

СЛАНЦЕВЫЙ ГАЗ: ЦЕНА ДОБЫЧИ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



А.А. Соловьянов

Сегодня о «сланцевом газе» (СГ) много говорят, пишут ученые, журналисты, предсказывая неминуемую революцию, ссылаясь на пример США, где по итогам 2012 года было добыто 220–250 млрд куб.м, или около 35% от общего национального объема добычи газа. За этот же период цена на природный газ в стране была снижена на 31%. В ряде регионов мира, как Северная Америка и Европа, значение СГ уже сейчас достаточно велико, так как его собственная добыча позволяет обрести независимость от иностранных поставщиков стратегического сырья. Но при этом у специалистов, экологов остается множество вопросов, в том числе, что принесет с собой добыча СГ, при которой используется технология гидроразрыва пласта, или фрекинга: только экономические выгоды или же и непредсказуемые последствия для людей и окружающей среды?

В предлагаемой статье автор предлагает ознакомиться с полученными результатами анализа освоения месторождений сланцевого газа на примере США с учетом всей специфики его добычи.

Введение

В 2011 году Международное энергетическое агентство (МЭА) выпустило очередной энергетический обзор (World Energy Outlook 2011), в котором, в частности, приводились оценки технически извлекаемых запасов сланцевого газа по всем регионам мира (Таблица 1). В общей сложности эти запасы были оценены в 187.402 млрд. м². Более поздние оценки (World Energy Outlook 2013) несколько изменили эти цифры, причем в сторону уменьшения.

К настоящему времени широкомасштабная добыча сланцевого газа ведется только в США, где доля этого газа в общей добыче метана превышает уже 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. В полной мере экологические последствия освоения месторождений сланцевого газа ощутили США. Анализ этих последствий посвящены многочисленные публикации. На их основе написана данная статья. Она же является предостережением тем странам (большая их часть перечислена в Таблице 1), которые собираются добывать сланцевый газ.

Добыча газа, как из традиционных коллекторов, так и из плотных пород, включая газоносные сланцевые и угольные пласты, связана со значительным воздействием на окружающую среду – на геологические структуры, подземные и поверхностные воды, атмосферный воздух, почвы и

земли. При этом в той или степени опасность представляют все стадии технологической цепочки - разведка, строительство буровой площадки, бурение горизонтальной и вертикальной скважин, гидроразрыв пласта, извлечение газа на поверхность, его подготовка, транспортировка и хранение.

В процессе сооружения основного производственного объекта газодобывающего производства, то есть при бурении скважины, во вскрытом ею интервале возникает гидравлический канал связи между проходимыми пластами и атмосферой. В случае ошибок при проектировании скважины, при нарушениях технологии бурения, некачественном цементировании ствола скважины, вскрытые пласты могут сообщаться между собой, что приводит к перетокам флюидов (газов, минерализованных или термальных вод, а также жидкостей, закачанных в скважину) между пластами. Содержащиеся в газо-

Таблица 1. Технически извлекаемые запасы сланцевого газа (данные МЭА, 211 год)

Регион/страна	Технически извлекаемые запасы сланцевого газа, млрд. м ²	Регион/страна	Технически извлекаемые запасы сланцевого газа, млрд. м ²
Европа		Северная Америка	
Франция	3.056	США	24.395
Германия	226	Канада	10.980
Нидерланды	481	Мексика	19.272
Норвегия	2.348	Азия	
Великобритания	566	Китай	36.082
Дания	651	Индия	1.782
Швеция	1.160	Пакистан	1.443
Польша	5.292	Австралия	11.206
Турция	425	Южная Америка	
Украина	1.188	Венесуэла	311
Литва	113	Колумбия	537
Другие	537	Аргентина	21.904
Африка		Бразилия	6.395
ЮАР	13.725	Чили	1.811
Ливия	8207	Уругвай	595
Тунис	509	Парагвай	1.754
Алжир	6537	Боливия	1.358
Марокко	311		

носных пластах газообразные вещества углеводородной природы, а также другие газы (углекислый газ, азот, сероводород, аргон, радон или др.) могут мигрировать к поверхности Земли, загрязняя по дороге подземные воды и, в конечном счете, атмосферный воздух. Подобным образом по вертикали и по горизонтали могут мигрировать различные компоненты буровых растворов.

Добыча из углеводородного 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.

Как следует из оценок [1], один гидроразрыв для шести скважин требует от 54 до 174 тысяч м³ свежей (пресной) воды и от тысячи до 3,5 тысяч м³ специальных химикатов, или же приблизительно 10–30 тысяч м³ свежей воды 160–60 м³ химикатов на скважину, то есть является весьма водозатратным. Для обеспечения же добычи 9 млрд м³ сланцевого газа в год в течение 20 лет на месторождении площадью от 140 до 400 квадратных километров придется пробурить до 3 тысяч скважин (суммарная площадь буровых площадок будет составлять от 740 до 990 га). Потребление свежей воды на таком месторождении может составить при однократном гидроразрыве приблизительно от 27 до 86 млн м³, а химикатов - приблизительно 0,5–1,7 млн м³.

Регулярное разбуривание и гидроразрыв сланцевого пласта является вынужденной мерой. Как правило, приток газа из добычной скважины уже

через год падает на 55–85%. Через 3 года приток может составлять лишь 10–15% от первоначального притока. При этом надо иметь в виду, что продолжительность всей технологической цепочки (строительство, бурение, гидроразрыв пласта) составляет до трех недель, а затраты на нее варьируют в зависимости от условий залегания пласта в интервале 4–15 млн. долларов.

Основными компонентами жидкости для гидроразрыва являются вода и проппант (песок), на долю которых приходится не менее 98% общего объема. Кроме того в жидкость добавляют различные химические вещества, которые должны снизить вязкость раствора, уменьшить его коррозирующую способность, предотвратить осаждение на стенках труб минеральных солей и т.д. Перечень химических веществ, которые добавляют в жидкость для гидроразрыва пласта, насчитывает [1], до семисот наименований, причем многие из этих веществ обладают и острым

Александр Александрович Соловьянов, д.х.н., профессор, директор Института экономики природопользования и экологической политики НИУ «Высшая школа экономики»

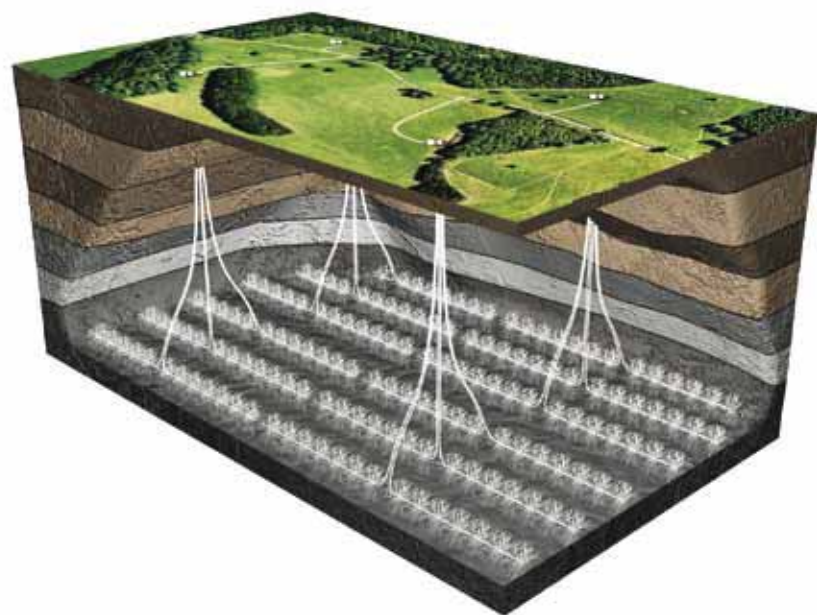


Рис. 1. Схема освоения (разбуривания и гидроразрыва) месторождения сланцевого газа [1]

токсическим действием, и являются также мутагенами и канцерогенами (бензол, 14-диоксан, окись этилена, акриламид, формальдегид и др.).

Смысл введения некоторых добавок состоит, например, в следующем:

- соляная кислота способствует растворению минералов;

- этиленгликоль препятствует отложениям на внутренних стенках труб;
- изопропиловый спирт, гуаровая камедь и борная кислота используются в качестве загустителей и веществ, поддерживающих вязкость;
- глутаральдегид и формамид противостоят коррозии;
- лёгкие фракции нефти используются для снижения трения.

При закачке жидкости в пласт и последующем его гидроразрыве происходит разрушение горных пород и вымывание из них различных веществ. В дальнейшем часть этой жидкости (жидкость обратного притока) возвращается на поверхность. Она содержит не только исходные химикаты, взвешенные и растворенные вещества, извлеченные из пласта, но и те газообразные вещества, которые находились в сланце. В частности содержание неорганических веществ в жидкости обратного притока может составлять от нескольких десятков до нескольких сотен тысяч ppm (Таблица 2).

Большая часть жидкости обратного притока рано или поздно откачивается

Таблица 2. Содержание растворенных неорганических веществ в водах обратного притока различных месторождений США [2]

Месторождение	Средняя концентрация растворенных неорганических веществ, ppm	Максимальная концентрация растворенных неорганических веществ, ppm
Fayetteville	13.000	20.000
Woodford	30.000	40.000
Barnett	80.000	>150.000
Marcellus	120.000	>280.000
Haynesville	110.000	>200.000

Таблица 3. Сопоставление потерь метана при добыче традиционного и сланцевого газа в процентах от объема производства во время всего жизненного цикла [4]

	Традиционный (природный) газ	Сланцевый газ
Выбросы во время строительства скважины	0,01%	1,9 %
Продувка скважин и утечки из оборудования в месте расположения скважины	0,3–1,9%	0,3–1,9 %
Выбросы во время перелива жидкостей	0–0,26%	0–0,26 %
Выбросы во время переработки газа	0–0,19%	0–0,19 %
Утечки во время транспорта, хранения и распределения	1,4–3,6 %	1,4–3,6 %
Потери в целом	1,7–6,0 %	3,6–7,9 %

г/МДжоуль

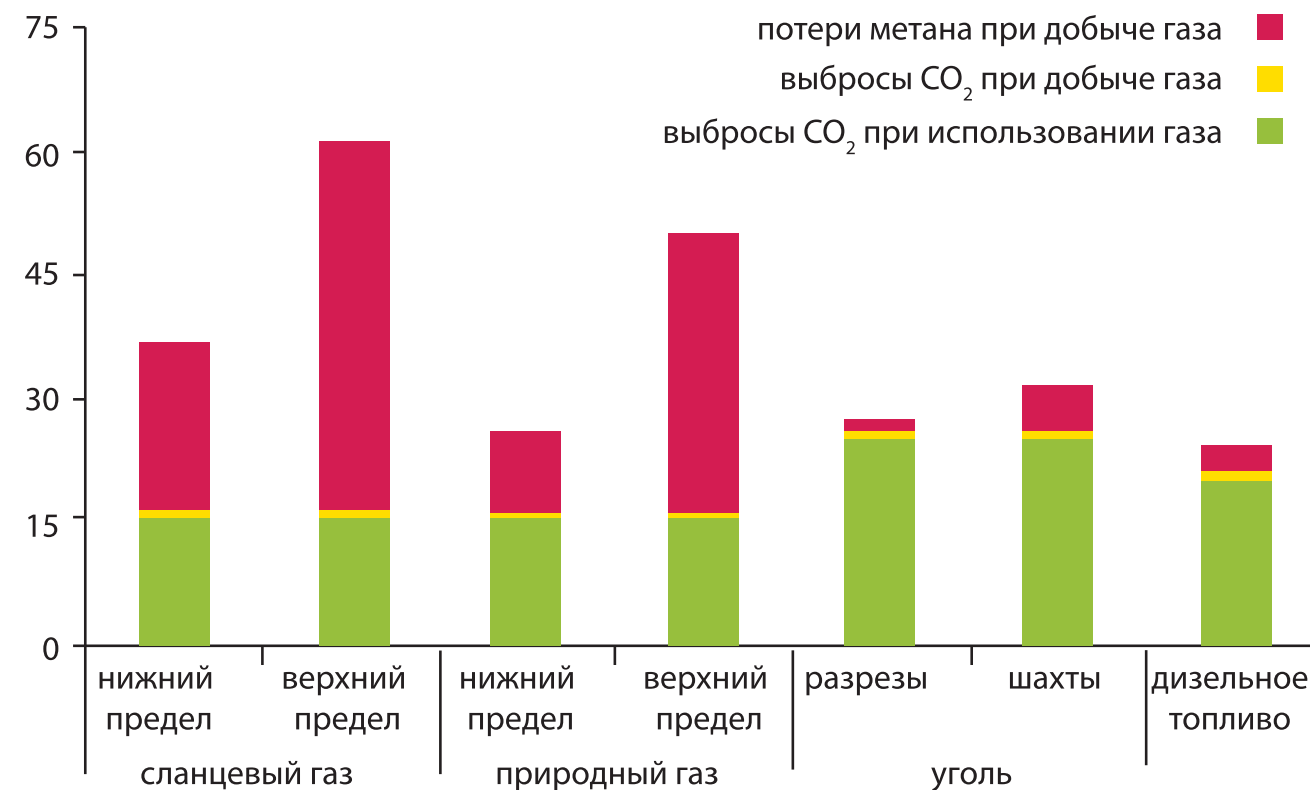


Рис. 2. «Углеродный след» при добыче и использовании различных видов топлива в интервале 20 лет [4]

с места разработки и направляется на очистку. Однако возможны проливы этой жидкости при перекачке или при транспортировке по трубопроводам, что влечет за собой загрязнение почвы или поверхностных водоемов. Поскольку жидкость обратного притока содержит большой набор органических и неорганических веществ, многие из которых обладают токсичностью или мутагенным действием, попадание их на почву или в водоемы неизбежно приводит к гибели или деградации природных экосистем.

Объем жидкости обратного притока составляет 15-75% от исходного объема закачки. Продолжительность обратного притока может составлять от 7 до 14 дней.

Воздействие на атмосферный воздух

В газ, который добывается из сланцевых месторождений, расположенных по всему миру, в качестве основного компонента входит метан, ради которого, собственно, и идет разработка месторождений. Кроме метана

в сланцевом газе можно обнаружить [3] такие летучие углеводороды, как этан, пропан, а также негорючие газы (CO₂ и N₂). Как правило, доля метана в сланцевом газе составляет более 80%, но есть месторождения (например, Antrim в США), где его доля в отдельных участках не превышает 30%. При бурении, гидроразрыве пласта, добыче газа, подготовке газа и т.д. часть этих газообразных веществ оказывается в атмосферном воздухе.

Анализ показывает (Таблица 3), что в целом потери метана при добыче сланцевого газа могут составить от 3,6 до 7,9% от общего объема добычи, что заметно выше, чем при добыче природного газа из традиционных коллекторов. При этом в сравнении с добычей природного газа к наибольшим потерям ведет стадия подготовки к добыче, а, точнее, потери газа, который выходит после гидроразрыва пласта (в течение 7–14 дней) с жидкостью обратного притока.

Для некоторых скважин месторождения Haynesville США [4] за 10 дней обратного притока потери метана

достигали 6,8 млн. м³ или в среднем по 680 тысяч м³ в день. Для других месторождений потери во время обратного притока были намного ниже. Однако в обоих случаях ежедневные потери были сравнимы с дебитом скважины при добыче метана на начальном этапе эксплуатации.

Аналогичные данные получены при рассмотрении жизненного цикла скважин месторождения Marcellus [5]. Чаще всего выбросы из скважин при обратном притоке варьируют в интервале 0,6–2,5 млн. м³, однако в отдельных случаях они могут достигать 4–13 млн. м³. В среднем же выбросы составляют около 2 млн. м³. Таким образом, речь идет о весьма значительном загрязнении атмосферного воздуха метаном (и сопутствующими ему газами) в районе освоения месторождений сланцевого газа.

Воды обратного притока были причиной загрязнения атмосферного воздуха и другими веществами. В большинстве случаев эти воды, содержащие как исходные химикаты,



используемые при гидроразрыве пласта, так и вещества, вымытые из вмещающих пород, поступают в специальные наземные хранилища. В результате летучие органические соединения, в число которых входят бензол, толуол, кумол, формальдегид, окись этилена и др., могут испаряться и поступать в атмосферный воздух. Кроме того, опасные летучие вещества могут поступать в атмосферный

воздух и через оголовки скважинного оборудования.

Следует отметить, что проблема «углеродного следа» при добыче сланцевого газа занимает очень многих исследователей, особенно в сравнении с «углеродным следом» при добыче других видов ископаемого топлива или их использования. При этом оценки достаточно сильно разнятся. Анализ, проведенный R.W.

Howarth и др., указывает на то, что в интервале 20 лет «углеродный след» сланцевого газа значительно превышает такой же показатель для природного газа, добываемого из традиционных коллекторов, угля и дизельного топлива (Рисунок 2). При этом доминирующее значение имеют потери метана, сопровождающие процесс добычи. Использование же полученного газообразного топлива дает

Таблица 4. Характеристика месторождений сланцевого газа США

Месторождение	Оцененная площадь месторождения, км ²	Глубина залегания пласта, м	Толщина пласт, м	Содержание газа, м ³ /тонна
Antrim	31.000	180-660	21-36	1,1-2,8
Barnett	13.000	1.900-2.600	30-180	8,5-9,9
Fayetteville	23.000	300-2.100	7-60	1,7-6,2
Haynesville	23.000	3.200-4.000	60-90	2,8-9,3
Marcellus	245.000	1.200-2.600	15-60	1,7-2,8
Woodford	28.000	1.800-3.300	36-66	5,6-8,5

одинаковый эффект как для традиционного, так и для сланцевого газа. Естественно, что при сжигании более «грязного» угля или дизельного топлива соответствующий вклад в «углеродный след» более значим.

Воздействие на недра

Месторождения сланцевого газа в США (Таблица 4) занимают очень большие площади (от 13 до 245 тысяч квадратных километров), располагаются на глубине от нескольких сотен до нескольких тысяч метров, а толщина пласта варьирует от нескольких метров до нескольких десятков метров. Даже однократный гидроразрыв пласта, который проводится под давлением жидкости от 500 до 1500 атмосфер, разрушает породу вблизи продуктивной скважины на площади в несколько квадратных километров и по вертикали на несколько сотен метров. Сброс давления приводит к возникновению многочисленных микросейсмических явлений, эффект которых проявляется прежде всего вблизи продуктивной скважины. Количество этих микросейсмических явлений может составлять несколько сотен, а величина варьировать от 1,6 до 3,6 баллов по шкале Рихтера.

Несмотря на то, что основные сейсмические явления обнаруживаются вблизи продуктивной скважины в сланцевом пласте, при определенных геологических условиях сейсмические волны могут достигать и поверхности Земли. Так в 2011 году при проведении (компанией Cuadrilla Resources) гидроразрыва пласта на месторождении Presse Hall, расположенном недалеко от города Блэкпул (Великобритания) были зарегистрированы два землетрясения, оцененные в 2,3 балла по шкале Рихтера. Специально проведенные исследования показали, что зафиксированные землетрясения были вызваны именно операциями гидроразрыва. Более того, было установлено, что в исследуемом районе освоение сланцевого месторождения и в дальнейшем может сопровождаться сейсмическими явлениями, однако их величина не должна превышать 3 балла по шкале Рихтера, что не представляет существенной угрозы для различных объектов хозяйственной деятельности и природных экосистем.

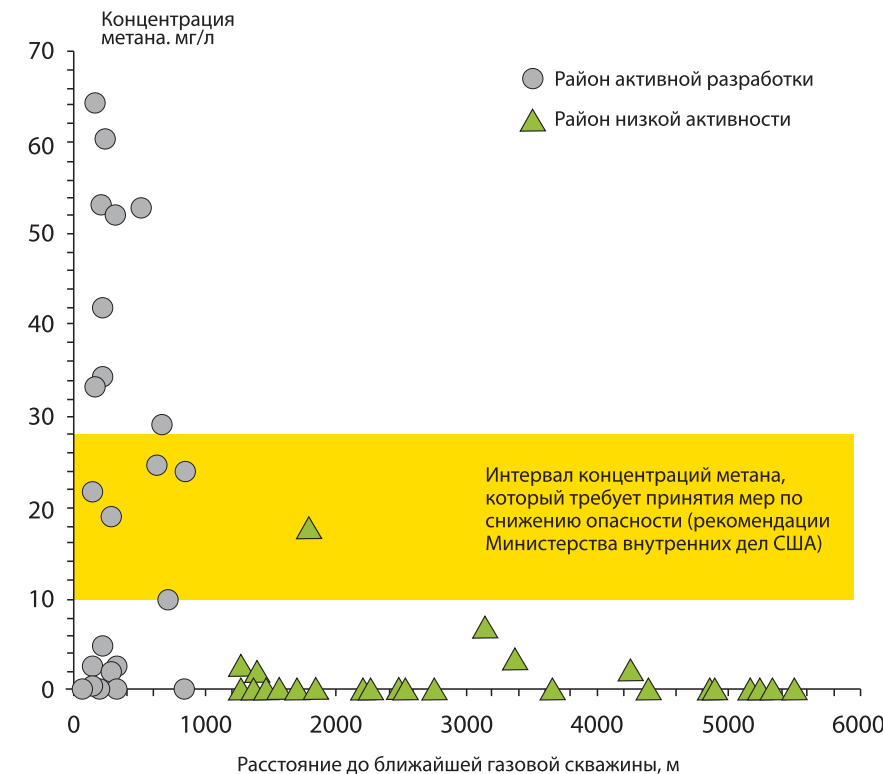


Рис. 3. Влияние добычи сланцевого газа на месторождениях Marcellus и Utica на содержание метана в подпочвенных водах [6]

Воздействие на грунтовые и поверхностные воды

Разрушение геологических структур при гидроразрыве пласта приводит к появлению новых неплотностей в дополнение к уже существующим трещинам и каналам, позволяющим мигрировать по ним высвобожденного сланцевого газа (метана, этана, пропана и др.), а также химических веществ, которые были компонентами жидкости для гидроразрыва. При глубоком залегании сланцевых пластов вероятность достижения поверхности Земли остатками жидкости гидроразрыва крайне невелика, однако при неглубоком залегании пластов эта вероятность может возрасти. В то же время относительно инертные газообразные компоненты сланцевого газа, которые слабо взаимодействуют с минералами земной коры, могут достичь подпочвенных вод и даже выйти на поверхность Земли.

К настоящему времени далеко не везде в местах добычи сланцевого газа проводились исследования загрязнения подпочвенных вод веществами, которые могут появиться в результате горнопромышленных работ. На настоящий

момент наиболее изученными оказались подпочвенные воды, пронизывающие системы осадочных пород Catskill and Lockhaven, расположенных над месторождением Marcellus (Северо-Восточная Пенсильвания), и подпочвенные воды, пронизывающие системы осадочных пород Genesee, расположенных над месторождением Utica (штат Нью-Йорк). Пробы на содержания метана и других органических и неорганических веществ брали из 68 скважин питьевого водоснабжения, глубина которых варьировала от 36 до 90 метров.

Полученные данные (Рисунок 3) показывают, что вблизи газовых скважин в районах активной добычи сланцевого газа концентрация метана в подпочвенных водах значительно выше, чем в районах, где нет деятельности по бурению и гидроразрыву пласта. В пробах подпочвенных вод, взятых над месторождениями Marcellus и Utica, концентрация метана варьировала от 10 до 64 мг/л. В среднем концентрация метана в активной зоне составляла 19,2 мг/л, тогда как в неактивной зоне она была в 17 раз выше, чем в неактивной



зоне (1,1 мг/л). При этом, содержание метана в ряде случаев значительно превышало безопасный уровень, что было чревато взрывами в смеси с кислородом воздуха. Были даже известны случаи, когда вода, взятая из источников с высокой концентрацией в Пенсильвании, могла «гореть».

Помимо метана в подпочвенных водах были обнаружены также этан, пропан и другие углеводороды, которые не могут иметь биогенную природу. В неактивной зоне этан были обнаружены лишь в трех скважинах питьевой воде из 34, а в активной зоне они присутствовали в 21 из 26 скважин питьевой воды. Пропан и бутан был обнаружен только в активной зоне.

Еще в одном исследовании [7] объектом интереса были скважины питьевого водоснабжения городских поселений округов Bradford, Lackawanna, Sullivan, Susquehanna, Wayne и Wyoming в пределах Аппалачского плато (Северо-Восточная Пенсильвания), под которым расположены пласты месторождения Marcellus. В 141 скважине глубиной 60 – 90 метров было измерено содержание метана, этана и пропана (эти газы содержатся в сланцевых месторождениях США).

Метан был обнаружен в 115 скважинах из 141, то есть в 82% источников водоснабжения. В скважинах питьевой воды, которые находились на расстоянии менее 1 км от пробуренных газовых скважин (59 из 141), концентрация метана была выше в 6 раз выше, чем в скважинах питьевой воды, которые находились на значительно большем расстоянии от газовых скважин.

Анализ на содержание этана проводился в 133 скважинах питьевой воды и был обнаружен в 40 источниках водоснабжения (30%). При расстоянии скважины питьевой воды от газовых скважин менее 1 км концентрация этана была в 23 выше, чем в удаленных скважинах питьевой воды (0,18 мг/л по сравнению с 0,08 мг/л). В некоторых скважинах питьевой воды концентрация этана достигала 0,5 мг/л.

Помимо метана и этана в источниках водоснабжения был обнаружен также пропан – в 10 скважинах из 133.

Для оценки влияния разработки месторождений сланцевого газа на поверхностные водоемы в течение 2000–2011 гг. на территории месторождения Marcellus было исследовано [7] более 20.000 проб воды, взятых из различных речных систем. Основное внимание было обращено на содержание в воде хлоридов щелочных металлов и взвешенных частиц. В результате было установлено, что при сбросе сточных вод, прошедших обработку на муниципальных предприятиях по очистке сточных вод, в речном стоке возрастает концентрация хлорид-ионов, а концентрация взвешенных частиц остается без изменения. При этом, чем больше предприятий задействовано для обработки жидкости обратного притока, тем выше содержания в воде хлорид-иона – в среднем каждые 1,5 предприятия увеличивают концентрацию хлорид-иона на 10–11%. Следствием роста концентрации хлорид-иона может быть деградация водных экосистем и высвобождение из донных осадков фосфатов и тяжелых металлов.

Что касается концентрации взвешенных частиц в речном стоке, то оказалось, что ее повышение зависело от присутствия в водосборной площади газовых скважин. При этом было установлено [8], что на каждые 18 буровых площадок приходится повышение концентрации взвешенных частиц на 5%. Взвесь состояла из неорганических и органических частиц, которые имели явно антропогенное происхождение.

Следствием роста взвешенных частиц может быть ухудшение доступа солнечного воздуха к бентосу, повышение температуры воды и снижение в ней концентрации кислорода. К тому же водопользователи могут испытывать неприятности от ускоренного загрязнения систем водоснабжения.

Чрезвычайные ситуации при добыче сланцевого газа

Добыча, переработка, хранение и транспорт углеводородов, в том числе природного газа, нередко сопровождается чрезвычайными ситуациями, в перечень которых входят выбросы и разливы флюидов, взрывы и пожары углеводородов. Опыт добычи сланцевого газа в США показал, что подобные события не являются исключением и для этой отрасли промышленности. Подборка таких происшествий была сделана [9] в 2010 году.

При этом было установлено, что многие из этих происшествий были обусловлены нарушениями природоохранного законодательства и правил техники безопасности. По данным Департамента по охране окружающей среды штата Пенсильвания, где расположено крупнейшее в США месторождение сланцевого газа Marcellus, в течение двух с половиной лет законодательство штата, регулирующее добычу нефти и газа, при проведении операций бурения нарушалось 1435 раз. Эти нарушения касались, прежде всего, обустройства скважин, конструкции прудов для сбора жидкости обратного притока, мер по предотвращению загрязнения и выбросов из скважин, сброса сточных вод. В число этих нарушений не включено почти 1500 происшествий на транспорте.

Дополнительными исследованиями были выявлены:

- сотни случаев утечек газа из скважин, о которых Департамента по

охране окружающей среды штата Пенсильвания предпочел не сообщать;

- многочисленные нарушения ландшафта, в том числе в селитебных зонах;
- сокрытие состава химикатов, которые использовались в жидкости для гидроразрыва пласта.

Некоторые из наиболее крупных происшествий, связанных с добычей сланцевого газа в различных штатах США:

1. В июне 2010 года в графстве Clearfield (штат Пенсильвания), в 100 милях от Питтсбурга, в течение 16 часов из скважины фонтанировала смесь жидкости для гидроразрыва и газа. Общий объем выброса составил около 133 тысяч литров. В ходе очистки загрязненной территории было собрано около 4 млн. литров сточных вод. Стоимость работ составила более \$400.000.

2. В июне 2010 года в Западной Виржинии (графство Marshall) во время операции по гидроразрыву произошел взрыв газа, от которого пострадало 7 рабочих.

3. 1 апреля 2010 года емкость и пруд, в которых находилась жидкость обратного притока, были охвачены огнем. Площадь возгорания составила около 200 м², а высота пламени достигала 30 м. Шлейф черного дыма были виден с расстояния более 50 км. Величина ущерба была оценена в \$375.000.

4. 15 декабря 2007 года внутри жилого дома в штате Огайо (Bainbridge Township) из-за проникновения туда газа, просочившегося при бурении скважины, произошел взрыв, причинивший зданию значительные повреждения.

5. Осенью 2009 года в ходе операций по освоению лицензионных участков месторождения Marcellus деятельность компании Cabot Oil & Gas (Dimock) сопровождалась проливами химикатов и сточных вод, в результате которых загрязнению подверглись участки болотистой местности, скважины питьевой воды и река Stevens Creek. Общий ущерб этих аварий был оценен приблизительно в \$400.000.

6. В ноябре – декабре 2007 года жители домов поселка Walnut (Millcreek) были эвакуированы на срок два месяца из-за миграции газа из недавно пробуренной скважины через почву в здания. При этом concentra-

ция метана в помещениях и вблизи строений достигала уровня, который грозил его взрывом.

7. В апреле 2009 года в городе Midland (штат Техас) в скважинах питьевого водоснабжения неожиданно был обнаружен шестивалентный хром, причем в отдельных случаях его концентрация превышала допустимый уровень в 50 раз. Хотя конкретный источник его появления не был установлен, однако Комиссия Техаса по качеству окружающей среды связывала этот эпизод с бурением сланцевых скважин, которое происходило вблизи скважин питьевой воды.

8. В 2010 году в штате Луизиана вблизи газовой скважины произошел падеж скота, причиной которого оказалось появление в источнике воды исключительно высокой концентрации хлористого калия.

9. В мае 2008 года в районе графства Garfield (штат Колорадо) было обнаружено интенсивное загрязнение источников питьевого водоснабжения бензолом, причиной которого были расположенные неподалеку буровые площадки. Общий ущерб системе питьевого водоснабжения был оценен в \$423.000.

Таким образом, освоение месторождений сланцевого газа может сопровождаться самыми различными негативными последствиями, как для объектов окружающей среды, так и для населения.

Воздействие на здоровье населения

Достаточно много буровых площадок в США, с которых идет освоение месторождений сланцевого газа, и связанные с этими площадками объекты (например, пруды для сбора жидкости обратного притока) находятся вблизи от населенных пунктов.

Иногда расстояние между ними не превышает нескольких сотен или даже десятков метров. Таким образом, жители могут оказаться под воздействием самых различных негативных техногенных факторов:

- шума работающих буровых и иных установок, а также транспортных средств;
- загрязненных поверхностных водоемов или скважин, которые являются источником питьевого водоснабжения;
- загрязненного атмосферного

воздуха углеводородами, за счет выброса в него веществ, содержащихся в сланцевом газе, веществ, которые могут испаряться из жидкости обратного притока, а также веществ, содержащихся в выхлопных газах действующих установок;

- радона, который образуется при расщеплении радиоактивных веществ, содержащихся в сланцевых пластах.

В перечень исследуемых веществ, которые потенциально могут влиять на самочувствие людей, чаще всего входят [10] бензол и его гомологи, различные ароматические соединения, алифатические насыщенные и ненасыщенные углеводороды.

Обследования здоровья жителей, попавших в зону воздействия месторождения Marcellus, показывают [11], что многие жители испытывают различные неприятные ощущения. К ним относятся повышенная утомляемость (62%), раздражение слизистой носа (61%), раздражение гортани (60%), проблемы носовых пазух (58%), жжение в глазах (53%), учащенное дыхание (52%), ломота в мышцах (52%), ощущение слабости и усталости (52%), острая головная боль (51%), нарушения сна (51%), боль в пояснице (49%), забывчивость (48%), судороги или боль в мышцах (44%), затрудненное дыхание (41%), беспокойный сон (41%), частая раздражительность (39%), слабость (39%), частые насморки (39%), раздражение кожи (38%), кожная сыпь (37%), депрессия (37%), ухудшение памяти (36%), острое беспокойство (35%), напряжение (35%), головокружение (34%).

Кроме этого было установлено, что частота проявления различных недомоганий непосредственно зависит от того, на каком расстоянии жилье находится от добычных скважин. Практически для всех видов недомоганий частота их проявления была всегда выше, если расстояние до скважины было меньше 500 метров. При расстоянии более 500 метров частота проявления всегда возрастала.

Аналогичным образом, вероятность образования злокачественных опухолей, особенно под влияние такого вещества, как бензол и его алкил-замещенные, а также стирол или 1,3-бутадиен, заметно снижалась,

Таблица 5. Характеристика потенциальных рисков и угроз при освоении месторождения сланцевого газа (на примере месторождения Макó в Венгрии) [12]

№	Возможный вид воздействия	Оценка величины риска	Возможный способ снижения величины риска
1	Шум	Низкий	Регулирование расстояние от объекта, защита от шума
2	Загрязнение атмосферного воздуха	Низкий	Совершенствование дорожной сети, контроль эмиссии загрязняющих веществ
3	Потребление воды, возможные источники водопотребления	Низкий	Рециклинг воды, использование воды из глубоких горизонтов
4	Химические вещества, используемые при гидроразрыве пласта	Высокий	Информирование общественности, исключение использования высокотоксичных веществ, мониторинг, исследование токсичности веществ
5	Радиоактивные вещества	Низкий или средний	Мониторинг и контроль радиоактивности
6	Сброс (накопление) сточных вод	Средний	Рециклинг сточных вод, предотвращение обратной закачки вод в подземные горизонты
7	Загрязнение поверхностных вод	Высокий	Безопасное расстояние от поверхностных водоемов, исключение сброса загрязненных сточных вод
8	Загрязнение подземных вод	Высокий	Проверка и мониторинг целостности скважин, учет опасных по сейсмичности зон, контроль сейсмичности во время гидроразрыва, проведение операций на безопасном расстоянии от источника подземных вод
9	Иницирование землетрясений	Низкий	Мониторинг сейсмичности
10	Экологические угрозы различным объектам (линейные объекты, биоразнообразие)	Умеренный	Мониторинг биоты, предотвращение транспорта через охраняемую территорию, разумный выбор места бурения
11	Близость особо охраняемых территорий	Умеренный	Запрещение бурения в пределах особо охраняемых территорий, соблюдение безопасного расстояния от этих территорий
12	Выброс парниковых газов	Умеренный	Мониторинг выбросов метана и гидроразрыва пласта

когда расстояние до добычной скважины была более 1 км. Дополнительный риск был заметно выше при расстояниях до скважины менее 0,5 км.

Как упоминалось ранее, большинство сланцевых месторождений США содержат достаточно много природных радионуклидов, которые при расщеплении могут давать радиоактивные газы радон, легко проникающие в здания и сооружения. Так радиоактивный радон был обнаружен в домах штата Нью-Йорк, под которым находятся сланцы месторождения Marcellus. При этом его содержание заметно превышало установленный для него безопасный уровень.

Экологические риски

Как было показано ранее, экологические риски при освоении месторождений сланцевого газа обусловлены загрязнением и деградацией природной среды, а также широкомасштабным использованием природных ресурсов. Далеко не все страны, на территории которых обнаружены месторождения сланцевого газа, немедленно берутся за их освоения, имея в виду, в первую очередь, политические и экономические цели. В ряде случаев, перед тем, как дать разрешение на разработку сланца на выделенных лицензионных участках, проводится детальная

оценка последствий разработки. Так в Венгрии, на основе международного опыта были оценены экологические риски различных этапов разработки месторождений и проанализированы способы их минимизации (Таблица 5). Как оказалось, наибольшую опасность для окружающей среды представляет, прежде всего, химическое загрязнение, связанное с использованием высокотоксичных добавок в жидкость для гидроразрыва пласта и последующее их попадание в поверхностные и подземные воды. То есть наиболее опасным является потеря такого ценного природного ресурса как вода.

Среди предложенных способов снижения риска наибольшее внимание уделяется различным способам контроля и мониторинга, эффективность которых нельзя признать слишком высокой, поскольку получение информации не гарантирует принятия необходимых управленческих решений.

Более эффективными методами могут быть исключение использования при гидроразрыве пласта высокотоксичных веществ, удаление на безопасное расстояние объектов разработки от жилья и особо охраняемых территорий.

Литература

[1] Shale gas: a provisional assessment of climate change and environmental impacts, Tyndall Centre for Climate Change Research, 2011
 [2] Cost-Effective Recovery of Low-TDS Frac Flowback Water for Re-use, US Department of Energy, June 2011
 [3] K. A. Bullin, P. E. Krouskop, Compositional variety complicates

processing plans for US shale gas, Oil&Gas Journal, 2009, №10

[4] R.W. Howarth, R. Santoro, A. Ingraffea. Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations, Climatic Change, DOI 10.1007/s10584-011-0061-5

[5] I. J. Laurenzi, G. R. Jersey. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions and Freshwater Consumption of Marcellus Shale Gas, Environmental Science & Technology, April 2013

[6] S.G. Osborn, A.Vengosh, N.R. Warner, R/B. Jackson, Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2011, v. 108 (20), pp. 8172-8176

[7] R.B. Jackson, A.Vengosh, T.H. Darrah, N.R. Warner, A.Down, R.J. Poreda, S.G. Osborn, K.Zhao, J.D. Karr, Increased stray gas abundance in a subset of drinking water wells near Marcellus shale gas extraction, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2013, 110 (28), pp. 11250-11255

[8] S.M. Olmstead, L.A.

Muehlenbachs, J.-S. Shih, Z. Chu, A.J. Krupnick, Shale gas development impacts on surface water quality in Pennsylvania Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2013, vol. 110 (13), pp. 4962-4967

[9] C.Michaels, J.L.Simpson, W.Wegner, Fractured Communities: Case Studies of the Environmental Impacts of Industrial Gas Drilling, 2010

[10] L.M. McKenzie, R.Z. Witter, L.S. Newman, J.L.Adgate, Human health risk assessment of air emissions from development of unconventional natural gas resources, Science of the Total Environment, 2012, vol. 424, pp.79-87

[11] N. Steinzor, W. Subra, L. Sumi, Investigating links between shale gas development and health impacts through a community survey project in Pennsylvania, New Solutions, 2013, vol. 23, №1, 55 - 83

[12] M. Altmann, K. Bitzer, Z. Matra, W. Weindrof, W. Zittel. Hungarian Shale Gas - Impacts on the environment and human health. An expertise for Centre for fair political analysis. Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, 2012

Messe München International

IFAT
resources. innovations. solutions.

Добро пожаловать в будущее технологий по защите окружающей среды

5-9 мая 2014

всемирная международная специализированная выставка технологий очистки воды и сточных вод, утилизации и обработки отходов, очистки воздуха

Будьте с нами, когда на IFAT 2014 в Мюнхене соберется вся природоохранная отрасль. Узнайте об инновационных продуктах и ориентированных на будущее стратегиях. Воспользуйтесь нашей эксклюзивной программой и удобным случаем для обмена информацией с иностранными специалистами.

Пройдите регистрацию онлайн! Экономия до 30 % и быстрый проход на выставку!
www.ifat.de/tickets/en

Посетите наши международные выставки IFAT

IEexpo 20-22 мая 2014
www.ie-expo.com

IFAT India 9-11 октября 2014
www.ifat-india.com

www.ifat.de

«Мессе Мюнхен Консалтинг» | Москва
Тел. (495) 697 1670, 697 1672 | info@messe-muenchen.ru