

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРАСНОАРМІЙСЬКИЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ
ДЕРЖАВНОГО ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА
АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОЄМНИХ
ВИРОБНИЦТВ**

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
II регіональної науково-практичної конференції**

25 квітня 2013 р.

Красноармійськ – 2013

Сучасні аспекти механізації та автоматизації енергоємних виробництв. Збірник матеріалів II регіональної науково-практичної конференції, Красноармійський індустріальний інститут ДВНЗ ДонНТУ, 25 квітня 2013 р. – Донецьк: ТОВ «Цифрова типографія», 2013. – 300 с.

У збірнику представлені праці учасників II регіональної науково-практичної конференції «Сучасні аспекти механізації та автоматизації енергоємних виробництв», яку провела кафедра «Електромеханіки і автоматики» Красноармійського індустріального інституту ДВНЗ ДонНТУ. Основні напрямки роботи конференції – гірничча механіка, електрообладнання та енергопостачання сучасних енергоємних виробництв; геометричне та комп'ютерне моделювання об'єктів, явищ, процесів і технологій; геомеханічні проблеми розробки корисних копалин та охорона праці; соціальні, економічні та організаційні аспекти життєдіяльності енергоємних виробництв.

Редакційна колегія повідомляє, що автори публікацій несуть відповідальність за достовірність поданої інформації, зміст матеріалів, їх мовно-стилістичне оформлення.

ГЕОМЕХАНІЧНІ ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ КОРИСНИХ КОПАЛИН ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Бабенко Е.Г.; Сименко Е.В., к.т.н., Зиновьев С.Н., к.т.н. (КИИ ДонНТУ) ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА В УКРАИНЕ	188
Бачурин Л.Л., к.т.н.; Бачуринна Я.П. (КИИ ДонНТУ) ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ АПРОБАЦИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭНЕРГИИ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПРОГНОЗЕ ВЫБРОСООПАСНОСТИ ПЕСЧАНИКОВ.....	190
Билицкий С.С., Эськова Д.В.; Сименко Е.В., к.т.н., Зиновьев С.Н., к.т.н. (КИИ ДонНТУ) ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА	194
Гончарова В.М., Романенко Д.Н.; Петелин Э.А., к.т.н., Зиновьев С.Н., к.т.н. (КИИ ДонНТУ) ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА НА ПРИМЕРЕ США	197
Камчатный А.А. (КИИ ДонНТУ) НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО СПОСОБА РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД	200
Кодунов Б.А., к.т.н. (КИИ ДонНТУ); Бедряк Т.Б. (ДонНУЕТ), Пальмин Д.П. (КИИ ДонНТУ) ПУТИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАПАСОВ КАМЕННОГО УГЛЯ	202
Кодунов Б.А., к.т.н. (КИИ ДонНТУ); Бедряк Т.Б. (ДонНУЕТ) ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДЕСУЛЬФУРИЗАЦИИ КАМЕННОГО УГЛЯ	206
Кодунов Б.А., к.т.н.; Пальмин Д.П. (КИИ ДонНТУ) ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОН ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ РАСТЯЖЕНИЯ-СЖАТИЯ В ПОДРАБАТЫВАЕМОЙ ТОЛЩЕ ГОРНЫХ ПОРОД	212
Марченко А.Ю., Коханова Е.Э.; Сынков В.Г., д.т.н.; Зиновьев С.Н., к.т.н. (КИИ ДонНТУ) ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА В УКРАИНЕ	216
Менчаков В.А.; Нестеренко В.Н., к.т.н. (КИИ ДонНТУ) ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ПОЖАРОВ ОТ САМОВОЗГОРАНИЯ УГЛЯ В УСЛОВИЯХ ПАО «ШАХТОУПРАВЛЕНИЯ «ПОКРОВСКОЕ»	219
Рындина Т.Н., научный руководитель - Нестеренко В.Н., к.т.н. (КИИ ДонНТУ) ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛАВ	222
Стрельцова А.С., науковий керівник – Сергієнко О.І., к.т.н. (КП ДонНТУ) ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ УТВОРЕННЯ, ПРОЦЕСУ ПРОТІКАННЯ ТА ХАРАКТЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ	224
Сынков В.Г., д.т.н.; Камчатный А.А. (КИИ ДонНТУ) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД	230
Федоренко М.В., науковий керівник – Сергієнко О.І., к.т.н. (КП ДонНТУ) КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОСОБЛИВОСТІ ОБВАЛЕННЯ ПОРІД ПОКРІВЛІ ПРИ ВЕДЕННІ ОЧИСНИХ РОБІТ	234

БИЛИЦКИЙ С.С., ЭСЬКОВА Д.В.;
СИМЕНКО Е.В., к.т.н., ЗИНОВЬЕВ С.Н., к.т.н. (КИИ ДонНТУ)
ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА

Розглянуто технологію добування сланцевого газу. Використано показання найперспективніших компаній по видобуванню сланцевого газу.

Чтобы искать полезное ископаемое, нужно определиться с терминологией, свойствами полезного ископаемого и процессами, которые его образуют. Биолитовый газ (старое название – сланцевый газ) образуется в любых осадочных породах с рассеянной органикой. Органика является производной от газов и при отмирании снова превращается в газы. Сланцевый газ является разновидностью природного газа, образовавшегося в недрах земли в результате анаэробных химических процессов (процессов разложения органических веществ). Известно, что газ может находиться в трех состояниях: газообразном состоянии; искусственно сжиженном состоянии; в виде природных кристаллических газогидратов. В недрах земли газ может быть сконцентрирован в следующих качествах: в виде скоплений метана в угольных пластах, газовых образованиях в пластовых условиях, попутного газа (смесь пропана и бутана) с месторождениями нефти, в толще жестких песков, в сланцевых пластах, а также в виде кристаллических газогидратов в толще морского дна. Природный газ в свою очередь является смесью газов, большая их часть относится к метану, меньшая – к его гомологам, тяжелым углеводородам: этану, бутану, пропану. В состав природного газа также входят неуглеродные соединения: сероводород, водород, диоксид углерода, гелий, азот. Каждое месторождение имеет свой уникальный химический состав газа, наиболее ярко выраженными свойствами, вызывающими парниковый эффект, обладает метан [2].

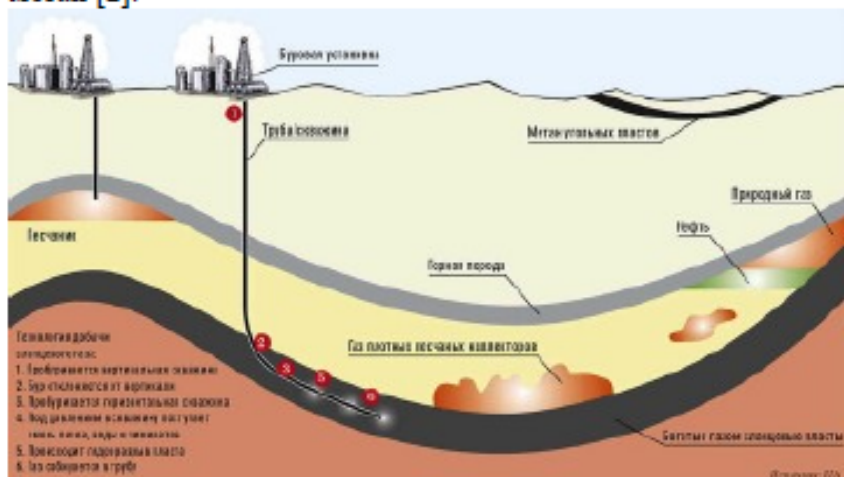


Рисунок 1 – Диаграмма залегания газа разного типа: 1 – угольного метана; 2 – обычного; 3 – попутного газа; 4 – метана из жесткого песка; 5 – сланцевого газа.

Высокая себестоимость добытого газа из сланца первоначально была связана с тем, что для поиска бурились многочисленные вертикальные скважины, проводился гидроразрыв пласта и откачивался газ. Сочетание вертикального и горизонтального бурения начали использовать только с 1992 года.

Первым экспериментально-промышленным газосланцевым месторождением стало Barnett Shale, находящееся в США в штате Техас, в 2002 году началось промышленное горизонтальное бурение компаниями Devon Energy и Chesapeake Energy. Применение горизонтального бурения значительно сократило себестоимость добытого газа.

Современная технология добычи сланцевого газа подразумевает бурение одной вертикальной скважины и нескольких горизонтальных скважин длиной до 2-3-х км. В

пробуренные скважины закачивается смесь воды, песка и химикатов, в результате гидроудара разрушаются стенки газовых коллекторов, и весь доступный газ откачивается на поверхность. Процесс горизонтального бурения проводится посредством инновационной методики сейсмического моделирования 3D GEO, которая предполагает сочетание геологических исследований и картирования с компьютерной обработкой данных, включая визуализацию. При бурении горизонтальной скважины важно соблюдать правила бурения, к чему относится, например, выбор правильного угла бурения, соответствующего углу наклона сланцевого пласта. Скважина должна пролегать строго в толще сланцевого пласта на достаточном расстоянии от его границ, в противном случае метан мигрирует через трещины и другие отверстия в верхний слой осадочных пород [1].

Газовые коллекторы в сланцевом пласте также имеют свои отличия и сконцентрированы в виде:

- в порах сланца аналогично хранению газа в плотном песке;
- скоплений возле источника органических веществ подобно метану в угольных пластах, однако в таком состоянии газ сильно поглощается органическими соединениями.

Как и в других газовых месторождениях, газ естественно мигрирует из области высокого давления в область низкого давления, поэтому технология газодобычи основана на создании областей с переменным давлением. Используется: горизонтальное бурение с мультитротодами на одной глубине, а также многоступенчатые горизонтальные скважины с длиной горизонтального отвода до 2-х км.

Теоретическая база технологии гидроразрыва пласта была разработана в 1953 году академиком С.А. Христиановичем совместно с Ю.П. Желтовым в Институте нефти АН СССР. Первые экспериментальные разработки в области газодобычи из сланца начали проводиться компанией Mitchell Energy&Development во главе с Джорджем П. Митчеллом с 1980 года в США. Эта компания в 2001 году была куплена Devon Energy за 3,5 млрд. долларов. Полигоном для испытаний технологии горизонтального бурения Джоржем Митчеллом стало месторождение Barnett Shale. В этом направлении с 1989 г. работал также Том Л. Уорд и его компания Chesapeake Energy. Для разработки эффективной технологии горизонтального бурения с гидроразрывом пласта понадобилось около 20 лет экспериментов. В настоящий момент Chesapeake Energy разрабатывает месторождения в Barnett Shale, Fayetteville Shale, Marcellus Shale, Haynesville Shale [3].

Опыт добычи в американских сланцевых бассейнах показывает, что каждое сланцевое месторождение требует индивидуального научного подхода и имеет совершенно уникальные геологические особенности, характеристики эксплуатации, а также существенные проблемы добычи.

Существует целый набор геохимических параметров, которые обуславливают условия добычи сланцевого газа, а, соответственно, определяют себестоимость и стоимость результирующего продукта. Прежде всего, существенно влияет на себестоимость добычи содержание глины в жестких песках, которая поглощает энергию гидроразрыва, что требует увеличения объема используемых химикатов. Каждое месторождение имеет уникальный объем диоксида серы, поэтому, чем ниже этот показатель, тем выше цена реализации газа.

Наиболее выгодными считаются "хрупкие" сланцы с большим содержанием диоксида кремния, эти месторождения содержат естественные переломы и трещины. Одна из причин, что месторождение Barnett Shale является продуктивным, связана с

высоким содержанием кварца в сланце – 29-38%, порода сланца в Barnett Shale очень хрупкая, поэтому требуется меньшая мощность гидроразрыва.

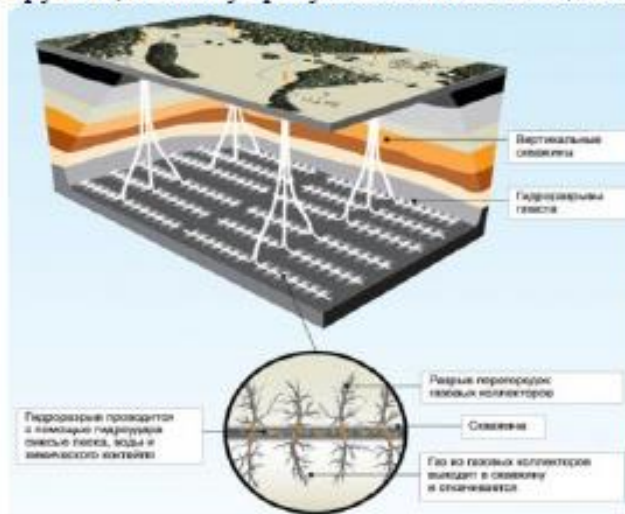


Рисунок 2 – Структурная схема добычи на месторождениях с мультитотводами

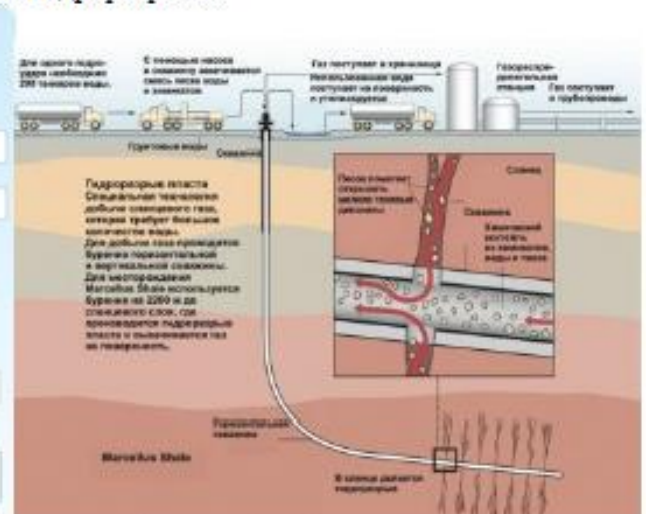


Рисунок 3 – Структурная схема инфраструктуры газосланцевого месторождения на Marcellus Shale

Технология добычи сланцевого газа, как любая промышленная технология, подразумевает позитивные и негативные стороны. К позитивным моментам можно отнести:

- существовало мнение, что разработку сланцевых месторождений с использованием глубинного гидроразрыва пласта в горизонтальных скважинах можно проводить в густонаселенных районах, единственной проблемой будет использование тяжелого транспорта;
- значительные сланцевые месторождения газа находятся в непосредственной близости от конечных потребителей;
- существовало мнение, что добыча сланцевого газа происходит без потери парниковых газов.

Однако после 10 лет эксплуатации скважин в Barnett Shale, Fayetteville Shale, Marcellus Shale, Haynesville Shale можно выделить следующие проблемы:

- технология гидроразрыва пласта требует крупных запасов воды вблизи месторождений, для одного гидроразрыва используется смесь воды (7500 тонн), песка и химикатов. В результате вблизи месторождений скапливаются значительные объемы отработанной загрязненной воды, которая не утилизируется;
- как показывает опыт разработки Barnett Shale, сланцевые скважины имеют гораздо меньший срок эксплуатации, чем скважины обычного природного газа;
- формулы химического коктейля для гидроразрыва в компаниях, добывающих сланцевый газ, являются конфиденциальными. По отчетам экологов добыча сланцевого газа приводит к значительному загрязнению грунтовых вод толуолом, бензолом, диметилбензолом, этилбензолом, мышьяком и др. Некоторые компании используют соляно-кислотный раствор, загущенный с помощью полимера, для одной операции гидроразрыва используется 80-300 тонн химикатов;
- при добыче сланцевого газа имеются значительные потери метана, что приводит к усилению парникового эффекта;
- добыча сланцевого газа рентабельна только при наличии спроса и высоких цен на газ [2].

Выводы:

1. Вопреки распространенным представлениям, природный сланцевый газ связан не с горючими сланцами, а с темноцветными сланцеватыми (тонкоплитчатыми, листоватыми) трещиноватыми пелитоморфными породами

2. Наиболее перспективными в отношении газоносности являются бывшие горючие сланцы депрессионно-морского генезиса, которые в процессе катагенетической и (или) гипогенно-аллогенетической мобилизации битумоидов (масел, нефтяных углеводородов) из органического вещества физико-химически активировались, приобрели дополнительную пористость и трещиноватость.

Список литературы

1. В. Баранов "Геолог Украины" №2(34), 2011 стр.89-92
2. Технология добычи сланцевого газа: <http://www.pronedra.ru>
3. Сланцевый газ: ru.wikipedia.org/wiki/Сланцевый_газ