

На спектре поглощения оптимизированного образца (рис. 5) присутствует умеренно узкий пик при 407 нм, обусловленный поверхностным плазмонным резонансом достаточно мелких наночастиц серебра.

В результате проделанной работы была оптимизирована технология синтеза комплексного препарата на основе наночастиц серебра, стабилизированных ДДАБ. Изучено влияние различных факторов на процесс синтеза наночастиц серебра. Получены оптимальные параметры синтеза. Исследованы физико-химические свойства оптимизированного комплексного препарата на основе НЧ Ag. Данные фотоннокорреляционной спектроскопии показали наличие в образцах только биологически активной фракции наночастиц серебра ($r < 50$ нм), этот факт подтверждается и результатами спектрофотометрии – на спектре поглощения присутствует узкий пик при 407 нм. Показана высокая агрегативная устойчивость препарата и возможность его длительного хранения даже при комнатной температуре.

Литература

1. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Оптимизация экспериментов в химии и химической технологии. М.: Высшая школа, 1978. 319 с.
2. Грачев Ю. П. Математические методы планирования экспериментов. М.: Пищевая промышленность, 2005. 296 с.
3. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах: учебное пособие / К. Холмберг, Б. Йёнссон, Б. Кронберг, Б. Линдман. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 528 с.
5. Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии: учебное пособие. М.: Химия, 1975. 512 с.
6. Верещагин А. Л. Свойства растворов коллоидных поверхностно-активных веществ: методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по курсам «Коллоидная химия», «Поверхностные явления» / сост. А. Л. Верещагин, С. С. Балабанова. Бийск: Изд-во Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова, 2008. 19 с.

УДК 552.578

**Васильев Владимир Андреевич, Коломийцев Андрей Викторович,
Турская Ольга Юрьевна, Белая Елена Викторовна**

ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА

В статье рассматривается один из видов нетрадиционного газа – сланцевый газ, дается оценка перспектив сланцевой газодобычи и ее долгосрочный прогноз развития.

Ключевые слова: сланцевый газ, энергоресурс, перспективы добычи, нетрадиционный газ, прогноз, сланцевая газодобыча.

**Vasiliev Vladimir A., Kolomiitsev Andrey V., Turskaya Olga Yu., Belaya Elena V.
POTENTIAL FOR SHALE GAS PRODUCTION**

The article focuses on one of the non-conventional types of gas – shale gas; there is also an evaluation of shale gas potential production and a long-term forecast for the issue.

Key words: shale gas, energy resource, production potential, non-conventional gas, forecast, shale gas production

Выявление новых источников энергетических ресурсов является для человечества потребностью и однозначной необходимостью. В настоящее время всеми энергозависимыми странами динамично развиваются технологии-заменители по производству возобновляемого топлива: атомная энергетика, солнечная и ветроэнергетика, инновационные методики на базе генетически модифицированных организмов и прочие [1].

Бесспорно, что самоорганизация рыночного механизма однозначно определяет образование товаров-заменителей, которые будут оказывать существенное воздействие на структуру мирового энергетического рынка, но никак не приведут к его качественному изменению из-за довольно невысокой эффективности потенциала всех передовых возобновляемых технологий. Единственным энергоисточником, имеющим на нынешний день исключительные свойства товара-заменителя, является сланцевый газ [4].

Сланцевый газ – это разновидность природного газа, хранящегося в виде небольших газовых образований, коллекторах, в толще сланцевого слоя осадочной породы Земли. Запасы отдельных газовых коллекторов невелики, однако они огромны в совокупности и требуют особых технологий добычи. Сланцевые залежи встречаются на всех континентах, таким образом, фактически любое энергозависимое государство имеет возможность снабдить себя необходимым энергоресурсом (рис. 1).

	Всего		Нетрадиционный		
	Традиционный	Нетрадиционный	Газ плотных пород	Сланцевый газ	Угольный метан
В.Европа/Евразия	144	44	11	12	20
Ближний Восток	125	12	9	4	-
АТР	43	94	21	57	16
Америка-ОЭСР	47	67	11	47	9
Африка	49	40	10	30	0
Лат. Америка	32	48	15	33	-
Европа-ОЭСР	24	22	4	16	2
МИР	462	328	81	200	47

Рис. 1. Ресурсы технически извлекаемого газа в мире, трлн куб. м

Синергетические качества сланцевого газа, состоящие в сочетании происхождения сырья и его биовозобновляемости, безусловно, дают этому энергоресурсу существенные конкурентные преимущества, но его влияние на рынок достаточно спорно и требует анализа, основанного на детальном системном рассмотрении его характеристик [2].

В настоящий момент европейским сообществом приветствуются только кооперативные стратегии взаимодействия, поэтому политика российского «Газпрома» как монополиста, диктующего цены, заставляет европейцев искать альтернативу российскому газу: строить свои независимые газовые магистрали, соединяющие месторождения с потребителями, расширять инфраструктуру для получения и регазификации сжиженного природного газа (LNG-инфраструктуру), увеличивать свою газодобычу [3]. Настолько необходимая альтернатива российскому газу не заставила себя ждать. На роль подобной альтернативы в краткосрочной перспективе претендует сжиженный газ, в долгосрочной перспективе – сланцевый газ [4].

Первой страной, использовавшей у себя потенциал добычи сланцевого газа, стали США, которые не только нарушили намерения ОАО «Газпром» на диверсификацию газового рынка Северной Америки за счет запасов Штокмановского месторождения, но и в 2009 году отобрали у России пальму первенства крупнейшего мирового газодобытчика. В итоге в Европе произошли значительные, но не кардинальные изменения рынка.

В настоящее время эксперимент с добычей сланцевого газа ведется в Европе, надеющейся воспроизвести опыт США. Потенциальные возможности сланцевого газа как энергоресурса являются предметом спора многих экспертов, которые пытаются прогнозировать обстановку на рынке газа [5].

Согласно заявлениям специалистов, залежи сланцевого газа в недрах земли огромны, однако оценка запасов считается условной и различается в зависимости от способа оценивания. Таким же спорным вопросом является версия о возобновляемости сланцевого газа, связанная с гипотезой о

водородной дегазации Земли. По этой гипотезе, метан в сланцах образуется непрерывно начиная с глубокой древности и до нашего времени в связи с реакцией водорода, поднимающегося из глубин земли, с керогеном – органикой сланцев [2].

Самые последние оценки перспективной добычи газа в США представлены в годовом обзоре EOA DOE, опубликованном в июне 2012 г. (табл. 1), согласно которому к 2035 г. доля сланцевого газа в общей газодобыче составит примерно 50 %.

Долгосрочные прогнозы для нетрадиционного газа в США крайне оптимистичны. К нетрадиционному газу следует отнести 3 вида: газ плотных пород (массовая добыча началась в конце 1970-х гг.); газ угольных пластов (массовая добыча началась в конце 1980-х); собственно сланцевый газ (бум о котором начался 5 лет назад).

Таблица 1

Прогноз добычи газа в США

Вид газа	Прогнозируемая добыча газа, млрд куб. м				
	2015 год	2020 год	2025 год	2030 год	2035 год
Сланцевый	233	275	319	352	386
Плотных пород	170,5	172	172	167,5	167
Традиционный	203	198	193	177,5	172,5
Угольный метан	52	51	48	47	45

Если доля угольного метана и газа плотных пород в ближайшие два десятилетия остается практически неизменной, то перспективы сланцевой газодобычи подвергаются самому серьезному пересмотру. За два последних года перспективная оценка производства сланцевого газа к 2035 г. повысилась более чем в два раза – со 168 до 386 млрд куб. м.

Широко – от 200 до 300 долл. / тыс. куб. м – варьируется прогноз цен на природный газ в США к 2035 г., рассчитанный EIA в зависимости от различных темпов экономического роста в стране и различной газоотдачи скважин при общем очевидном тренде к повышению цен (рис. 2) [1].

По оценке Международного энергетического агентства (МЭА), общая добыча газа в США к 2035 г. составит 821 млрд куб. м, из которых на долю сланцевого придется 45 %, или 370 млрд куб. м.

В Европе, по оценке МЭА, общая добыча газа к 2035 г. составит около 215 млрд куб. м, из которых на долю всех нетрадиционных газов придется 20 млрд куб. м, преимущественно это будет сланцевый газ (согласно New Policies Scenario). Такие объемы добычи при реализации озвученных прогнозов смогут лишь частично компенсировать падение внутренней добычи газа в ЕС, но не окажут существенного влияния на импортные потоки в регион.

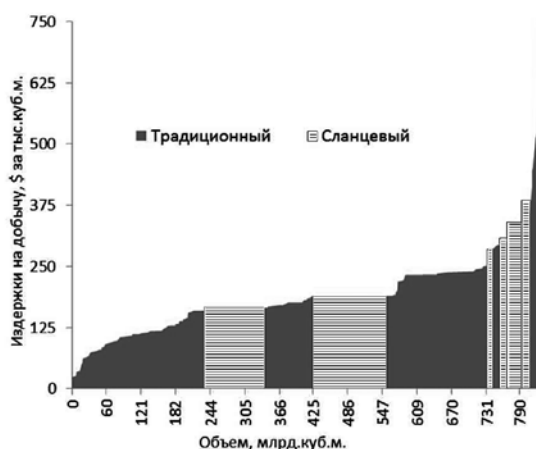


Рис. 2. Кривая предложения газа в США на 2035 год

В Китае, по прогнозу МЭА, общая добыча газа вырастет до 318 млрд куб. м к 2035 г., при этом на долю всех нетрадиционных газов придется 73 % (New Policies Scenario). В абсолютных цифрах добыча нетрадиционного газа составит 220 млрд куб. м, из которых 90 млрд куб. м сланцевого газа (табл. 2). Прогнозная цена добычи сланцевого газа в Китае находится в диапазоне 140–290 долл. / тыс. куб. м.

Таблица 2

Долгосрчный прогноз добычи природного газа в Китае

Вид газа	Прогнозируемая добыча газа, млрд. куб. м		
	2015 год	2020 год	2030 год
Плотных пород	50	100	148,5
Сланцевый	6,5	80	150
Метан угольных пластов	10	50	80
Традиционный	80	120,5	170

В целом по миру к 2035 г. по оценкам ИНЭИ РАН / РЭА сланцевый газ разных категорий может как быть вполне конкурентоспособным по сравнению с традиционным, так и оказаться дороже [8].

Дэвид Крэйн, президент энергетической компании NRG Energy, заявил, что «сланцевый газ практически убил новейшие проекты в угольной отрасли и начинает расправляться с ядерной энергетикой». Тем не менее, по мнению научного сотрудника Института Госсовета КНР Сунь Юнсяна, сланцевый газ с трудом может соперничать с традиционным природным газом и будет играть небольшую роль лишь в некоторых регионах, но в глобальном масштабе не сможет занять место традиционного природного газа [5].

В числе факторов, оказывающих благоприятное влияние на перспективы добычи сланцевого газа: близость месторождений к рынкам сбыта; значительные запасы; заинтересованность властей ряда стран в снижении зависимости от импорта топливно-энергетических ресурсов. В то же время у сланцевого газа имеется целый ряд недостатков, отрицательно влияющих на перспективы его добычи. Среди таких недостатков: сравнительно высокая себестоимость; непригодность для транспортировки на большие расстояния; стремительная истощаемость месторождений; невысокий уровень доказанных запасов в общей структуре запасов; огромные экологические риски при добыче.

Ряд экспертов считают, что сланцевый газ обходится намного дороже, нежели утверждают добывающие компании [3]. По мнению экспертов, реальные расходы на получение сланцевого газа составляют 212–283 долл. США за 1 тыс. куб. м. Многие специалисты полагают, что компании искусственно занижают его себестоимость. Виной всему, по утверждению пессимистов, быстро падающий дебит скважин сланцевого газа, которые теряют 60–80 % дебита в течение первого года добычи (табл. 3) [6].

Проанализировав финансы лидирующих 50 компаний в нефте- и газодобыче США за пять лет (2007–2011 гг.), можно сделать несколько важных выводов:

1. Ernst & Young оценил операционные затраты на добычу сланцевого газа в 2011 г. как \$93 / тыс. куб. м.;
2. Из статистики компаний-лидеров отрасли сланцевого газа (Chesapeake Energy, Devon Energy, Continental Resources) следует, что доля операционных затрат компаний отрасли составляет 41 %. Еще 57 % приходится на капитальные затраты и амортизацию, остальные 2 % – на администрирование и прочие затраты.

Таблица 3

**Продуктивность скважин на основных плеях
(открытых или предполагаемых однотипных месторождениях) сланцевого газа в США**

Плей	Продуктивность скважин, млрд куб. м / год				
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
Marcellus	13	7	5	3,6	2,5
Haynesville	47,5	15	6	3	1,3
Eagle Ford	38	12	6	4	2,4
Fayetteville	12	5,5	4	2,6	2
Woodford	20	10	5,8	5	3,7

Следовательно, полная себестоимость сланцевого газа с учетом всех затрат должна составить порядка \$229 / тыс. куб. м, что действительно намного выше уровня текущих оптовых цен почти вдвое.

Может возникнуть вопрос, каким же образом поддерживается такой аномально низкий уровень оптовых цен природного газа на американском рынке? Секрет – в избыточной конкуренции и низких барьерах входа в отрасль, а также в том, что низкую прибыльность добычи сланцевого газа компенсирует высокая прибыльность попутной добычи сланцевой нефти и конденсата, цены на которые намного превышают себестоимость [1].

Рост сланцевой индустрии в самих США пока никак не сказался на конкурентоспособности «Газпрома» на европейском рынке газа и перспективах добычи нетрадиционного газа Украиной. Причин несколько:

- 1) США еще не могут экспортировать дешевый газ в Европу из-за отсутствия инфраструктуры его сжижения;
- 2) добыча нетрадиционного газа вне США, и сланцевого газа в частности, пока на раннем этапе развития;
- 3) существующие терминалы в США были построены не для сжижения, а для приемки и регазификации сжиженного газа, поэтому для их конверсии потребуется время и значительные ресурсы. Длительность конверсии терминала может составлять порядка четырех лет [8].

Добыча сланцевого газа небезопасна с экологической точки зрения, что вынудило власти некоторых стран (Франция, Румыния и Болгария) запретить разведку сланцевого газа с использованием технологии фрекинга.

Некоторые специалисты указывают на то, что дебит скважин мал, что вынуждает бурить новые и новые скважины (табл. 4) [4].

Таблица 4

Расчетные показатели роста количества новых скважин на газосланцевом плее Fayetteville

Год эксплуатации	Количество ввода новых скважин в год	Общее количество скважин
1	1200	1200
3	590	2460
5	500	3500
10	380	5800
20	300	9000
30	290	11900

В «Газпроме» по состоянию на 2012 год утверждали, что производство сланцевого газа носит «локальный характер» и соответствующий рынок не вполне сформировался. По мнению экспертов, ожидающиеся через несколько лет поставки сланцевого газа из США в Евразию не создадут конкуренции для трубопроводного газа от «Газпрома», поскольку из-за высокой себестоимости сланцевого газа, затрат на его транспортировку через океан и сжижение / регазификацию, его цена в итоге окажется значительно выше цены газа из России [3].

Что касается Украины, 24 января 2013 года компания Shell и правительство Украины объявили о подписании соглашения о разделе продукции на разведку, разработку и добычу углеводородов на Юзовском участке, расположенном на территории Донецкой и Харьковской областей Украины [9].

На Юзовском участке прогнозируется наличие природного газа уплотненных песчаников. В Украине все виды нетрадиционного газа называют «сланцевым», хотя разница между ними есть. Нетрадиционным он называется из-за того, что находится в более плотных породах, таких как сланец или плотный песчаник. Поры таких пород во много раз меньше диаметра волоса человека. В связи с этим требуется применение технологий, позволяющих соединить эти поры для высвобождения газа. Такой технологией и является давно разработанная и часто применяемая технология гидравлического разрыва пласта [7]. Тем не менее, несмотря на зрелость самой технологии, риски ее реализации в Украине сохраняются.

Резюмируя, можно прийти к выводам: ценообразование сланцевого газа в США во многом искажено быстрым ростом и избыточной конкуренцией в этой отрасли, и сейчас оптовые цены на 48% ниже реальной себестоимости добычи.

Ситуация с заниженными ценами газа в США частично поддерживается высокими ценами на нефть. Можно ожидать, что слабые игроки с высокими затратами будут покидать отрасль сланцевого газа, а сильные – перефокусируются на сланцевую нефть, в результате чего спотовые цены природного газа в США приблизятся к его реальной себестоимости.

Украинский проект Shell опирается на зрелую технологию добычи газа плотных пород, которая уже 35 лет как коммерчески доказана. Теоретически себестоимость газа плотных пород украинской добычи будет ниже цен Газпрома на 39 %, однако только реализация может показать, каковы реальные объемы коммерческой добычи газа Юзовской площади [9].

Что же касается добычи сланцевого газа в России, то «Газпром» пока не намерен заниматься этой темой, сосредоточившись на добыче сланцевой нефти. Учитывая огромные запасы «традиционного» газа и низкую себестоимость его добычи, разрабатывать месторождения сланцевого газа пока нет никакого смысла [8].

В заключение стоит отметить, что, несмотря на неопределенность оценок ресурсов и запасов сланцевого газа в мире и перспектив его добычи, можно сказать, что этот энергоресурс окажется значимым в общем объеме предложения на долгосрочную перспективу. Рынок будет очень чутко реагировать изменением цен на успехи или провалы сланцевой газодобычи.

Литература

1. Сорокин С. Н., Горячев А. А. Основные проблемы и перспективы добычи сланцевого газа / ИЭИ РАН. М., 2010. 12 с.
2. Коломийцев А. В. Инновационные технологии добычи сланцевого газа: сборник материалов VII Международной научной конференции «Научный потенциал XXI века», г. Ставрополь. Ставрополь, 2013. 424 с.
3. Тарнавский В. Сланцевый газ: революционный энергоисточник или мыльный пузырь? // Fin.org.ua, 30.11.2009 г.;
4. Дмитриевский А. Н. Сланцевый газ – новый вектор развития мирового рынка углеводородного сырья // Газовая промышленность. 2010. № 8.
5. Кравченко Е., Стеркин Ф. Энергетическая революция // Ведомости. 2012. 30 мая. URL: http://www.vedomosti.ru/newspaper/article/281674/energeticheskaya_revolyuciya#sel=8:1,8:5.
6. В Госдуме РФ состоялся «круглый стол» по перспективам освоения ресурсов сланцевого газа // Министерство энергетики РФ. 2010. 31 марта. URL: http://www.minenergo.gov.ru/news/min_news/3226.html.
7. «ШЕЛЛ» в Украине. Юзовский проект: разведка и добыча природного газа уплотненных песчаников: ответы на ваши вопросы. 2013. Март. 28 с. URL: http://s08.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/country/ukr/downloads/pdf/booklet_20130325-1.pdf.

8. Мельникова С., Сорокин С., Горячева А., Галкина А. Первые пять лет «сланцевой революции»: что мы теперь знаем наверняка? // Центр изучения мировых энергетических рынков / ИНЭИ РАН. Ноябрь 2012. 48 с. URL: http://www.eriras.ru/files/slancjevyj_gaz_5_ljet_nojabr_2012.pdf.

9. Зуев В. Энергетическая панацея по-украински // Советская Россия. 2013. 14 апреля.

УДК 624.154.1

Галай Борис Федорович, Сербин Виталий Викторович

АВАРИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ПОСТРОЕННЫХ НА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТАХ В ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ ЮГА РОССИИ

В статье впервые дан анализ неудачного применения свайных фундаментов на просадочных лесовых грунтах в различных городах Юга России. Сформулированы проблемы проектирования свай в просадочных грунтах и даны предварительные рекомендации по их решению.

Ключевые слова: просадочные грунты, свайные фундаменты, аварийные деформации зданий и сооружений, срыв свай.

Galay Boris F., Serbin Vitaly V.

EMERGENCIES IN BUILDINGS CONSTRUCTED ON PILE FOUNDATIONS IN SUBSIDENT SOILS IN COUTH RUSSIA

The item offers a view on the first analysis of unsuccessful use of pile foundations in subsident loess soils in various cities of South Russia. The authors also provide definition of the issues related to pile constructions in subsident soils, as well as offer recommendations on resolving the issues.

Key words: subsident soils, pile foundations, emergency deformation of buildings, pile breakage.

В настоящее время строительство является наиболее динамично развивающейся отраслью народного хозяйства России. Появление современных строительных машин и высокопрочных материалов позволило перейти к возведению высотных зданий и сооружений с большими нагрузками на грунты оснований и к строительному освоению территорий, ранее считавшихся непригодными для строительства из-за неблагоприятных грунтовых условий. При этом возросли требования не только к обоснованному проектированию и расчету новых строительных конструкций зданий и сооружений, но и к грунтам оснований, оценка которых потребовала разработки новых методов анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «сооружение – фундамент – основание», а также изменения и переработки всей строительной-нормативной базы.

Наиболее полно современные проблемы механики грунтов в связи с возросшими требованиями строительства изложены в фундаментальном труде (монографии) профессора МГСУ З. Г. Тер-Мартirosяна [1].

Опыт строительства на Юге России показал, что практически все аварии зданий и сооружений в регионе связаны с потерей несущей способности оснований, среди которых преобладают лёссовые просадочные грунты, занимающие 80–85 % территории [2]. На типичных лёссах и лёссовидных суглинках ведется массовое строительство гражданских, промышленных, транспортных, гидромелиоративных и гидротехнических объектов, а также возведение уникальных объектов.

Известно, что строительные нормы основаны на анализе и обобщении прошлого опыта строительства, который должен показать не только успешное решение новых проблем, но и учесть неудачные, в том числе аварийные, ситуации, связанные с несовершенством строительных нормативов.