

УДК 622.279

АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ И ТЕХНОСФЕРНОЙ ОПАСНОСТИ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА В ВОСТОЧНОЙ УКРАИНЕ

А.Н. Лопанов, проф., д.т.н., М.Н. Кравцов, доц., к.т.н.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Проанализированы проблемы добычи сланцевого газа, показана её опасность для людей и окружающей среды, приведена линейная модель зависимости эколого-экономического ущерба от загрязнения воды.

Ключевые слова: сланцевый газ, добыча, экологическая опасность, гидроразрыв, подземные воды, линейная модель, техносферная безопасность.

АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЇ І ТЕХНОСФЕРНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВИДОБУТКУ СЛАНЦЕВОГО ГАЗУ У СХІДНІЙ УКРАЇНІ

А.М. Лопанов, проф., д.т.н., М.М. Кравцов, доц., к.т.н.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Проаналізовано проблеми видобутку сланцевого газу, показана небезпека для людей і навколишнього середовища, наведена лінійна модель залежності еколого-економічного збитку від забруднення води.

Ключові слова: сланцевий газ, видобуток, екологічна небезпека, гідророзрив, підземні води, лінійна модель, техносферна безпека.

ASPECTS OF ECOLOGY AND TECHNOSPHERE DANGER OF SHALE GAS PRODUCTION IN EASTERN UKRAINE

A. Lopanov, Prof., Ph. D. (Eng.), M. Kravtsov, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),
Kharkov National Automobile and Highway University

Abstract. The problems of shale gas production are analyzed and its danger to people booth and the environnvunt is shown. A linear model of the dependence of the ecological and economic damage on water pollution is given.

Key words: shale gas, mining, environmental hazards, fracturing, groundwater, linear model, technosphere safety.

Введение

Добыча газа из горючих сланцев известна уже давно. Получения такого газа по традиционной схеме отличается наличием горизонтального бурения. Запасы сланцевых газов достаточно велики, в том числе в Европе (рис. 1).

Различные аспекты добычи сланцевого газа приведены в специальных исследованиях [1–3].



Рис. 1. Месторождения сланцев в Европе и сланцевые ареалы и месторождения в Украине

Специалисты из «EuroGas Inc.» отмечают, что глубина залежей сланцевого газа в Польше и Западной Украине во много раз превосходит глубину залежей газа из сланца месторождений Северной Америки.

Анализ публикаций

В статье «Сланцевый газ теснит природный» [4] автор С. Голубчиков рассказывает о возможностях добычи его специалистами России, Америки и других стран, а также о возникающих при этом рисках и опасностях для людей. Автор статьи «Экономические аспекты добычи сланцевого газа» В.А. Лавренчук [5] рассматривает экономическую целесообразность использования сланцевого газа как альтернативы традиционным первичным энергетическим ресурсам. В. Атанасов в журнале «Фокус» [6] рассматривает проблемы добычи сланцевого газа в Украине и возможные экологические, техногенные и технологические катастрофы.

Авторы многочисленных публикаций, опираясь на научные факты, аргументы и истинное положение, в том числе и на исследования ученых и других специалистов горнодобывающей отрасли высказываются о нецелесообразности добычи природного сланцевого газа методом нагнетания жидкости под высоким давлением в пробуренную скважину с целью образования там разрывов в породе, а также связи между собой и скважиной содержаниями углеводородов, поскольку это приносит огромный вред человечеству и экологии планеты Земля!

Цель и постановка задачи

Целью данной статьи является рассмотрение проблемы добывания сланцевого газа, кото-

рая затрагивает интересы граждан, проживающих в Восточной части Украины и России, а также наносит непоправимые экологические ущербы атмосфере.

Задачей является анализ, экологическая оценка и расчет эколого-экономического ущерба от загрязнения воздуха, воды, почвы при добыче сланцевого газа.

Проблемы добычи сланцевого газа в Восточной Украине

Днепровско-Донецкая впадина, в которую входит Харьковская и Донецкая области, имеет протяженность 1300 км в длину и 100 км в ширину. Характеристики по добыче природного сланцевого месторождения в Восточной Украине пока отсутствуют. Но имеются данные содержания керогена в природных горючих сланцах, которые составляют 20 %, 3-метровая залегающая толщина и глубина этого газа 500 м.

Указанная информация подлежит сомнению, так как не представлены достаточно надежные научные исследования. Отсутствие научных и инженерных исследований не помешало компаниям Royal Dutch, Shell подписать договор с правительством Украины на добычу природного газа из горючих сланцев Ново-Мечебилоского, Герсованоского, Мелеховского, Павловско-Светловского, Западно-Шебелинского и Шебелинского месторождений. Глубина залегания газа из горючих сланцев в Шебелинском месторождении составляет 6000 м, а ожидаемый объем этого газа более 400 млрд м³.

Специалисты США [1] оценили запасы природного сланцевого газа (табл. 1).

Таблица 1 Оценка количества запасов сланцевого газа, технически извлекаемого из отдельных бассейнов, по сравнению с запасами и потреблением 2009 г.

Страна	Рынок природного газа, 2009 г.			Запасы природного газа (триллионы кубических футов)	Технически извлекаемые запасы газа (триллионы кубических футов)
	производство	потребление	импорт (экспорт), %		
1	2	3	4	5	6
Европа					
Франция	0,03	1,73	98	0,2	180
Германия	0,51	3,27	84	6,2	8
Нидерланды	2,79	1,72	(62)	49,0	17
Норвегия	3,65	0,16	(2,156)	72,0	83
Великобритания	2,09	3,11	33	9,0	20

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Дания	0,30	0,16	(91)	2,1	23
Швеция	–	0,04	100		41
Польша	0,21	0,58	64	5,8	187
Турция	0,03	1,24	98	0,2	15
Украина	0,72	1,56	54	39,0	42
Литва	–	0,10	100		4
Другие страны	0,48	0,95	50	2,71	19
Сев. Америка					
США	20,6	22,8	10	272,5	862
Канада	5,63	3,01	(87)	62,0	388
Мексика	1,77	2,15	18	12,0	681
Азия					
Китай	2,93	3,08	5	107,0	1,275
Индия	1,43	1,87	24	37,9	63
Пакистан	1,36	1,36	-	29,7	51
Австралия	1,67	1,09	(52)	110,0	396
Африка					
ЮАР	0,07	0,19	63		485
Ливия	0,56	0,21	(165)	–	290
Тунис	0,13	0,17	26	54,7	18
Алжир	2,88	1,02	(183)	2,3	231
Марокко	0,00	0,02	90	159,0	11
Западная Сахара	–	–		0,1	7
Мавритания	–	–		1,0	0
Южная Америка					
Венесуэла	0,65	0,71	9	178,9	11
Колумбия	0,37	0,31	(21)	4,0	19
Аргентина	1,46	1,52	4	13,4	774
Бразилия	0,36	0,66	45	12,9	226
Чили	0,05	0,10	52	3,5	64
Уругвай	–	0,00	100		21
Парагвай	–	–			62
Боливия	0,45	0,10	(346)	26,5	48
Всего	53,1	55,0	(3 %)	1,274	6622
Всего в мире	106,5	106,7		6,609	

Примечание. 1куб. фут = 0,0283 м³

В 2010 г. получили лицензию на разведку в Украине сланцевого газа компании Exxon Mobil и Shell. В мае 2012 г. победителями в конкурсе по добыче природного газа из горючих сланцев в Юзовском (Донецкая область) и Олесском (Львовская область) месторождениях стали компании Shell и Chevron [5].

Соглашение между компанией Shell и «Надра Юзовская» о разделе продукции от добычи сланцевого газа на Юзовском участке Харьковской и Донецкой областей подписано 24 января 2013 г. в Давосе (Швейцария) при участии президента Украины. В октябре 2012 г. Shell произвела буровые работы первой поисковой скважины газа в уплотненных

песчаниках Харьковской области. Там предполагали, что промышленная добыча сланцевого газа этих участков произойдет в 2018–2019 г., но последующие события в Донбассе и Луганске отодвинули эти проекты на неопределенное время [6].

В апреле 2013 г. по инициативе общественного движения «Украинский выбор» в Харькове проведена конференция, где рассмотрены различные точки зрения на проблему добычи природного сланцевого газа. К сожалению, на конференции не представлены расчеты по экологическим ущербам, которые могут быть нанесены природе при добыче природного газа из горючих сланцев методом гидроразрыва. Отметим, что технология

гидроразрыва пласта разработана в 1953 г. академиком С.А. Христиановичем совместно с Ю.П. Желтовым в Институте нефти АН СССР. В СССР технология гидроразрыва применена в 1954 г. при добыче метана из угольных пластов, но промышленные разработки в области газодобычи из сланцев начали проводиться компанией Mitchell Energy&Development во главе с Джорджем П. Митчеллом с 1980 г. в США.

По технологии гидроразрыва в скважину закачивают раствор на основе воды (или другой жидкости) с химическими присадками под давлением, во много раз превышающим давление земных пластов. В результате этой технологии там образуются разнообразные по величине трещины, из которых выделяется сланцевый газ[3].

Одна усредненная операция гидроразрыва востребует 200 т песка, 4000 т воды и огромное количество химических реагентов. Статистика утверждает десятикратное годовое повторение гидроразрывов земельных пластов на скважинах при добыче сланцевого газа. А это негативно сказывается на образовании пустот в глубинных пластах земли и огромных водных затратах.

Более того, несмотря на то, что в технологиях добычи природного газа из горючих сланцев применяют воду, добытую из самой скважины, необходимы еще дополнительные затраты водных ресурсов.

Таким образом, добыча сланцевого природного газа из горючих сланцев сопряжена со многими и значительными рисками в сфере экологии, техносферной и пожарной безопасности.

Проведем некоторые оценки этих рисков. При загрязнении водного бассейна необходимо строго учитывать показатели опасных и вредных веществ (табл. 2).

Анализ показателей опасных и вредных веществ, приведенный в табл. 2, утверждает, что для бассейна реки Северский Донец величины относительной опасности имеют максимальное значение. Следовательно, максимальный ущерб населению и природе достигается при добыче природного газа из горючих сланцев именно в бассейне реки Северский Донец. Это регионы Украины и

России: Харьковская, Белгородская, Ростовская области, районы Азовского моря – Краснодарский край.

Таблица 2 Опасность вредных веществ водных бассейнов рек

Наименование бассейнов рек	Административный участок	Показатель относительной опасности
Нева (устье)	Санкт-Петербург, Псковская обл.	0,4
Северная Двина (устье)	Архангельская, Вологодская области	0,22
Дон (устье)	Тамбовская обл.	1,63
Северский Донец	Белгородская, Харьковская, Донецкая области	3,79
Дон	Ростовская обл.	1,87
Кубань	Краснодарский край	2,60
Обь	Новосибирская обл.	0,92
Енисей	Красноярский край	0,19
Амур	Хабаровский край	0,19
Волга (устье Оки)	Московская, Тульская, Орловская области	2,6

Приведем показательный пример. По бассейну реки Северский Донец из Белгородской в Харьковскую область поступают воды второй категории. В Ростовскую область вода идет уже четвертой категории – происходит существенное загрязнение водного бассейна промышленно развитых регионов Харьковской и Донецкой областей. Поэтому непонятно, почему в экологически напряженном регионе проводят изыскательские работы по добыче природного газа из горючих сланцев? Подобные работы целесообразно провести на западе Украины, где тоже обнаружены огромные месторождения сланцевого газа.

Проведем экологическую оценку ущерба загрязнения водного и воздушного бассейнов при работе одной скважины реки Северский Донец по линейным моделям, учитывающим величину данного ущерба от приведенной массы сброса, выброса [1]. Оценку проведем из следующих параметров работы скважины.

Средняя мощность скважины по газу – 50 000 м³/сутки (200 млн м³ газа за время ее эксплуатации – 10 лет). Общее количество гидроразрывов за время эксплуатации – 50. На один гидроразрыв требуется 4000 м³ воды с концентрацией реагентов 1 % (масс.). Параметры работы скважины представлены в табл. 3.

Таблица 3 Параметры работы скважины

Наименование параметра	Ед. измерения	Величина
Мощность скважины	м ³ /сутки	50 000
Время эксплуатации	годы	10
Количество гидроразрывов за время эксплуатации	шт.	50
Концентрация реагентов	% (масс.)	1
Объем раствора, затраченный на гидроразрыв	м ³	4000
Масса реагентов за время эксплуатации	т	2000
Масса реагентов, оставшихся в скважине	т	400

Линейная модель зависимости эколого-экономического ущерба от загрязнения воды построена по принципу пропорциональности величины ущерба от количества вредных веществ, поступивших в водный объект региона

$$\mathcal{E}_1^{\text{вод}} = \bar{K}_1 \cdot \gamma_2 \cdot \sigma_2 \cdot M_2,$$

где $\mathcal{E}_1^{\text{вод}}$ – экономический ущерб загрязнения водоема, грн/год; γ_2 – ущерб от сброса тонны вещества в водоем, равный 185,37грн/усл.т; σ – показатель относительной опасности веществ для данного региона; \bar{K}_1 – коэффициент, характеризующий состояние экономики общества (поправка на инфляцию, $\bar{K}_1 = 1$ для 1985 г.); M_2 – приведенная масса годового сброса, усл.т.

Приведенная масса годового сброса пропорциональна массе, умноженной на показатель относительной опасности вещества

$$M_2 = \sum_{i=1}^N \bar{B}_i \cdot m_i; \bar{B}_i = \frac{1}{\text{ПДК}_{\text{p/x}}},$$

где M_2 – масса, т; \bar{B}_i – относительная опасность вещества; $\text{ПДК}_{\text{p/x}}$ – предельно допу-

стимая концентрация вещества в водоемах рыбохозяйственного назначения.

Для одной скважины только для нескольких реагентов (5 компонентов) ущерб от загрязнения водного бассейна (табл. 4) составит более 200 млн долл. США [5].

Таблица 4 Приведенная масса 5 загрязняющих реагентов, остающихся в скважине

Компоненты	ПДК _{p/x} , мг/л	Масса, т	Приведенная масса, усл. т
Формальдегид	0,0535	50	935
Этиленгликоль	1	200	200
Метанол	3	90	30
Борная кислота	0,5	30	60
Пероксодисульфат аммония	0,055	1	18

Рассмотрим подробнее ущерб от загрязнения атмосферы. Этот ущерб определяется по формуле

$$\mathcal{E}_1^{\text{возд}} = \bar{k} \cdot \gamma_1 \cdot \delta_1 \cdot \bar{f} \cdot M_1,$$

где \bar{k} – коэффициент состояния экономики современного общества; γ_1 – ущерб от выброса в атмосферу одной условной тонны вещества (1,11 грн/усл.т); δ_1 – опасность вещества для данной территории; \bar{f} – поправка на характер рассеивания примесей в атмосфере; M_1 – масса годового выброса, усл.т/год.

По формуле определяется M_1

$$M_1 = \sum_{i=1}^N B_i \cdot m_i, B_i = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5,$$

где m_i – масса выброса, т/год; α_1 – относительная опасность вещества для человека; α_2 – коэффициент, учитывающий вероятность накопление вредного вещества в организм человека неингаляционным путем; α_3 – опасность вещества для природы (кроме человека); α_4 – вероятность вторичного поступления вредного вещества в атмосферу (образование пыли); α_5 – образование более токсичных веществ.

Поскольку за время эксплуатации скважины выброс в атмосферу составит от 4 до 16 млн т

углеводородов, экономические и экологические ущербы от загрязнения атмосферы природными газами из горючих сланцев для регионов России и Украины оцениваются на уровне 200–800 млн долларов США [3].

Если себестоимость сланцевого газа оценивать на уровне 100 долл. США за 1000 м³, то продавая газ по себестоимости, можно получить от 20 до 30 млн долл. с одной скважины за весь период эксплуатации – это меньше, чем эколого-экономический ущерб от работы скважины.

Таким образом, компании, осуществляющие добычу сланцевого газа, получают прибыль вследствие того, что не вкладывают денежные средства на воспроизводство окружающей природной среды и сохранение здоровья человека. В конечном итоге это приводит к деградации регионов.

Чтобы полностью прекратить использование Российского газа и перейти на сланцевый газ Украине потребуется около 1000 скважин. Легко просчитать, что возникнет серьезная экологическая проблема региона, связанная с загрязнением атмосферы и, что особенно опасно, водного бассейна [2].

В приведенных расчетах учтены затраты на воспроизводство устойчивого развития биосферы по показателям загрязнений, представленных в табл. 3, 4 и не учтено поступление в водный бассейн органических веществ из керогена.

Известно, что углеродсодержащая органика – кероген, это основной показатель эффективности воспроизводства сланцевого газа, добываемого из горючих сланцев. Это дополнительное поступление в водный бассейн Северского Донца сотен тонн фенольных и других соединений производных бензола. Например, ПДК по фенолу в воде не должно превышать 0,003 мг/л, по бензолу 0,1 мг/л. Приведенная масса указанных веществ составит тысячи тонн, а ущерб окружающей природной среде и человеку будут стоить сотни миллионов долларов США.

Выводы

Раскрыты проблемы производства сланцевого газа в Восточной Украине по технологии,

представляемой западными компаниями (Shell, Chevron и другие), по причине высокого техногенного ущерба окружающей природной среде, населению Украины и России.

Представлены расчеты по получению прибыли от добычи сланцевого газа, что несопоставимо с затратами на воспроизводство экологического равновесия, здоровья жизни людей – сотен миллионов долларов США.

При расчете себестоимости газа необходимо учитывать затраты на устойчивое развитие окружающей природной среды. Компании и фирмы, проводящие технико-экономические обоснования разработки сланцевого газа подобных расчетов не производят и не закладывают в себестоимость затраты на устойчивое воспроизводство природной среды и здоровья человека.

Литература

1. Mr. Keith Moodhe Analysis & Projections: World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the United States / Mr. Keith Moodhe, Mr. Scott Stevens Mr. Tyler Van Leeuwen, 2011. – April 5. – 365 p.
2. Быстров А.С. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды / А.С. Быстров. – М.: Экономика, 1986. – 96 с.
3. Лопанов А.Н. Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности: учеб. пособие / А.Н. Лопанов, Е.В. Климова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 200 с.
4. Голубчиков С. Сланцевый газ теснит природный / С. Голубчиков. – Режим доступа: <http://naukarus.com/slantsevyy-gaz-tesnit-prirodnyu>.
5. Лавренчук В.А. Экономические аспекты добычи сланцевого газа / В.А. Лавренчук. – Режим доступа: skynet@cyberleninka.ru.
6. Атанасов В. Ниже горизонта / В. Атанасов // Фокус. – Режим доступа: focus.ua.

Рецензент: А.В. Полярус, профессор, д.т.н., ХНАДУ.