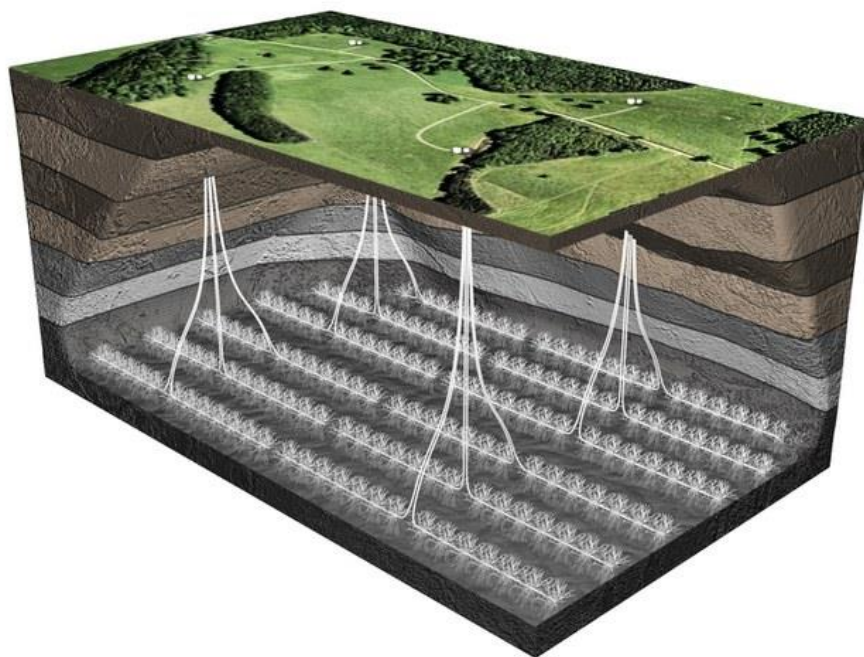


Рисунок 1. Схема освоения (разбуривания и гидроразрыва) месторождения сланцевого газа [10]

Однако, несмотря на вышеперечисленные негативные факторы, большинство экспертов считает добычу сланцевого газа весьма многообещающей, поскольку в долгосрочной перспективе она позволит многим странам как диверсифицировать импорт газа, так и добывать его самостоятельно для внутреннего потребления. Международное энергетическое агентство (МЭА) в своём прогнозе развития газодобывающей отрасли отводит сланцевому газу существенную роль в формировании будущего газового рынка. Будущее сланцевого газа выглядит особенно оптимистично на фоне прогнозов о том, что через два с лишним десятилетия природный газ займет второе место после нефти в структуре мирового энергобаланса. [9]

К настоящему времени широкомасштабная добыча сланцевого газа ведется только в США, где доля этого газа в общей добыче метана приближается к 20%. Определенный опыт по добыче сланцевого газа накоплен уже в Канаде и Великобритании. В государствах Европы (Германии, Венгрии, Румынии, Франции, Чехии, Польше и др.), Аргентине, Южноафриканской республике, Китае к проблеме освоения месторождений сланцевого газа относятся с разной степенью осторожности, понимая, насколько серьезными последствиями для окружающей природной среды и населения чревата ошибочная политика в этой области. Именно поэтому, используя опыт тех стран, которые столкнулись с экологическими и иными проблемами, сопровождающими процесс освоения месторождений сланцевого газа, и, в первую очередь, США, следует провести эколого-экономическое обоснование разработки сланцевого газа и подвести итоги первого этапа развития этого направления газодобывающей промышленности.

Эколого-экономическое обоснование разработки ресурсов газсланцевых месторождений достаточно специфично, а, следовательно, в современных условиях данная проблема требует большего внимания, нежели то, которое ей уделялось ранее.

Для формирования такого обоснования необходимо решить следующие задачи:

1. Определить ключевые параметры для принятия хозяйственного решения о разработке месторождения сланцевого газа;

2. Выявить факторы, влияющие на эколого-экономическое обоснование добычи сланцевого газа;
3. Установить взаимосвязь параметров и факторов с помощью методов экспертных оценок;
4. Сформулировать экономико-математическую модель, целевой функцией которой является максимизация эффективности варианта освоения газосланцевого месторождения.

Вне всякого сомнения, чем сложнее и многограннее исследуемая система, подсистема или явление, тем более сложными представляются процессы разработки и формирования экономико-математической модели и методики моделирования исследуемого объекта.

В экономике природопользования известные нам экономико-математические модели можно выделить на два самостоятельных укрупненных класса:

1. микроэкономические модели (модели, которые отражают структуру, функционирование и планирование деятельности отдельной организации, группы организаций, подотрасли или отрасли предприятий);
2. макроэкономические модели (модели промышленной системы страны, которые могут охватывать от 20 различных отраслей до хозяйства всей страны).

Первичная информация, получаемая в процессе производства, потребления и перераспределения материальных ценностей должна являться общей для моделей различных классов и уровней, при этом входная и выходная информация для формирования таких моделей должна охватываться сетью прямых и обратных связей. Немаловажную роль в процессе формирования комплексов моделей играют следующие факторы: размерность моделей, методология их реализации и степень подробной детализации их показателей в общем объеме информации, который обрабатывается и циркулирует на каждом из уровней.

В то же время, классификация экономико-математических моделей в экономике природопользования может быть рассмотрена в тесном сочетании с методами математического анализа и синтеза экономических систем. В таком случае микроэкономические модели можно поделить на четыре укрупненных вида: 1 - вероятностно-статистические модели, которые используют набор экономико-статистических методов; 2 - матричные модели, использующие балансовые методы; модели оптимального программирования, реализующие методы оптимального планирования; модели оптимального управления, связанные с методологией системного анализа.

Формируя классификацию экономико-математических моделей на основе набора методов, которые они используют и реализуют, необходимо не забывать о различии экономико-математических моделей и методов, и набора взаимосвязей между ними. Существенное отличие методов от моделей заключается в том, что методы позволяют нам определить всю совокупность решаемых в экономике задач, тогда как модели – совокупность математических методов, необходимых для решения. В свою очередь, уровень их взаимосвязи определяется тем, что решение конкретной экономической задачи или проведения ряда экономических исследований с помощью экономико-математических методов всегда начинается с формирования экономико-математической модели. Для реализации и внедрения такой модели, которая в полной мере достоверно и адекватно описывает тот или иной экономический процесс, т.е. для приведения модели до числа, в свою очередь так же пользуются набором различных математических методов.

При проведении анализа структурных и территориальных отличительных особенностей функционирования добывающих отраслей промышленности необходимо

опираться на конкретные количественные характеристики, включая приемы экономико-математического моделирования, смысл которого заключается в том, что на основе наблюдения количественных взаимосвязей между рядом факторов (эколого-экономических, социальных, технических и других) найти такое решение, которое станет оптимальным с позиции того или иного критерия (ограничения).

Изначально экономико-математическое моделирование добывающих и других отраслей сводилось к решению задачи оптимального (рационального) размещения производства. Со временем его функции существенно расширились и, в настоящее время, стали включать разные направления развития промышленных предприятий, в том числе аспекты рационального природопользования и ресурсосбережения.

Ограничением (критерием) оптимальности по обыкновению принимается или минимум затрат при определенном объеме производства, или же максимум экономического эффекта при известном объеме затрат.

В качестве исходных объектов в таких моделях могут приниматься самостоятельные промышленные организации (или их объединения), цехи, отдельные участки работ и варианты возможного их развития. В то же время в качестве искомой величины может выступать интенсивность способа функционирования объекта моделирования, который может выражать либо масштаб производства, либо объем транспортировки продукции от мест производства до потребителя в зависимости от конкретных условий задачи.

Ответственным моментом при постановке конкретной экономической задачи является правильный и полный учет всех возможных ограничений. Ключевые критерии (ограничения) должны приниматься по потребностям, с одной стороны и по ресурсам – с другой.

В соответствии с целями странового развития и обеспечением потребностей экономики в продукции минерально-сырьевого сектора с минимальными затратами и достижением необходимого уровня эколого-экономического благосостояния жителей территории эффективность функционирования любых подсистем определяется по вкладу в достижение этих целей.

Применительно к оценке эффективности использования ресурсов газосланцевых месторождений эти цели, в общем виде могут быть сформулированы как повышение конкурентоспособности продукции ресурсов сланцевых месторождений, повышение сырьевой и энергетической безопасности развития экономики региона и государства и достижение на этой основе более высоких показателей уровня жизни населения территории.

На основе эколого-экономического обоснования разработки ресурсов сланцевого газа должно приниматься хозяйственное решение о разработке сланцевого газа.

Высокий уровень конкурентной среды заставляет каждое лицо, которое принимает определенное хозяйственное решение, обращать внимание на качество и эффективность принятия последнего. При этом особое место в системе показателей, которые дают возможность определить целесообразность принятого хозяйственного решения, занимает его качество. Качество хозяйственного решения определяется совокупностью его параметров, которые удовлетворяют конкретного потребителя или их группу и обеспечивают реальность его внедрения.

В случае принятия хозяйственного решения о разработке месторождения сланцевого газа на его качество могут воздействовать следующие параметры:

1. Глубина залегания, эффективная толщина, пористость газоносных сланцев и др. Анализ показателей разрабатываемых плеев в США позволяет отметить ряд характерных особенностей. Глубина залегания газоносных сланцев, как и традиционных месторождений

нефти и газа, находится в очень широком диапазоне от 150 до 4100 м., при этом мощности пластов находятся в диапазоне от 6 до 600 м. (Таблица 1). Пористость сланцев варьируется от 2% до 14%.

Таблица 1

Показатели основных газосланцевых плеев США [8]

Название плея	Barnett	Fayetteville	Haynesville	Marcellus	Woodford	Antrim	New Albany
Площадь распространения плея, км ²	13000	23300	23300	246000	28500	31000	112600
Глубина залегания газоносных сланцев, м	2000-2600	300-2100	3200-4100	1200-2600	1800-3350	200-670	150-600
Эффективная толщина, м	30-180	6-60	60-100	15-60	35-65	20-35	15-610
Общая пористость, %	4-5	2-8	8-9	10	3-9	9	10-14
Газосодержание, м ³ /т	8,4-10	1,6-6,1	2,8-9,2	1,6-2,8	5,6-8,4	1,1-2,8	1,1-2,2

Высокая плотность породы и как следствие низкие фильтрационно-емкостные свойства определяют необходимость бурения большого количества горизонтальных скважин и применение технологии гидроразрыва пласта (ГРП).

Длина горизонтального ствола варьируется от 700 до 3 000 м. Данные факторы существенно влияют на стоимость скважины и себестоимость добываемого газа. Публикуемые данные о стоимости скважины с учетом проведения ГРП варьируются в диапазоне от 3 до 10 млн. долларов США, а себестоимость добычи – от 100 до 175 \$/тыс. м³.

2. Коэффициент проницаемости. Проницаемость горных пород пласта – это способность пород пласта пропускать жидкость и газ при перепаде давления. При относительно небольших перепадах давления в нефтяных пластах многие породы в результате незначительных размеров пор оказываются практически непроницаемыми для жидкостей и газов (глины, сланцы и т.д.). Хотя при сверхвысоких давлениях все горные породы проницаемы. Для оценки проницаемости горных пород применяется открытый в 1856 году линейный закон фильтрации Дарси, который установил зависимость скорости фильтрации жидкости от градиента давления.

Проницаемость пористой среды, м² (к) определяется как:

$$k = \eta \frac{q_{\phi} \cdot L}{\Delta P \cdot F}, \quad (1.1)$$

где η - динамическая вязкость флюида, Па·с; q_{ϕ} - объемный расход флюида (дебит), м³/с; L - длина образца пористой среды, м; $\Delta P = P_1 - P_2$ - перепад давления, Па; F - площадь фильтрации, м².

Единица проницаемости называемая Дарси (Д), соответствует проницаемости горной породы, через поперечное сечение которой, равное 1 см², при ламинарном режиме фильтрации, при перепаде давления в 1 атм на протяжении 1 см в 1 сек. проходит 1 см³ жидкости, вязкость которой 1 сП.

Проницаемость пород, служащих коллекторами, может быть выражена в миллиарси (мД), мкм² или м².

По значению проницаемости продуктивные пласты делятся на:

- Низкопроницаемые (от 0 до 100 миллиарси (мД));
- Среднепроницаемые (от 100 мД до 500 мД);
- Высокопроницаемые (более 500 мД).

Сланцевый газ от традиционного отличается экстремально низкими коллекторскими свойствами вмещающих отложений (проницаемость ниже 0,1 мД, максимальный коэффициент извлечения не превышает 20 %).

3. Капитальные затраты на сооружение скважин. Средняя стоимость скважины на плее Barnett составляет от 2,5 до 6,5 млн. долларов, для плеев Fayetteville – 2,8 млн., для плее Marcellus – 5 млн., дороже всего обходится сооружение скважин на плее Haynesville – 9,2 млн. Капитальные затраты на сооружение скважин на сланцевый газ, несмотря на развитие технологий, в последние два-три года несколько возросли из-за удорожания материалов, роста заработной платы и ужесточения экологического контроля, а также повышения технологических показателей самих скважин. Удельные капитальные затраты также в высокой степени зависят от объема газа, извлекаемого из скважины [4].

4. Расчётная максимальная газоотдача (коэффициент извлечения). Самым сложным вопросом является экономически оправданный коэффициент извлечения сланцевого газа. Он зависит от степени трещиноватости и проницаемости пласта, удаления района добычи от основных потребителей, системы налогообложения и многих других факторов. В рамках правительства США существуют весьма различные оценки по добыче извлекаемых ресурсов сланцевого газа. Министерство энергетики США EIA использует очень щедрый расчет средней эффективности извлечения сланцевого газа в 13% по сравнению с другими консервативными оценками в половину этого или 7%, в отличие от коэффициента извлечения 75-80% для обычных газовых месторождений.

Лучшие сланцевые скважины в США имеют коэффициент извлечения (Estimated Ultimate Recovery, EUR) от 150 до 300 млн. куб. м, но чаще показатель EUR в 10-100 раз ниже. Средний показатель EUR для одной скважины на плее Fayetteville за весь срок ее эксплуатации составляет 85 млн. куб. м, на Marcellus – 153 млн. куб. м, на Haynesville – 190 млн. куб. м. Извлечение газа из скважины увеличивается с накоплением производственного опыта и развитием технологий. Также этот показатель напрямую зависит от длины горизонтального участка ствола скважины, которую во многих штатах ограничивают регуляторы.

5. Операционные затраты на добычу. Операционные затраты на добычу – наиболее переменчивая величина в сланцевой газодобыче, напрямую зависящая от производственной специфики компании и условий добычи. Существенное падение дебита скважин приводит к тому, что процесс ГРП приходится повторять до десяти раз в год на каждой территории разработки месторождения сланцевого газа, что приводит к дополнительным операционным затратам.

Существенное падение объемов добычи приходится компенсировать за счет добуривания новых скважин. При этом надо учитывать, что оборудование горизонтальной скважины для добычи сланцевого газа обходится примерно в полтора-два раза дороже, чем традиционная вертикальная. Добыча сланцевого газа имеет чрезвычайно экстенсивный характер, несет с собой большие затраты на создание все новых и новых скважин, а также

занимает обширные территории, что делает использование этой технологии проблематичным для густонаселенных стран.

Из статистики компаний-лидеров отрасли сланцевого газа (Chesapeake Energy, Devon Energy, Continental Resources, EOG Resources) следует, что доля операционных затрат в общем пуле затрат компаний отрасли составляет 41%. Еще 57% приходится на капитальные затраты и амортизацию (DD&A), остальные 2% на администрирование и прочие затраты.

6. Близость к рынкам сбыта и к доступу в магистральную сеть. Относительно равномерное распределение газоносных сланцевых формаций на территории США является выгодной особенностью сланцевых пород на территории страны. Такая равномерность максимально приближает извлеченный из недр сланцевый газ к магистральным трубопроводам и как следствие к рынкам сбыта и конечным потребителям. Эта особенность в то же время повлияла на развитие всей отрасли, предопределила успех так называемой «сланцевой революции», сведя к минимуму расходы на транспортировку сланцевого газа.

7. Уровень текущих и прогнозируемых цен на газ. Специалисты крупнейшей нефтегазовой корпорации Канады EnCana пришли к выводу, что диапазон цен на «голубое топливо», при котором компании-операторы газосланцевых месторождений будут получать достаточную для дальнейшего роста прибыль, составляет 140-210 долларов за тыс. куб. м сланцевого газа. Эксперты МЭА в своем ежегодном обзоре Medium-Term Gas Market Report (2012) полагают, что при цене ниже 105 долларов за тыс. куб. м увеличения добычи сланцевого газа не произойдет. Рост добычи возможен лишь с прогнозируемым повышением цен на газ до 140 долларов за тыс. куб. м к началу 2017 года.

8. Срок инвестиционного цикла. Короткий срок инвестиционного цикла проектов по освоению газосланцевых месторождений является еще одной немаловажной особенностью сланцевой газодобычи. Инвестиционные циклы крупнейших мировых традиционных месторождений могут охватывать целые десятилетия, и на весь период такого цикла существует необходимость присутствия главных компонентов экономической эффективности – наличия постоянного рынка сбыта и приемлемых для компании-оператора цен на газ. Достаточно невысокий срок освоения и эксплуатации газосланцевого месторождения дает возможность более оперативно подстраиваться под динамические требования рынка и вносить коррективы в текущую инвестиционную политику. Развитие и рост доли добычи газа сланцевых месторождений делает всю газовую отрасль страны более гибкой, что позитивно сказывается на рыночном балансе и экономике государства.

9. Срок эксплуатации скважин газосланцевого месторождения. Месторождения сланцевого газа быстро истощаются, как показывают открытые данные о добыче газа на сланцевой залежи Barnett, продуктивность уже действующих скважин падала гораздо быстрее, чем на традиционных месторождениях. Средний «срок жизни» газовых скважин составляет в США 30-40 лет, но на Barnett около 15% скважин, пробуренных в 2003 году, уже через пять лет исчерпали свой ресурс.

10. Низкая теплотворная способность сланцевого газа. Первым свойством, снижающим полезность сланцевого газа, является его низкая теплотворная способность. Себестоимость добычи сланцевого газа около 200-250 долларов за 1 тыс. куб. м., но при этом, у сланцевого газа Удельная теплота сгорания в 2,5 раза ниже чем у природного. То есть, на 1 тыс. куб. м. природного газа необходимо 2,5 тыс. куб. м. сланцевого.

11. Существенное падение дебита скважин. Сразу после вскрытия скважины давление выходящего из земли газа и его объемы (дебиты) весьма высоки. Однако поскольку емкость хранящих газ трещин все же невелика, то в течение года эти показатели падают на

70–75%. Например, если на начальном этапе скважина поставляет 200–500 тысяч кубометров в сутки, то через год это будет всего лишь 8–10 тысяч.

Обобщая вышесказанное, объединим перечисленные параметры, являющиеся ключевыми для принятия решения о разработке месторождения сланцевого газа, в три группы: технико-технологические, природные и экономические (Таблица 2).

Экологические, социальные, экономические, политические, инфраструктурные, и технологические факторы эколого-экономического обоснования добычи сланцевого газа оказывают различное влияние на выявленные параметры и наоборот.

Таблица 2

Ключевые параметры для принятия хозяйственного решения о разработке месторождения сланцевого газа

Группы параметров	Значение параметров
Технико-технологические	Близость к конечному потребителю; Близость к доступу в магистральную сеть; Коэффициент извлечения; Срок эксплуатации сланцевых скважин; Существенное падение дебита скважин.
Природные	Площадь распространения плея; Глубина залегания газоносных сланцев; Эффективная толщина; Общая пористость; Газосодержание; Коэффициент проницаемости; Низкая теплопроводная способность сланцевого газа.
Экономические	Капитальные затраты на сооружение скважин; Операционные затраты на добычу; Текущие и прогнозируемые цены на газ; Срок инвестиционного цикла проекта.

Для установления такого взаимовлияния необходимо использовать процедуру получения оценки решения проблемы обоснования разработки газосланцевых месторождений на основе мнения специалистов (экспертов) с целью последующего принятия решения (выбора).

Важное значение математических методов и моделей для решения различных проблем в экономической науке, в частности в экономике природопользования, объясняется тем, что с их помощью можно успешно вскрывать новые закономерности экономических явлений, управлять сложными экономическими системами, анализировать аварийные ситуации, механизировать и автоматизировать инженерный и управленческий труд, создавать новые информационные системы управления. А в данном случае применение методов экспертных оценок и математического моделирования позволит принять качественное хозяйственное решение о разработке месторождения сланцевого газа.

Публикация подготовлена в рамках научного проекта РГНФ №15-02-00616 «Разработка механизма эколого-ориентированного технологического развития экономики».

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишняков Я.Д., Киселева С.П. Обеспечение экологической безопасности горно-металлургического комплекса. (Тезисы доклада) Актуальные проблемы экологической безопасности и здоровья нации: Материалы международной научно-практической конференции. Москва, 2008 г. – М.: МАЭП, 2008.
2. Киселева С.П. Геолого-экономическая оценка и инвестиционная привлекательность месторождений минерального сырья. Журнал актуальной научной информации «Вопросы экономических наук», №3-2008. М.: Изд-во «Компания Спутник+», 2008 г.
3. Маковецкий А.С. Рычаги влияния налоговой системы на регулирование добычи сланцевого газа. Материалы 20-й Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы управления-2015». М.: ГУУ 2015 г.
4. Мельникова С.И. «Сланцевая революция» в США: внутренние и глобальные изменения на энергетических рынках / Мельникова Светлана Игоревна, Сорокин Сергей Николаевич // Экономический журнал Высшей школы экономики. - 2013. - Т. 17, №3. - С. 456 – 478.
5. Сланцевый газ, мифы и перспективы мировой добычи // <http://pronedra.ru/gas/2011/12/23/slancevyj-gaz/>.
6. Сланцевый газ: революционный энергоисточник или мыльный пузырь? // <http://www.uaenergy.com.ua/c225758200614cc9/0/225d674f5d0b645dc225767800430796>.
7. Сланцевый пшик // Независимая газета 2012.05.15 // http://www.ng.ru/energy/2012-05-15/12_slantsevy.html.
8. All Consulting J. Daniel Arthur, Brian Bohm, Bobbi Jo Coughlin, Mark Layne, Evaluating the Environmental Implications of Hydraulic Fracturing in Shale Gas Reservoirs, 2008.
9. Golden Rules for a Golden Age of Gas // International Energy Agency, page 77, 2012.
10. Shale gas: a provisional assessment of climate change and environmental impacts, Tyndall Centre for Climate Change Research, 2011.

Рецензент: Статья рецензирована членами редколлегии журнала.

Makovetskiy Alexey Sergeevich
State University of Management
Russia, Moscow
E-mail: makovee@yandex.ru

Methodological support of ecological-economic substantiation for the development of shale gas fields

Abstract. The reserve depletion of traditional sources of energy such as natural gas and oil, power consumption rates of growth and the obvious tendency to increasing dependence on import of energy resources in a number of states promoted the active search, study and development of alternative energy sources. The "shale revolution" in the United States of America forced several countries to consider the feasibility of implementing large-scale development of shale gas fields. However the experience transfer of shale gas production to other continents is associated with the certain risks.

The article deals with the decision-making issue on the development of shale gas field with due account for the ecological and economic features of this production. The author considers the main risks facing the user of subsurface resources during the shale gas field development as well as concerns issues of the ecological-economic substantiation of development of shale gas field resources.

This article considers the questions of methodological support and the key parameters to substantiate and make the quality business decision on the development of shale gas field.

Keywords: ecology; shale gas; fields; risks; ecological aspects; substantiation; hydraulic fracturing; parameters; factors.

REFERENCES

1. Vishnyakov Ya.D., Kiseleva S.P. Obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti gorno-metallurgicheskogo kompleksa. (Tezisy doklada) Aktual'nye problemy ekologicheskoy bezopasnosti i zdorov'ya natsii: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moskva, 2008 g. – M.: MAEP, 2008.
2. Kiseleva S.P. Geologo-ekonomicheskaya otsenka i investitsionnaya privlekatel'nost' mestorozhdeniy mineral'nogo syr'ya. Zhurnal aktual'noy nauchnoy informatsii «Voprosy ekonomicheskikh nauk», №3-2008. M.: Izd-vo «Kompaniya Sputnik+», 2008 g.
3. Makovetskiy A.S. Rychagi vliyaniya nalogovoy sistemy na regulirovanie dobychi slantseвого газа. Materialy 20-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nye problemy upravleniya-2015». M.: GUU 2015 g.
4. Mel'nikova S.I. «Slantsevaya revolyutsiya» v SShA: vnutrennie i global'nye izmeneniya na energeticheskikh rynkakh / Mel'nikova Svetlana Igorevna, Sorokin Sergey Nikolaevich // Ekonomicheskij zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki. - 2013. - T. 17, №3. - S. 456 – 478.
5. Slantsevyy gaz, mify i perspektivy mirovoy dobychi // <http://pronedra.ru/gas/2011/12/23/slancevyj-gaz/>.
6. Slantsevyy gaz: revolyutsionnyy energoistochnik ili myl'nyy puzyr'? // <http://www.uaenergy.com.ua/c225758200614cc9/0/225d674f5d0b645dc225767800430796>.
7. Slantsevyy pshik // Nezavisimaya gazeta 2012.05.15 // http://www.ng.ru/energy/2012-05-15/12_slantsevy.html.
8. All Consulting J. Daniel Arthur, Brian Bohm, Bobbi Jo Coughlin, Mark Layne, Evaluating the Environmental Implications of Hydraulic Fracturing in Shale Gas Reservoirs, 2008.
9. Golden Rules for a Golden Age of Gas // International Energy Agency, page 77, 2012.
10. Shale gas: a provisional assessment of climate change and environmental impacts, Tyndall Centre for Climate Change Research, 2011.