

НЕФТЕГАЗОВЫЕ

ТЕХНОЛОГИИ

www.ogt.ru

10 Октябрь 2011

ДОПОЛНИТЕЛЬНО НА CD-ДИСКЕ:
ЦВЕТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА
OSEI CORPORATION
ОТКРЫТИЕ НОВОГО ЦЕНТРА METSO
PROCESS ENGINEERING INTERNATIONAL, LLC



**PROCESS ENGINEERING INTERNATIONAL, LLC
СПЕЦИАЛИЗИРУЕТСЯ В ХИМИКО-ИНЖЕРЕРНЫХ ПРОЦЕССАХ
И ДИЗАЙНЕ ПРОЦЕССА.
МЫ ПРЕДОСТАВЛЯЕМ СЛЕДУЮЩИЕ УСЛУГИ:**

ДИЗАЙН ПРОЦЕССА

- ♦ Разработка основы дизайна
- ♦ Изучение начальной стадии инженерного дизайна
- ♦ Разработка пакета услуг по инженерному проекту
- ♦ Разработка пакета услуг по дизайну процесса
- ♦ Рассмотрение и оценка альтернативных вариантов и сроков выполнения
- ♦ Оценка производительности и обновления или ремонта процесса
- ♦ Изучение вспомогательных клапанов
- ♦ Оценка дизайна процесса, предоставленного Вам третьим лицом
- ♦ Оценка применения
- ♦ Полный пакет услуг по дизайну процесса
- ♦ Разработка схем контроля
- ♦ Создание диаграмм по потоку процесса
- ♦ Создание диаграмм труб и приборов
- ♦ Планы расположения оборудования
- ♦ Спецификации оборудования
- ♦ Предварительная оценка стоимости
- ♦ Дизайн и оценка экспериментального завода
- ♦ Оценка и помощь по технологии лицензированного процесса
- ♦ Изучение возможностей сокращения потребления энергии

**МОДЕЛИРОВАНИЕ
И СИМУЛЯЦИИ ПРОЦЕССА**

- ♦ Детальный баланс масс и энергии
- ♦ Дизайн операций процесса
- ♦ Гидравлика трубопроводных систем
- ♦ Дизайн и оценка вспомогательных систем и систем вспышки
- ♦ Упрощенная компьютерная симуляция процесса

**НАБЛЮДЕНИЕ ЗА МОДИФИКАЦИЕЙ
И СТРОИТЕЛЬСТВОМ ПРОЦЕССА**

- ♦ Наблюдение за строительством нового производственного цеха

- ♦ Планирование и координация установки оборудования
- ♦ Инспекция качества изготовления
- ♦ Координация соединения трубопроводов процесса
- ♦ Инспекция трубопроводов
- ♦ Наблюдение за установкой и положением емкостей
- ♦ Инспекция внутренней сборки емкостей

ПОМОЩЬ ПО РАБОТЕ ПРОЦЕССА

- ♦ Услуги по запуску завода и процесса
- ♦ Поиск неисправностей и оптимизация
- ♦ Изучение возможностей улучшения пропускной способности
- ♦ Запуск и настройка систем контроля
- ♦ Наблюдение за установкой и модификацией процесса
- ♦ Рабочие процедуры
- ♦ Документация процесса
- ♦ Обучение аппаратчиков и инженеров
- ♦ Предоставление работников (на короткий период времени)

**НАБЛЮДЕНИЕ
ЗА БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОЦЕССА**

- ♦ Проведение исследования опасностей производства
- ♦ Проведение обзора безопасности производства
- ♦ Оценка опасностей производства
- ♦ Разработка программ по безопасности процесса
- ♦ Обучение по расследованию происшествий

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

- ♦ Подготовка пакета расценок для процесса/оборудования
- ♦ Оценка и рекомендации по расценкам, предоставленным Вам третьим лицом

С О Д Е Р Ж А Н И Е

UPSTREAM

ОТКРЫТИЕ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА METSO CORPORATION	2
---	---

Экология

OIL SPILL EATER II: ПЕРЕДОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА НЕФТИ.....	4
OSEI CORPORATION: ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК, ПОВЕДЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВОВ НЕФТИ В МОРСКОЙ ВОДЕ	11

Технологии

R. Cardenas, C. Chung, P. Filatov ПРОЕКТ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КИНГФИШЕР. Часть 3.	14
ЭФФЕКТИВНОЕ ПАРТНЕРСТВО С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ДОБЫЧИ В БАСЕЙНЕ ИЛЛИНОЙС.....	21
J. R. Duda, V. Kuuskraa, M. Godec, T. Van Leeuwen США: ПРОЕКТЫ НАГНЕТАНИЯ В ПЛАСТ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА	24
L. Goryl, L. Olsovsky, S. Ondruskova, S. Rehak, T. Ferencz, M. Simko, D. Hudecek РАСШИРЕНИЕ ВМЕСТИМОСТИ КОМПЛЕКСА ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОХРАНИЛИЩ ЛАБ БЛАГОДАРЯ НОВОМУ ОБЪЕКТУ ГАЯРА-БАДЕН	28
K.E. Gray, Les Nichols ДИНАМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПЛОТНОСТИ.....	32

Оптимизация

КОМПАНИИ WEATHERFORD ПО МИНИМИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАПАСОВ	34
A. Goodwin, J. Derby ПОВЫШЕНИЕ PUE БЛАГОДАРЯ ВНЕДРЕНИЮ СИСТЕМЫ AIR-DRUPS™	39

Безопасность

ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.	46
2010 – ЕЩЕ ОДИН РЕКОРДНЫЙ ГОД ДЛЯ PROCESS г.....	50

DOWNSTREAM

Технологии

Dr. M. P. Sukumaran Nair СИСТЕМА УДАЛЕНИЯ CO2 НА АММИАЧНЫХ УСТАНОВКАХ.....	53
Anand Kumar СНИЖЕНИЕ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА	62
Зейналов Э. Б., Ибрагимов Х. Д., Сеидов Н. М-И., Ищенко Н. Я. ТСИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР: ОБЗОР ПУБЛИКАЦИЙ	64

Анализ

R. Heiberg, D. Friedly КОНЕЦ ДЕШЕВОГО УГЛЯ	71
--	----

Экология

J. D. Hughes ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СЛАНЦЕВ И ЗАПАСОВ УГЛЯ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ ПРОТИВОРЕЧАЩИХ ДРУГ ДРУГУ ИССЛЕДОВАНИЙ	74
R. Heinberg ЭКОНОМИЯ: ДРУГИХ ВАРИАНТОВ НЕТ	84
S. Mills ОТ ПЛЕЙСТОЦЕНА ДО ГОРОДОВ: ПЕРЕВОРОТ В ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА	87
R. Heinberg ОГРАНИЧЕНИЯ ЗЕМЛИ. ПОЧЕМУ РОСТ НЕ ВЕРНЕТСЯ. ВОДА.....	93

ДОПОЛНИТЕЛЬНО НА CD-ДИСКЕ

ЦВЕТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА	
ОТКРЫТИЕ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА METSO CORPORATION	
OIL SPILL EATER II: ПЕРЕДОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА НЕФТИ	
OSEI CORPORATION: ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК, ПОВЕДЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВОВ НЕФТИ В МОРСКОЙ ВОДЕ	
2010 – ЕЩЕ ОДИН РЕКОРДНЫЙ ГОД ДЛЯ PROCESS	

С О Н Т Е Н Т С

UPSTREAM

OPENING METSO'S NEW VALVE TECHNOLOGY CENTER	2
---	---

Ecology

OIL SPILL EATER II	4
DOSEI CORPORATION SUMMARY US DEPARTMENT OF INTERIOR STUDY ON THE CHARACTERISTICS, BEHAVIOR, & RESPONSE EFFECTIVENESS OF SPILLED DIELECTIC INSULATINGL	11

Technology

Cardenas, C. Chung, P. Filatov KINGFISHER FIELD: FIELD DEVELOPMENT PLAN, PART 3	14
NEW HOPE FOR MATURE FIELDS–EFFECTIVE PARTNERING TO BOOST RECOVERY IN THE ILLINOIS BASIN	21
J. R. Duda, V. Kuuskraa, M. Godec, T. Van Leeuwen CO ₂ EOR IN THE US.	24
L. Goryl, L. Olsovsky, S. Ondruskova, S. Rehak, T. Ferencz, M. Simko, D. Hudecek EXPANSION CAPACITY UNDERGROUND STORAGES LAB WITH THE NEW FACILITY GAYARA-BADEN	28
K.E. Gray, Les Nichols DYNAMIC DENSITY CONTROL (DDC)	32

Optimization

WEATHERFORD – MINIMIZING INVENTORY COSTS	34
A. Goodwin, J. Derby IMPROVING PUE WITH THE USE OF BATTERY-FREE UPS.	39

Safety

ENERGY SECURITY AND CLIMATE CHANGE.	46
2010 – ANOTHER RECORD YEAR	50

DOWNSTREAM

Technologies

Dr. M. P. Sukumaran Nair CO ₂ REMOVAL SYSTEMS FOR AMMONIA PLANTS – A REVIEW OF TECHNOLOGIES	53
Anand Kumar REDUCING FOOT-PRINT OF REFINERIES	62
Zeinalov E.B., Ibragimov H.D., Seidov N.M-I, Ischenko N.Y. SYNTHESIS OF CARBON NANOSTRUCTURES: REVIEW OF PUBLICATIONS ..	64

Analysis

R. Heiberg, D. Friedly THE END OF CHEAP COAL.....	71
---	----

Экология

J. D. Hughes LIFECYCLE GREENHOUSEGAS EMISSIONS FROM SHALE GAS COMPARED TO COAL: AN ANALYSIS OF TWO CONFLICTING STUDIES	74
R. Heinberg CONSERVATION: THERE IS NO ALTERNATIVE	84
S. Mills FROM THE PLEISTOCENE TO THE MOTOR CITY: REVOLUTIONS IN HUMAN ECOLOGY	87
R. Heinberg EARTH'S LIMITS: WHY GROWTH WON'T RETURN – WATER	93

ADDITIONAL INFORMATION ON CD-DISC

COLOR VERSION OF THE MAGAZINE	
OPENING METSO'S NEW VALVE TECHNOLOGY CENTER	
OIL SPILL EATER II	
OSEI CORPORATION SUMMARY US DEPARTMENT OF INTERIOR STUDY ON THE CHARACTERISTICS, BEHAVIOR, & RESPONSE EFFECTIVENESS OF SPILLED DIELECTIC INSULATING	
2010 – ANOTHER RECORD YEAR	
PROCESS ENGINEERING INTERNATIONAL, LLC – EXCELLENCE IN APPLIED CHEMICAL ENGINEERING	

ОТКРЫТИЕ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА METSO CORPORATION



Официальная церемония открытия нового технологического центра Metso состоялась 22 сентября 2011 г. в Вантаа (Финляндия)

Компания Metso (www.metso.com) работает на рынке производства технологий контроля уже более 90 лет и разрабатывает оборудование для upstream и downstream секторов нефтяной, газовой, химической, нефтехимической, целлюлозно-бумажной отраслей, сектора производства биотоплив, производства электроэнергии и других.

Производственные предприятия компании Metso расположены почти в 40 странах мира, на которых работают свыше 1600 высококвалифицированных профессионалов. Наиболее крупные центры построены в Финляндии (2011 г.), Германии (2008 г.), Китае (2010 г.), Бразилии (2008 г.). Завершение строительства нового центра в Северной Америке запланировано на 2012 г.

Клапаны, производимые компанией Metso, широко используются в различных отраслях промышленности мира, включая 75 % оборудования целлюлозно-бумажной промышленности, 70 % оборудования сектора переработки промышленного газа, 40 % оборудования сектора производства олефинов и т.д.

Продукция компании Metso хорошо известна на рынке контрольного оборудования. Специалисты компании постоянно работают над разработкой решений по повышению надежности и безопасности, сокращению времени простоя, улучшению качества продукции.



Рис. 1. Штаб-квартира компании Metso в Хельсинки (Финляндия)

Необходимость в строительстве нового центра возникла в связи с быстро растущим рынком, специализирующимся на производстве передовых технологий контроля технологических процессов. Общая площадь предприятия составляет 35 300 м². Площадь производственных помещений составляет 23 000 м², офисных — 12 300 м². На предприятии работает более 800 высококвалифицированных специалистов в области автоматизации. Успех компании заключается в соблюдении ряда важных условий, включая:

- полную разработку решений — от производства до тестирования;
- простоту реализации проекта;
- сокращение CAPEX;
- быстрое начало проекта;
- быструю окупаемость;
- высококвалифицированные кадры и т.д.

Производственные предприятия компании Metso оснащены различным испытательным оборудованием для проведения окончательного тестирования перед отправкой заказчикам.

«Компания Metso является лидером в области производства систем контроля и оказания сервисных услуг. Мы занимаем достаточно прочные позиции на рынке разработки решений для целлюлозно-бумажной, нефтегазовой, перерабатывающей и химической/нефтехимической отраслей промышленности. Наши новые производственные и испытательные центры позволят компании улучшить сервисные услуги и оптимизировать поставки нашим заказчикам», —



Рис. 2. Демонстрационное проведение теста



Рис. 3. Рассказ специалиста о тестировании готовых технологий

говорит Makku Simula, президент Flow Control, Metso Automation.

«Наши текущие поставки увеличились вдвое по сравнению с соответствующим периодом предыдущего года. Производство достигло более 2500 клапанов в месяц, и в дальнейшем объемы производства будут возрастать в целях удовлетворения растущего глобального спроса», — продолжает Makku Simula. Компания поставляет клапаны по всему миру для крупнейших нефтегазовых компаний, таких как ExxonMobil и Petrobras, а также для крупного GTL-проекта на Ближнем Востоке в Катаре для компании Shell Pearl Qatar.

Инвестиции, сделанные в Финляндии в строительство нового центра, продолжают стратегию расширения компании Metso в глобальном масштабе. В 2010 году Metso открыла новый технологический центр в Шанхае (Китай), а в настоящее время строит производственные мощности в США.

Компания постоянно совершенствует сервисные услуги для нефтяной, газовой, перерабатывающей, химической/нефтехимической и целлюлозно-бумажной



Рис. 4. Проведение семинара «Automation Technology Seminar»

отраслей промышленности. Требования клиентов компании становятся более высокими, поэтому специалисты постоянно работают над улучшением решений и услуг. В настоящее время с введением в эксплуатацию нового производства, компания получила более широкие возможности для развития производства и повышения качества и эффективности.

Прочные позиции компании Metso на рынке и развитие технологий мониторинга в режиме реального времени характеризуют компанию как надежного поставщика технологических услуг. Хорошим примером является соглашение о предоставлении услуг, охватывающее 11 нефтеперерабатывающих заводов, которое Metso и бразильская нефтяная компания Petrobras подписали весной 2011 г.

Metso планирует и в дальнейшем усовершенствовать свои технологии и услуги, тем самым укрепляя свои позиции на мировом рынке в качестве глобального поставщика передовых технологий и услуг.

Кутасова Наталья, главный редактор



Рис. 5. Обстановка в цехах предприятия



Рис. 6. Испытательная установка для проведения окончательного тестирования



Рис. 7. Визуализация результатов испытаний на мониторе

OIL SPILL EATER II: ПЕРЕДОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА НЕФТИ



ВВЕДЕНИЕ

Oil Spill Eater II — название нетоксичного продукта, который обеспечивает полную ликвидацию последствий разлива нефти и является передовой технологией 21-го века, очищающей и восстанавливающей среду после разлива на 100 %. Для сравнения, современные методы, используемые тремя крупнейшими нефтегазовыми компаниями (BP, ExxonMobil и Shell) были признаны устаревшими и не дали ожидаемых результатов.

Не так давно компании BP, ExxonMobil и Shell использовали механическую очистку при аварии на глубоководной буровой установке *Deepwater Horizon* (DWH) и последующем разливе нефти, после разлива нефти на реке Йеллоустоун в Монтане и при ликвидации последствий после недавнего разлива нефти в Северном море. Механическая очистка при условии полного штиля обеспечивает возможность восстановления всего 2 и 8 % и является совершенно неадекватным методом.

В целях ликвидации последствий выброса на *Deepwater Horizon* в Мексиканском заливе использовалась устаревшая технология — химический диспергатор Corexit, разработанный ExxonMobil, и производящийся по лицензии компанией Nalco Holding Company. В описании способа применения этого состава, прилагаемого к упаковкам, описано, что этот диспергатор обладает чрезвычайно высокой токсичностью и может привести к почечной недостаточности и даже смерти. На упаковке наклеено специальное предупреждение (Material Safety Data Sheet — MSDS), предупреждающее использовать это вещество в воде: «Не загрязнять поверхность

воды». Кроме того, исследование на токсичность показало, что из-за высокой токсичности это вещество пагубно влияет на существование морской фауны. Из всего следует, что применение этого диспергатора для ликвидации последствий разлива в качестве предпочтительного метода нежелательно и даже опасно, поскольку оно только способствует повышению токсичности разлитой нефти, для очищения от которой оно и используется.

ДЕСТРУКТИВНАЯ ПОЛИТИКА ЕРА

Агентство по охране окружающей среды (Environmental Protection Agency — EPA) требует, чтобы любые диспергаторы, используемые для ликвидации последствий разлива нефти, были включены в Свод федеральных нормативных актов Национального Резервного Плана (Code of Federal Regulations National Contingency Plan Product Schedule), включающий перечень продуктов, разрешенных к использованию для очистки разливов, и известный как НСП-список. Каждое вещество из этого списка, прежде быть внесенным в Свод нормативных актов, проходит строжайшее тестирование, после которого выдается разрешение на применение продукта в судоводных водах США. Для получения разрешения на применение диспергирующий продукт должен продемонстрировать, что обеспечивает, как минимум, 45 %-ную очистку от нефти в течение 30 мин, несмотря на то, что часть разлитой нефти, как правило, опускается на дно.

Таким образом, одним из самых нелогичных критериев US EPA решения проблем токсичных разливов заключается в том, что нефтяное пятно, заставляя нефть опускаться

в воду и оседать на дно. Это способствует распространению токсичного загрязнения в наиболее важные области обитания морской фауны, где живет не менее 60 % видов морских живых. (Катастрофические последствия этого в настоящее время тщательно документированы все больше и больше научных трудов были опубликованы в 2011 г.) Цель очистки нефтяных разливов заключается в том, что живые организмы, даже одноклеточные организмы в результате этих операций могут выжить. В чем заключается логика? Неужели в том, что добавление Corexit способствует образованию еще более токсичного вещества, чем нефть и распространению загрязнения по всей области среды обитания большинства морских видов? Пагубные последствия разлива должны быть смягчены, а не целенаправленно усугублены посредством того, что разлив распространяется в дополнительные, вторичные области.

После определенного периода времени, диспергаторы становятся причиной опускания нефти в глубокие слои воды на морское дно, оказывая негативное влияние на морских жителей и уничтожая целые виды морских животных. Затонувшая нефть вызывает достаточно серьезные дополнительные проблемы, такие как истощение кислорода в воде, потому что при опускании нефти в воду выделяется много углерода, концентрация которого в воде увеличивается до чрезвычайных объемов. Истощение кислорода вызывает массовую гибель морских животных (убивая огромное количество рыбы). Многие виды морских животных практически одновременно гибнут от крайней нехватки кислорода.

Однако, перечисленные аспекты — еще не весь список разрушительных действий диспергирующих химических веществ. Опыт, приобретенный в процессе ликвидации последствий разлива на *Deepwater Horizon*, показал, что, даже когда диспергаторы применялись на расстоянии до 75 миль от берега, нефть, постепенно опускающаяся на дно и подхваченная подводными течениями достигла береговой линии, где причинила еще больший ущерб окружающей среде. В итоге, разлив стал причиной огромного ущерба, предотвратить который не смогло даже использование диспергаторов. В приливной зоне живет огромное количество морских животных, места обитания которых находятся в прибрежном песке, камнях и на болотистых участках. Покрываются нефтяной пленкой, из-за которой задохнулось огромное количество прибрежной фауны.

В соответствии с требованиями US EPA, диспергаторы должны не просто очищать поверхность воды от нефти, но и предотвращать опускание нефти на дно. В действительности, не существует «определенной конечной точки» (научно предсказуемой с точки зрения конечного результата) применения диспергаторов. В отличие от необоснованного доклада, подготовленного Woods Hole Oceanographic Institute, результаты исследования, завершеного в марте 2011 г., показали, что для деградации нефти потребуется значительно больше времени, чем предполагалось ранее, и было бы лучше ничего не делать вообще, чем распылять/вводить огромное количество токсичного диспергатора Corexit на и в воду Мексиканского залива. Когда специалист понимает природные процессы, посредством которых природа очищается от разливов нефти (сколько бы времени это ни заняло, и какие механизмы приняли бы в этом участие), становится ясно и научно доказывается, почему применение Corexit замедлило деградацию нефти посредством привлечения природных механиз-

мов, потому что высокотоксичные диспергирующие вещества просто убивают или подавляют действие природных микроорганизмов, которые могли бы переварить разлитую нефть и способствовать ее разложению на нетоксичные компоненты. Уничтожая природные микроорганизмы, диспергирующие вещества продлевают временной период, необходимый Матери Природе для очистки воды, и способствуют распространению и усугублению токсичного воздействия нефти и диспергаторов на экосистему.

ВРЕД ЗДОРОВЬЮ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Очистка разливов нефти, которая включает использование токсичных диспергаторов, только увеличивает площадь распространения негативного влияния и усиливает и усугубляет негативные последствия от разлитой нефти. Использование диспергаторов приводит к гибели огромного числа морских животных, обитающих в воде, на морском дне и в приливных регионах, что в свою очередь, в значительной степени воздействует на торговлю в регионе, связанную с рыболовством, а также угрожая судоходству в водах США. Применение таких токсичных веществ ставит под угрозу туризм в регионе и все географически и экономически связанные с регионом производства.

Как можно увидеть на предупреждающей наклейке MSDS, помещенной на упаковке Corexit, эти вещества становятся причиной возникновения широкого спектра чрезвычайно серьезных заболеваний, включая повреждение дыхательной системы, возникновение почечной и печеночной недостаточности, внутренние кровотечения, поражения кожи, внезапные и сильные головокружения и тошноту; краткосрочную потерю памяти, возникновение долгосрочных, гриппоподобных симптомов, которые не излечиваются стандартными методами, тяжелые повреждения зрения и глаз, серьезные нарушения иммунной системы, проблемы, связанные с репродуктивной способностью и даже смерть.

Руководство EPA крайне непредусмотрительно позволило использовать для ликвидации разлива более 2 млн л токсичных диспергаторов и еще большее количество этого вещества для распыления над поверхностью воды и введения его в чувствительную экосистему Мексиканского залива. Ученые, наблюдающие за ходом операций по ликвидации последствий аварии в Мексиканском заливе, доказали, что применение этих диспергаторов поставило под угрозу здоровье тысячи граждан, которые живут и работают на побережье Мексиканского залива от Техаса до Флориды. Пагубные последствия было легко прогнозировать, просто прочитав инструкцию к применению Corexit.

ПРЕДСКАЗУЕМЫЙ, НО НЕ ПРЕУВЕЛИЧЕННЫЙ «КОМПРОМИСС»

На вебсайте EPA размещена информация о том, что возможны «компромиссы» в отношении использования Corexit или других диспергаторов, хотя и не определяется точно, что означают эти компромиссы. Если бы американская общественность была более осведомлена о том, что эти компромиссы означают огромный ущерб природным ресурсам, нарушение экосистемы, гибель морской фауны, загрязнение прибрежной полосы, серьезную угрозу здоровью человека или смерть жителей региона Мексиканского залива, без получения каких-либо преимуществ, то маловероятно, что они одобрили бы использование таких токсичных веществ для ликвидации последствий разлива нефти.

С точки зрения экономических расчетов вообще непонятно, в чем заключается логика применения данного метода очистки с учетом «компромиссов», который лишь приводит к экспоненциальному увеличению стоимости операций по ликвидации разлива, особенно, в том случае, когда есть нетоксичные альтернативы, которые можно применять абсолютно без всяких компромиссов?

Экономические расчеты, выполненные в настоящее время,

отражают фантастические затраты на ликвидацию всех пагубных последствий, связанных с использованием токсичных диспергаторов, являются доказательством того, что их применение чрезвычайно усугубило ущерб окружающей среде и морской фауне. Эти непредвиденные и огромные расходы включают, среди прочего, затраты на ведение судебных процессов, возмещение ущерба за нанесение вреда здоровью и смертельные случаи, восстановление экосистемы, а также возмещение ущерба и ликвидацию катастрофических последствий, уничтожения целых видов морских животных, долгосрочного опустошения окружающей среды, социальное и общественное влияние и многое другое. Учитывая такие долгосрочные последствия пагубного воздействия токсичных химических диспергаторов, эти вещества должны быть немедленно изъяты из списка продуктов, использующихся как технология ликвидации разлива нефти.

РЕНТАБЕЛЬНОЕ И АБСОЛЮТНО ЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ

И вновь вернемся к главной причине — очень важно ликвидировать последствия разлива, очистив поверхность воды от нефтяных пятен, чтобы максимально снизить токсичность разлива для окружающей среды и сократить время воздействия разлива (период, на протяжении которого живые организмы подвергаются воздействию токсичных загрязнений) с тем, чтобы морская фауна могла выжить. Токсичные химические диспергаторы уничтожают живые организмы, от самых маленьких микробов до крупнейших

китов, и представляют также реальную и серьезную опасность для живой природы и здоровья человека. В то же время, механические методы ликвидации последствий разлива представляют собой совершенно неэффективную технологию, оставляя большое количество нефти на поверхности воды, что способствует увеличению временного периода, в течение которого жизнь морских животных подвергается опасности из-за токсичности.

Всего вышеперечисленного пагубного воздействия на природные ресурсы, здоровье человека и экономику можно полностью избежать. Поскольку в области очистки нефтяных месторождений и поверхности воды от последствий разлива нефти был достигнут экстраординарный технологический прорыв. Специалистами была разработана полностью нетоксичная и безопасная для окружающей среды и животных технология. Разница между токсичными диспергаторами главным образом заключается в том, что Природе не потребуются десятилетия, чтобы ликвидировать последствия токсичного воздействия. На очистку от токсичных веществ потребуется всего несколько недель, чтобы достичь абсолютно эффективного результата без каких-либо негативных побочных эффектов. Это единственный в своей области продукт, который является первой и единственной технологией, необходимой для достижения 100 %-ной очистки нефтяных разливов. Кроме того, расходы на использование этой технологии значительно ниже по сравнению с затратами на применение продук-

тов с аналогичным действием, например, таких как диспергирующие химические вещества и механические средства очистки. Это научно доказано и определена конечная точка, она достигается сразу после применения продукта; действие заключается в преобразовании разлитой нефти в CO_2 и воду. Эта операция не вызывает абсолютно никаких отрицательных побочных эффектов или компромиссов. На протяжении последних 23 лет благодаря применению этого продукта было эффективно очищено более 16 000 разливов нефти. И этот продукт уже внесен в NCP-список EPA. Технология ликвидации аварийных последствий разливов нефти называется Eater II (OSE II).

Ниже приводятся сравнительные данные по технологии OSE II, механических средств очистки и диспергаторов по следующим показателям:

- эффективность;
- степень токсичности;
- последствия для здоровья человека;
- ущерб природным ресурсам;
- затраты на очистку.

Кроме того, немаловажным фактором является предотвращение дорогостоящих судебных разбирательств и компенсационных выплат.

СРАВНЕНИЕ ДАННЫХ ПО OSE II, МЕТОДАМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ И ХИМИЧЕСКИМ ДИСПЕРГАТОРАМ

Для сравнения данных обратимся к таблицам, в которых приводится подробное описание влияния каждого продукта, преимущества и недостатки.

Степень очистки

Продукт и степень очистки		
OSE II	Механический метод	Диспергаторы/Corexit
100 %-ное преобразование в CO_2 и воду	Удаление из окружающей среды максимум от 2 до 8 % нефтяного загрязнения	Очистка составляет 0 %. Единственным реальным результатом является то, что нефть опускается в воду и на морское дно. Повышение токсичности нефти и распространение ее в столб воды и на дно, что приводит к разрушению экосистемы, необходимости вторичной очистки береговых линий (что в свою очередь умножает чистые затраты и убытки).

Проблемы токсичности

Технология	Характеристики
OSE II	Ограничивает токсичность и распространение токсичных продуктов на большую площадь по сравнению с первоначальным разливом. Снижение токсичности начинается сразу же после применения продукта; технология предотвращает повышение токсичности, что благоприятно для морской фауны и диких животных, людей, морской воды, береговой линии, болот и рек. Испытания на токсичность OSE II US EPA и правительствами иностранных государств показали, что данная технология совершенно не токсична как в пресной, так и в соленой воде для любых морских видов животных. Одним из многих официальных подтверждений эффективности и безопасности технологии является то, что в 1989 г. Администрация по охране труда и здоровья США (Occupational Safety and Health Administration – OSHA) опубликовала письмо, в котором говорилось о том, что применение OSE II не стало причиной возникновения никаких токсикологических проблем в любой операционной среде и ингредиенты, на которые продукт разлагает нефть, не представляют никакого риска для здоровья людей.
Методы механической очистки	Нефть сама по себе является достаточно токсичным веществом для окружающей среды. Попадание от 92 до 98 % нефти в окружающую среду увеличивает токсичность водяного столба, морского дна, береговой линии, болот и лиманов и оказывает серьезное негативное влияние на морскую фауну, диких животных и людей.
Диспергаторы/Corexit	В значительной степени повышают токсичность нефти. Последствия применения диспергаторов, в частности, Corexit, включают серьезные заболевания и смерть человека при попадании в испарение, воду или при смешивании нефти в воде. Вредное воздействие оказывается немедленно при вдыхании или при непосредственном контакте. Применение этих веществ влечет за собой гибель морских и диких животных, разрушает растения и всю подверженную воздействию этих веществ флору и фауну. Распыление диспергаторов влияет на повышение токсичности нефти в толще воды, в конце концов, заставляя опускаться ее на морское дно, большая часть, которой затем перемещается приливными течениями в прибрежные регионы. Испытания EPA на токсичность продуктов показывают, что технология Corexit, очень токсична для морских животных. В описании способа применения продукта Corexit четко написано о высокой токсичности вещества и том, что эта технология может стать причиной возникновения почечной недостаточности и смерти. В описании указан состав вещества, включающий такие токсичные компоненты как 2-бутоксизтанол (концентрация которого в Corexit составляет 60 % по объему), оказывающий пагубное влияние на здоровье человека. Кроме того, следует вспомнить опыт использования Corexit при разливе Valdez, когда в результате применения этого токсичного вещества заболело и умерло большое число людей

Последствия для здоровья человека

Технология	Характеристики
OSE II	Технология может применяться без каких-либо неблагоприятных последствий для здоровья человека, животных и окружающей среды, как уже было доказано при разливе Megaborg, когда о применении OSE II транслировалось много передач по новостному каналу Houston Channel 11 News. Применение OSE II сводится всего к нескольким дням, в течение которых последствия разлива нефти полностью устраняются без какого-либо токсикологического воздействия на человека, морскую, дикую природу, флору и фауну. OSE II официально присвоен Паспорт безопасности, который полностью подтверждает безопасность контакта с продуктом человека, животных или окружающей среды.
Методы механической очистки	Применение механической очистки не эффективен и оставляет примерно 92 до 98 % разлитой нефти на поверхности воды, которая распространяется и задерживается в воде в течение многих лет, подвергая людей, которые работают или отдыхают на берегу около воды, токсичному воздействию нефти в течение многих лет.
Диспергаторы/Corexit	Диспергаторы становятся причиной преобразования некоторого объема нефти в газ, заставляя нефть и Corexit, дистилляты и 2-бутоксизтанол (наиболее токсичное химическое вещество в составе Corexit) испаряться в атмосферу, ставя под угрозу здоровье человека, растения, животных и все, на что падают частицы вещества вместе с дождем и испарениями/конденсатом. Диспергаторы при реакции с нефтью заставляют нефть опускаться в толщу воды, где люди и морские животные плавают и ныряют. Опустившаяся на дно нефть подхватывается подводными течениями и распространяется по береговым линиям. Прямой контакт человека или животных с загрязненным песком, водой или камнями на пляже может стать фатальным для них. Воздействие вещества вызывает серьезные проблемы с дыхательной системой, может стать причиной возникновения почечной и печеночной недостаточности, внутренних кровотечений, поражения кожи, внезапного и сильного головокружения и тошноты; краткосрочной потери памяти, долгосрочных, гриппоподобных симптомов, которые не устраняются применением стандартных методов лечения гриппа, серьезного повреждения зрения и роговицы глаз, тяжелого повреждения иммунной системы, нарушения репродуктивной способности человека и даже смерти.

Ущерб природным ресурсам

Технология	Характеристики
OSE II	Использование OSE II не оказывает пагубного влияния на окружающую среду благодаря предотвращению загрязнения разлитой нефтью вторичных областей. Это происходит посредством устранения адгезивных свойств нефти, предотвращающих ее «прилипание» к чему-либо, в том числе к морским животным и птицам, песку на пляжах, камням, скалам, болотной траве или другой растительности, коже людей, а также дну лодок, сетям и т.д. Все они защищены от токсичного воздействия нефти.
Методы механической очистки	Механические методы очистки обеспечивают достаточно «плодородную почву» для возбуждения судебных исков, поскольку от 92 до 98 % разлитой нефти остается на поверхности воды в регионе разлива. Эта нефть может опуститься на дно моря и распространиться на огромную площадь, достигнув береговой линии, загрязнив пляжи и травяную поверхность и оказывая негативное влияние на морскую флору и фауну, и здоровье людей, не говоря уже о причинении серьезного экономического ущерба региону разлива.
Диспергаторы/Corexit	Диспергаторы в свою очередь в значительной степени способствуют повышению токсичности нефти, усугубляя, таким образом, негативное воздействие на экосистему и окружающую среду. Corexit высокотоксичные вещества сами по себе; смешиваясь с нефтью, их токсичность возрастает. Кроме того, диспергаторы способствуют тому, что нефть опускается в воду и на морское дно, отравляя и уничтожая морскую фауну и флору не только на поверхности океана, но и на глубине, и на морском дне. Более того, затонувшую нефть подводные течения относят в прибрежные районы и она загрязняет еще и береговую полосу, оказывая негативное влияние на прибрежную флору и фауну, пагубно воздействуя на здоровье людей и увеличивая ненужные затраты на ликвидацию последствий разлива.

Судебные процессы

Технология	Характеристики
OSE II	Применение OSE II не грозит никакими судебными процессами, поскольку продукт способен не только уничтожать последствия разлива, но и заставляет подниматься затонувшую нефть из водной толщи и с морского дна (еще в тот период, когда нефть еще очень трудно увидеть). Это также позволяет морским видам животных избежать последствий разлива, находясь даже непосредственно в регионе разлива. Кроме того, OSE II устраняет свойства адгезии нефти, и она не оказывает негативного влияния на флору и фауну приливной зоны. Благодаря этому в регионе разлива можно продолжать рыболовство, люди могут купаться и можно продолжать заготовку морепродуктов. Эта технология в полной мере защищает экономику района разлива, здоровье жителей региона, морскую флору и фауну, и всю экосистему района разлива в целом.
Методы механической очистки	Механические методы очистки обеспечивают достаточно «плодородную почву» для возбуждения судебных исков, поскольку от 92 до 98 % разлитой нефти остается на поверхности воды в регионе разлива. Эта нефть может опуститься на дно моря и распространиться на огромную площадь, достигнув береговой линии, загрязнив пляжи и травяную поверхность и оказывая негативное влияние на морскую флору и фауну, и здоровье людей, не говоря уже о причинении серьезного экономического ущерба региону разлива. Разлив нефти неблагоприятно сказывается на экономике туризма, рыболовства, маркетинга морепродуктов, а также на здоровье человека. Все эти аспекты могут стать причиной возбуждения серьезных судебных исков, которые влекут за собой крупные финансовые затраты, потерю доверия компании и запрет на разработку запасов углеводородов в регионе.
Диспергаторы/Corexit	Диспергаторы в еще большей степени становятся причиной возбуждения судебных исков, поскольку применение этих технологий лишь обостряет проблему разлива нефти. Эти вещества способствуют существенному повышению токсичности нефти (еще более токсичной, чем до их применения), распространению нефти во вторичные области и заставляя опускаться нефть в воду и на морское дно. В конечном итоге токсичная нефть пагубно влияет на обитателей моря, убивая морскую фауну на глубине моря и морском дне, уничтожая кораллы и другую растительность дна моря, что, в свою очередь, отрицательно влияет на сбор морепродуктов, водорослей и других растений и рыболовство. Применение диспергаторов способствует распространению токсичной нефти на береговые регионы, загрязняя пляжи, приливные зоны, уничтожая береговую растительность и животных, пагубно влияя на здоровье человека, не говоря уже об экономическом ущербе. Загрязненные пляжи и морская вода препятствуют развитию туризма, рыболовства и сбору морских растений. Эти аспекты могут стать причиной возбуждения серьезных судебных исков. На основании вышеприведенных факторов следует внести диспергаторы в категорию совершенно нежизнеспособных и чрезвычайно вредных продуктов, которые нельзя использовать в качестве средства предотвращения последствий разлива нефти.

Использование механических методов и/или диспергаторов в процессе ликвидации последствий разлива нефти в Мексиканском заливе в результате аварии на глубоководной буровой установке Deepwater Horizon (компания BP) повлияло лишь на усугубление разлива и оказало дополнительное разрушительное влияние на окружающую среду, стало причиной гибели миллионов особей морских и диких животных, в значительной степени повредило экономике северной части побережья Мексиканского залива и прибрежных штатов и нанесло значительный ущерб здоровью жителей прибрежной зоны. Эта авария повлияла на развитие туризма в регионе, добычу морепродуктов и рыболовство. В результате большое число людей оказалось без работы. Кроме того, это событие оказало негативное влияние на работу отраслевых предприятий, расположенных на побережье Мексиканского залива. Компания BP напрасно потратила миллиарды долларов на применение этих методов очистки, которые мало того, что были просто неэффективными, но, в свою очередь, только усугубили ситуацию, увеличив ущерб. Этот шаг стал причиной еще более значительного увеличения затрат из-за необходимости вторичной очистки региона разлива. Затраты еще более возросли, когда стало ясно, что разлитая нефть достигла прибрежных регионов и пришлось заниматься очисткой еще и песчаных пляжей, скал, камней, болотистых мест и т.д. В результате неправильного решения был нанесен непоправимый ущерб всей экосистеме Залива и потрачены огромные средства на ликвидацию последствий разлива. Все это привело к подаче тысяч исков против компании BP.

СРАВНЕНИЕ ЗАТРАТ

Сравним затраты на ликвидацию последствий разлива нефти с использованием OSE II, механическими методами очистки и применением диспергаторов/Corexit. Можно легко увидеть, какой инструмент ликвидации разливов намного превосходит любую другую из перечисленных технологий. По состоянию на апрель

2011 г., компания BP сообщила своим акционерам, что она затратила на ликвидацию последствий разлива нефти на Deepwater Horizon от 26 до 28 млрд долл. В начале сентября 2011 г. эта цифра была обновлена до 42 млрд долл.

В результате была приостановлена выплата акционерам дивидендов с тем, чтобы выделить 41 млрд долл. для потенциальных прогнозируемых расходов на ликвидацию последствий разлива. OSEI Corporation не знает точно, какую именно сумму компания BP фактически затратила на ликвидацию последствий этого разлива и как разбивала эти расходы. Однако, BP сообщила, что в результате аварии на глубоководной буровой установке Deepwater Horizon в воды Мексиканского залива было пролито 200 млн галл нефти в период с 20 апреля по 20 и 23 июля 2010 г. Для сравнения мы будем использовать этот показатель, учитывая понимание, что эти цифры несколько гипотетические. Тем не менее, очевидно, что фактическое количество разлитой нефти и/или размер денежных средств, выплаченных BP, не могут быть неточными.

В соответствии с отчетами, компания BP потратила 42 млрд долл. по состоянию на апрель 2011 г, чтобы ликвидировать последствия пролитых в Мексиканский залив 200 млн галл нефти. Если разделить 42 млрд долл. на 200 млн галл, то стоимость очистки воды залива от одного галлона нефти составляет 210 долл./галл. При этом следует учитывать, что для очистки использовались механические методы и диспергаторы Corexit. Очень важно, что эта сумма означает только очистку воды Мексиканского залива и не включает какие-либо нынешние или будущие затраты на судебные процессы, выплаты по решениям суда или компенсацию за нанесения ущерба окружающей среде, которые также могут составить от сотни миллионов до нескольких миллиардов долларов.

OSEI Corporation определяет через подрядчиков, что стоимость применения технологии OSE II составляет около 2 долл./галл разлитой нефти в Мексиканском заливе (стоимость использования OSE II для очистки одного

галлона нефти в различных регионах может отличаться, но незначительно). Когда вы принимаете в расчет расходы на развертывание системы, то стоимость очистки одного галлона пролитой нефти составляет 4 долл., при этом гарантируется 100 %-ная очистка разлитой нефти и преобразование ее в CO₂ и воду. Отсюда можно быстро подсчитать, что при применении технологии OSE II и гарантированной очистке воды от 200 млн галл разлитой нефти расходы компании составили бы 4 800 млн долл. Это означает, что если бы BP изначально стала бы использовать OSE II как единственную технологию очистки, воды Залива были бы очищены достаточно быстро, компания сэкономила бы 41 млрд долл., не говоря уже о том, что разлив не распространился бы на прибрежные регионы, не погибло бы такое количество морских животных и растений и не пострадала бы экономика региона.

Низкие расходы, связанные с применением OSE II, говорят о том, что разлив был очень велик, в то время как при менее масштабных разливах стоимость очистки одного галлона разлитой нефти будет немного ниже. Несмотря на это, в 2000 г. ВМС США провели анализ затрат, сравнивая затраты при использовании OSE II и затраты на ранее проведенную и неэффективную очистку с использованием механического оборудования. В результате были сделаны следующие выводы:

- при использовании механического метода очистки компания платит от 92 до 96 долл./галл.;
- очистка с использованием технологии OSE II обошлась ВМС США в 12 долл./галл.

Отсюда видно, что использование технологии OSE II экономит до 87 % на каждый галлон очистки. При этом необходимо учитывать, что OSE II обеспечивает 100 %-ную очистку по сравнению с какими-либо другими методами, использование которых обеспечивало бы в лучшем случае 5 % успеха, позволяя остальным 95 % разлитой нефти беспрепятственно загрязнять окружающую среду.

Если бы компания BP сразу выбрала бы правильный вариант и обеспечила бы 87 %-ное сокращение за-

трат на ликвидацию последствий выброса нефти в воды Мексиканского залива, уменьшение их текущих расходов по сравнению с 210 долл./галл (на очистку от пролитой нефти) составило бы 27,3 долл./галл. Использование OSE II помогло бы компании BP сохранить, как минимум, 36, 54 млрд долл., при значительном сокращении потенциальных издержек в форме судебных расходов и выплаты компенсаций.

ЕЩЕ ОДИН ПРИМЕР ПОТРАЧЕННЫХ ФОНДОВ И УПУЩЕННЫХ ПРЕИМУЩЕСТВЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Летом 2011 г. произошла авария на трубопроводе ExxonMobil на реке Йеллоустоун, в результате которой в реку было пролито 42 тыс. галл нефти. Последствия аварии ликвидировало 345 рабочих в химических костюмах, перчатках и абсорбентах, выглядевших как бумажные полотенца. В некоторых из пострадавших районов, ExxonMobil пыталась применить ловушки для части пролитой нефти и обезжирить ее. Таким методом было собрано примерно 5 % пролитой нефти, большие объемы загрязненной воды, для которой затем потребовалась вторичная очистка, добавив к затратам на проведенные процедуры дополнительные расходы на очистку воды. Кроме того, загрязненные абсорбенты затем должны были быть собраны, скреплены клейкой лентой и также отправлены на вторичную операцию по очистке.

Первоначально разлив нефти распространился на 20 миль вдоль береговой линии (по территории штата Монтана). Так как компания ExxonMobil продолжала осуществлять неадекватные операции по очистке с использованием абсорбентов и механического метода очистки, разлив быстро распространился по территории свыше 240 миль вдоль береговой линии. Согласно прогнозам специалистов ущерб окружающей среде должен быть значительно больше, чем предполагалось первоначально. В результате длительных и неэффективных операций была очищена лишь небольшая часть загрязненной площади, остальная территория, загряз-

ненная разливом нефти, подобными методами никогда не будет очищена окончательно, на ней, к сожалению, будут преобладать загрязнение, беспорядок, снижение стоимости недвижимости, риски для здоровья населения и дикой природы, и еще более низкий уровень общественного доверия нефтяным компаниям, мнение, что отраслевые операторы безответственно относятся к окружающей среде и не предпринимают эффективных мер в случае неизбежных аварий. В начале сентября 2011 г. в прессе появилось сообщение, что компания ExxonMobil потратит 42 млн долл. для ликвидации последствий этого, достаточно небольшого разлива!

Обратимся к экономике и разумным решениям. Сравним, какие последствия и затраты могли бы иметь место, если бы оператор первоначально применил бы продукт OSE II вместо всех перечисленных выше и неэффективных технологий. Чистые затраты и число рабочих и оборудования можно было бы сократить до пары грузовиков на берегу, способных продвигаться по воде, которые могли бы просто проехать к месту аварии по дороге. Рабочие должны были приготовить состав OSE II в соответствии с инструкцией, которая достаточно проста и распылять продукт вдоль береговой линии для удаления последствий разлива на берегу. Далее потребовалось бы четыре водных судна, нагруженных упаковками с OSE. Как только раствор был бы приготовлен его просто надо было выливать в речную воду. Два судна следовало разместить вне территории разлива, чтобы слитый с них раствор предотвратил распространение нефтяного загрязнения далее на большую площадь. Еще два судна должны были начать обработку от источника разлива и постепенно перемещаться вниз по реке, обрабатывая OSE II всю территорию до места стоянки двух судов, предотвращающих распространение разлива.

Для работы на четырех судах и двух грузовиках потребовалось бы в общей сложности 24 сотрудника, которые могли бы решить проблему разлива нефти в течение нескольких дней, постепенно уменьшая загрязне-

ние береговой линии, смягчая ущерб окружающей среде и животным. Такое решение, безусловно, сэкономило бы затраты на заработную плату рабочей силы и предотвратило бы возникновение каких-либо второстепенных проблем. В результате аварии неизбежно будут возбуждены судебные процессы и назначены штрафы, большинство из которых можно бы ограничить или предотвратить. Сметная стоимость в результате применения OSE II составила бы от 800 тыс. до 1,2 млн долл. — это огромная разница по сравнению с затратами при использовании неэффективных технологий, которые обошлись компании BP, как мы уже упоминали в 42 млн долл.

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

Когда дело доходит до ликвидации последствий аварийных разливов нефти, существует четкий выбор. С одной стороны, Вы знаете об устаревших и неэффективных методах, абсолютно неадекватных, как это произошло в случае применения токсичных диспергаторов и механических средств очистки немного более года назад. Еще одним подтверждением неправильности выбора стал тот факт, что год назад в процессе ликвидации последствий разлива нефти в Мексиканском заливе диспергаторы очистили от нефти 0 % разлива. Вместо этого они способствовали тому, что нефть опустилась в воду, достигнув дна моря, усугубив убытки и негативное влияние на окружающую среду, а также создав ситуацию вторичного загрязнения прибрежной зоны. Аналогично неэффективным стал метод механической очистки. В лучшем случае, посредством этого метода очищается от 2 до 8 % разлитой нефти, что позволяет остальным 92 — 98 % разлитой нефти распространяться в другие регионы и пагубно воздействовать на окружающую среду, здоровье животных и людей. Итак, оба метода неэффективны и даже вредны. Их применение не принесло никакого ожидаемого эффекта, и даже усугубило ситуацию, принесло дополнительный вред экосистеме и людям, проживающим в регионе разлива. В результате неправильного выбора погибло огромное количество морских

и диких животных, была уничтожена флора и фауна Залива, оказано негативное воздействие на экономику области и затрачены огромные средства на очистку и восстановление ситуации. Все вышесказанное обеспечивает безграничные перспективы для возбуждения дорогостоящих судебных разбирательств. Оба метода (и диспергаторы и механическая очистка) очень дорогие в применении и принципиально неэффективные, если целью является на самом деле очистки воды от последствий разлива. В действительности, в связи с тем, что применяемые диспергаторы очень токсичны, было бы гораздо лучше вообще ничего не предпринимать, и не создавать дальнейшего развития проблемы за счет их использования. С другой стороны разработана передовая, нетоксичная, эффективная технология, которая обеспечивает очень экономичное средство для решения проблемы разлива нефти, и ограничить затраты на ликвидацию последствий разлива, предотвращение и/или резкое ограничение ущерба окружающей среде, морской и дикой природы, экономики, и здоровья населения. Тем самым эта технология предотвращает и/или заметно снижает потенциал для возбуждения судебных разбирательств. Проведено десятки официальных научных исследований, сделано множество докладов, тщательно проверена

безопасность и эффективность технологии OSE II, а также подведены итоги на основании эмпирических результатов более 16 000 случаев эффективной очистки разливов нефти с 1989 г. без каких-либо побочных эффектов. Очевидно, что разумный выбор технологии очистки последствий разлива нефти должен остановиться на продукте OSE II.

ОСЛАБЛЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОТЕСТА ПРОТИВ БУРЕНИЯ

Успешное использование продукта OSE II позволяет не только эффективно ликвидировать последствия разлива нефти, но и улучшать взаимосвязь с общественностью, общественными организациями и администрацией. В процессе проведения операций бурения и разработки месторождений углеводородов неизбежно могут происходить разливы нефти в результате выброса или других аварийных ситуаций, но специалистам и общественности необходима уверенность, что существует метод и технология своевременной и эффективной очистки разлива и ликвидации последствий аварии. В настоящее время общественное восприятие разливов нефти означает, что разлитая нефть становится причиной долгосрочного опустошения и негативного влияния на экосистему региона, в котором это происходит.

Пример повторного пагубного воздействия разлитой нефти в результате использования устаревших методов ликвидации последствий разлива или неэффективных продуктов, содержащих токсичные вещества, стал причиной формирования негативного мнения общественности об операциях бурения.

Технология OSE II позволит решить и эту проблему. Компания OSE Corporation, разработав продукт OSE II, обеспечивает ряд важных преимуществ:

- удовлетворение, основанных на доверии, обязательств перед своими акционерами;
- реализацию политики эффективного управления;
- защиту окружающей среды и здоровья населения и обеспечение безопасности и благосостояния жителей в тех областях, в которых отрасль ведет разработку запасов углеводородов;
- быструю ликвидацию последствий разлива нефти и восстановление экосистемы при одновременном снижении затрат на очистку.

OSE II является преимущественным и экономическим выбором, когда дело касается ликвидации последствий аварийных разливов нефти — выбором номер один.

Steven Pedigo,
Председатель и Генеральный директор
корпорации OSEI Corporation

OSEI CORPORATION: ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК, ПОВЕДЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВОВ НЕФТИ В МОРСКОЙ ВОДЕ

Министерство внутренних дел США обратилось в Бюро по управлению морскими энергоресурсами (Bureau of Ocean Energy Management and Enforcement — BOEMRE), ранее Mineral Management Service (MMS), с официальным письмом под номером M08PS00094, в котором содержалась

просьба провести исследование возможности сбора и удаления разлитой нефти и биологической очистки морской воды. Информация, непосредственно связанная с продуктом OSE II, размещена на странице 12 официального письма. В ней говорится следующее.

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

С тем, чтобы установить возможность естественного разложения нефти в результате биодеградации был разработан протокол определения эффективности биологической очистки (CFR, 1999).

EPA National Contingency Plan (NCP) одобрил продукт Oil Spill Eater II (производства компании Oil Spill Eater International, Corp.), который затем был включен в перечень экспериментальных продуктов. При проведении тестирования на биodeградацию продукт Oil Spill Eater II (OSE II) доказал свою эффективность в лабораторных условиях при удалении нефти большого количества из раствора морской воды. Затем были проведены следующие испытания. На поверхность подвижного шейкера были помещены колбы, помеченные специальными метками. Очистка регистрировалась в специальном журнале. Данные анализа отражены в таблице, приведенной ниже.

Несмотря на некоторые проблемы, которые были связаны с методом проведения тестирования, результаты показали, что OSE II обладает высокой эффективностью ликвидации последствий разлива нефти (вопреки инструкциям производителя, в состав были добавлены ненужные питательные вещества). Эти ненужные питательные вещества повлияли на токсичность содержимого колб, что стало причиной снижения скорости биологической очистки и исказило истинные результаты испытаний, которых можно было ожидать на основании проведенных других многочисленных тестов. Результаты и описание этих тестов прилагались производителем с целью внимательного изучения характеристик продукта. Тем не менее, исследование показало, что продукт OSE II является абсолютно эффективной системой,

быстро устраняющей последствия разлива нефти.

Кроме того, вопреки инструкциям производителя, специалисты (уже после начала испытаний) также добавили в раствор некоренные бактерии. Это также привело к замедлению биологической очистки и не позволило OSE II продемонстрировать 100 %-ную скорость очистки от разлитой нефти, составляющую 28 дней. Введение в раствор некоренных бактерий в процессе проведения испытаний, стало причиной начала конкуренции между коренными бактериями OSE II и сторонними некоренными бактериями, которые были некорректно добавлены. Результатом стало ослабление действия этих бактерий, поскольку в борьбе за источник питания (нефть) они уничтожают друг друга. Это в свою очередь влияет на уменьшение в конце испытаний объема очищенной нефти, так как часть времени коренные бактерии вынуждены проводить в борьбе за источником пищи с другими бактериями, а не направлять энергию на поглощение нефти и превращение ее в CO₂ и воду.

Однако, несмотря на эти проблемы продукт OSE II еще раз доказал насколько он эффективен при ликвидации последствий разлива нефти (даже опустившейся на дно моря). Результаты показали более 67 % снижения концентрации нефти за 28 дней. Если бы не были добавлены нежелательные вещества, снижение концентрации нефти было бы намного более интенсивным (смотри разницу в очистке в первые 7 дней и с 7-го дня по 28 день).

Итак, даже при условии проблем, которые были вызваны нарушением инструкции к применению продукта, легко понять, что при применении OSE II потребовалось бы всего несколько дней на 100 %-ную биологическую очистку морской воды от разлитой нефти и полное ее преобразование в CO₂ и воду. В процессе проведения исследования были протестированы различные вещества и методы, включая диспергаторы и механический скимминг (метод сбора пролитой нефти с поверхности воды с судна). Использование диспергаторов Corexit Eххон 9500 и 9527A соответственно показало плохие результаты, так как температура воды снизилась. Важно отметить, что диспергаторы не способствовали очистке нефти, напротив, они способствовали тому, что нефть стала спускаться на дно. Применение диспергаторов стало причиной токсичного воздействия на фауну; почти 60 % видов морских животных подвержены воздействию таких токсичных веществ.

Авария в Мексиканском заливе буровой установки Deepwater Horizon и разлив нефти показали, что оба диспергатора Corexits способствовали осаждению нефти на дно залива и распространению нефтяного пятна на большую площадь поверхности, в конечном счете, только усугубив пагубное воздействие нефти и химических веществ на морскую фауну. Позже осевшая на дно и в воду нефть достигла береговой линии, нанеся тем самым дополнительный ущерб окружающей среде. Уже доказано, что использование этих токсич-

Исследование биологической очистки и последующего анализа образцов. Продукт OSE II был одобрен NCP

Название образца и период обработки	Дни			Микробы	GC/MS	Гравиметрия
	0	7	28			
Контроль ¹	3	3	3	9	9	9
Питательные вещества ²	3	3	3	9	9	9
Продукт ³	3	3	3	9	9	9

¹ Нефть + морская вода;

² Нефть + морская вода + питательные вещества;

³ Нефть + морская вода + питательные вещества + продукт.

Примечание: подробное описание тестирования можно найти в Code of Federal Register Книга 40, глава 1, часть 300.

ных диспергаторов стало причиной уничтожения природных ресурсов и морской фауны. В составе обоих диспергаторов Corexits также были обнаружены очень токсичные и вредные для морских животных и птиц вещества. Недавнее исследование, проведенное океанографическим институтом Woods Hole Oceanographic Institute, также выявило, что оба этих диспергатора Corexits предотвращают разложение нефти, что в значительной степени увеличивает время очистки и усугубляет воздействие на окружающую среду.

В связи с этим Министерством внутренних дел США было проведено исследование в связи с тем, что разлив нефти мог распространиться в регионы Нантукет Саунд, Кейп Код и Марта Винард. EPA/RRT, федеральным и местным административным органам власти был предложен выбор:

- использовать механический скимминг, применение которого будет способствовать удалению всего от 2 до 8 % нефти;
- применить диспергаторы, которые только способствуют повышению, а не снижению токсичности нефти и распространению ее на несколько дополнительных областей, убивая морскую фауну и уничтожая

окружающую среду, только затем, чтобы вновь начать изыскивать новые возможности и средства, когда нефть достигнет береговой линии;

- использовать продукт OSE II, который успешно проходил тестирование, начиная с 1989 г., и в очередной раз исследование показало, что OSE II быстро ограничивает воздействие разлива, не вредит морской фауне и преобразует 100 % нефти в CO_2 и воду, что исключает любые дополнительные шаги, направленные на защиту окружающей среды. OSE II намного более экономичен, чем метод механического скимминга, применение адсорбентов или диспергаторов.

Технология OSE II гораздо дешевле, безопаснее и более эффективна с точки зрения быстрой и 100 %-ной очистки от разлива.

Этот тест OSE II, а также большое количество тестов, уже проведенных, начиная с 1989 г., доказывает еще раз, что эта технология является очень эффективной при ликвидации последствий разлива нефти и превращения ее в CO_2 и воду. Исследование, проведенное BOEMRE по просьбе Министерства внутренних дел США, еще раз доказало, что есть только один способ эффективно и на 100 % очистить поверхность воды от разлива неф-

ти, предотвратить возникновение вторичных последствий разлива и пагубное влияние на морскую и прибрежную флору и фауну, разложить нефть на нетоксичный CO_2 и воду. Из восьми продуктов биологической очистки от последствий разлива нефти, протестированных в Университете Луизианы (Louisiana State University — LSU) по просьбе US EPA и BP, только OSE II был признан единственным продуктом, который эффективно удалил наиболее токсичные компоненты нефти (ПАН) без каких-либо проблем. Из этой группы Министерство внутренних дел выбрало только один продукт биологической очистки для проведения дальнейших тестов. Этим продуктом стал OSE II, тем самым, доказав, что это наилучшая технология, проверенная даже такой серьезной аварией как выброс на *Deepwater Horizon*.

Министерство внутренних дел США в настоящее время располагает продуктом, который они могут предложить буровикам в качестве эффективного средства борьбы с последствиями выбросов, чтобы безопасно и эффективно удалять нефть, превращая ее в CO_2 и воду. OSE II является нетоксичной и эффективной альтернативой, проверенной многочисленными тестами.



PRODUCT: Oil Spill Eater II Apply for:
Atrernative Oil Spill Response Technologies
OSEI Corporation
P.O. Box 515429 Dallas, Texas 75251
Ph: (972) 669-3390
Fax: (469)241-0896
Email: oseicorp@msn.com
Web: www.osei.us

ПРОЕКТ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КИНГФИШЕР

Часть 3

R. Cardenas, C. Chung, P. Filatov, Venkata Gorripati

ХАРАКТЕРИСТИКА СКВАЖИН И КОНСТРУКЦИЯ НКТ

Кривая продуктивности пласта, кривая продуктивности скважин. Эта стадия проекта предусматривает построение кривых продуктивности пласта (Inflow Performance Relationship - IPR) и кривых продуктивности скважин (Vertical Flow Performance - VFP) для определения конструкции НКТ, прогнозируемых характеристик скважин и их дебитов.

РЕЗЮМЕ И ВЫВОДЫ

Сравнение пластов рибут и кашбах. При сравнении характеристик пластов кашбах и рибут можно сделать следующие выводы:

- пласт рибут имеет значительно более высокий потенциальный дебит скважин, чем пласт кашбах;
- для обоих пластов была выбрана типовая колонна НКТ диаметром 4,5";
- несложное повторное заканчивание скважины пласта рибут в пласте кашбах без замены колонны.

Пласт рибут. Оптимальный диаметр НКТ составляет 4,5". В табл. 1 приводятся характеристики скважин с 4,5-дюймовой колонной НКТ в пласте рибут.

Пласт кашбах. Оптимальный диаметр НКТ составляет 4,5". В табл. 2 приводятся характеристики

скважин с 4,5-дюймовой колонной НКТ в пласте кашбах.

Кривые продуктивности пласта – характеристика скважин. Для построения кривых продуктивности пласта выше и ниже давления насыщения можно использовать уравнение Фогеля:

$$\text{выше } P_{\text{нас}} \quad Q = P (P_r - P_{\text{wf}}),$$

ниже $P_{\text{нас}}$

$$Q = Q_b + (Q_{\text{max}} - Q_b) \left\{ 1 - 0,2 \left(\frac{P_{\text{wf}}}{P_b} \right) - 0,8 \left(\frac{P_{\text{wf}}}{P_b} \right)^2 \right\},$$

$$\text{где } Q_{\text{max}} = Q_b + \frac{P \times P_b}{1,8}.$$

Пласт рибут. На этапе оценки пласта значения коэффициента продуктивности (PI) для пласта рибут были вычислены с помощью данных опробования трех оценочных скважин. Эти значения приводятся в

Таблица 1. Показатели работы скважин с 4,5-дюймовой колонной НКТ в пласте рибут

Показатель	Низкий, 3 ст.брл/сут/фунт/дюйм ²	Наилучшая оценка 6 ст.брл/сут/фунт/дюйм ²	Высокий 10 ст.брл/сут/фунт/дюйм ²
Начальное давление, 0 %	5300	9000	11 200
Истощенное давление, 50 %	3700	7000	9000
Среднее в течение срока эксплуатации скважины*	4020	7400	9440

*Из расчета 20 % срока при начальных условиях и 80 % срока в истощенных условиях

Таблица 2. Показатели работы скважин с 4,5-дюймовой колонной НКТ в пласте кашбах

Показатель	Низкий 0,2 ст.брл/сут/фунт/дюйм ²	Наилучшая оценка 1 ст.брл/сут/фунт/дюйм ²	Высокий 3 ст.брл/сут/фунт/дюйм ²
Начальное давление, 0 %	300	1300	3400
Истощенное давление, 50 %	200	1000	2500
Среднее в течение срока эксплуатации скважины*	220	1060	2680

*Из расчета 20 % срока при начальных условиях и 80 % срока в истощенных условиях

Таблица 3. Характеристика скважин: значения PI по пласту рибут по данным RBU

Пласт	Скважина	График Хорнера					Метод 1 PI, брл/сут/фунт/дюйм ²
		м, фунт/дюйм ² /цикл	к _н , мД фут	к _н , мД	Эффективность потока, доли	Скин- фактор	
Рибут	KF-1	29,73	3403,00	210,06	0,78	2,57	3,32
Рибут	KF-2	37,85	4301,00	272,22	1,12	-0,89	6,27
Рибут	KF-5	90,02	5580,00	151,63	1,05	-0,40	8,09
Среднее			4428,0	211,3	1,0	0,4	5,9

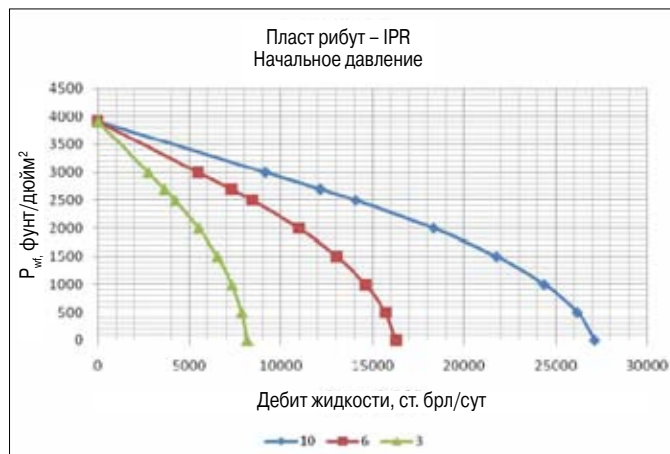


Рис. 1. Характеристика скважины: кривые продуктивности пласта рибут при начальном давлении

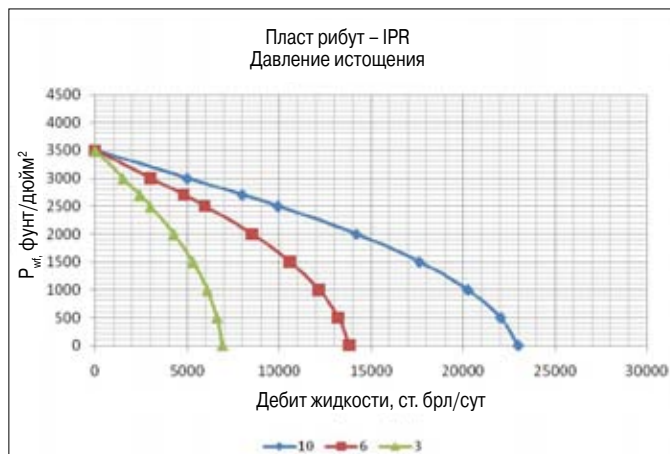


Рис. 2. Характеристика скважины: кривые продуктивности пласта рибут при давлении истощения

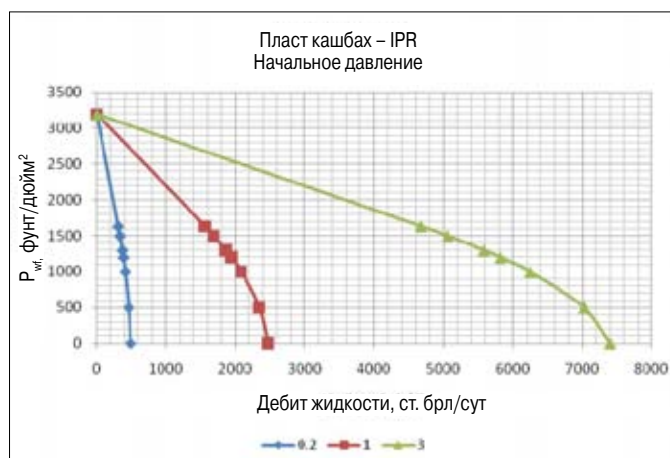


Рис. 3. Характеристика скважины: кривые продуктивности пласта кашбах при начальном давлении

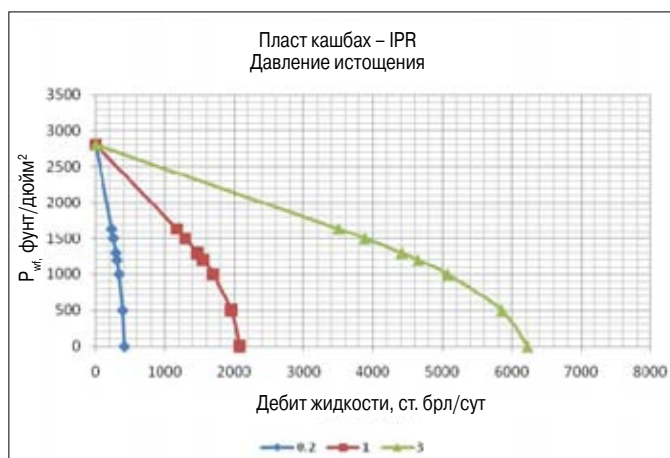


Рис. 4. Характеристика скважины: кривые продуктивности пласта кашбах при давлении истощения

табл. 3. Отметим, что по данным опробования скважин значения коэффициента продуктивности измеряются напрямую и, следовательно, они являются наиболее надежной оценкой.

Итак, наш диапазон PI для пласта рибут составляет:

- диапазон: 3 — 10 ст. брл/сут/фунт/дюйм²
- наилучшая оценка: 6 ст. брл/сут/фунт/дюйм²

Кривые продуктивности пласта были построены для вышеприведенного диапазона PI из расчета следующих пластовых давлений:

- начальное: 3915 фунт/дюйм²;
- после начального истощения: 3500 фунт/дюйм²;

На рис. 1 и 2 приводятся кривые продуктивности пласта рибут соответственно при начальном давлении и давлении истощения.

Пласт кашбах. На этапе оценки пласта значения коэффициента продуктивности (PI) для пласта Кашбах были вычислены с помощью данных опробования четырех оценочных скважин. Эти значения приводятся в табл. 4. Отметим, что по данным опробования скважин значения коэффициента продуктивности измеряются напрямую и, следовательно, они являются наиболее надежной оценкой.

Итак, наш диапазон PI для пласта кашбах составляет:

Таблица 4. Характеристика скважин: значения PI по пласту кашбах по данным PBU

Пласт	Скважина	График Хорнера					Метод 1
		m, фунт/дюйм²/цикл	k _h , мД·фут	k _h , мД	Эффективность потока, доли	Скин-фактор	
Кашбах	KF-1	1150,2	253,00	10,54	2,70	-4,00	0,21
Кашбах	KF-4	391,71	519,83	10,19	2,23	-3,56	0,37
Кашбах	KF-5	427,60	550,00	12,16	2,61	-4,14	0,42
Кашбах	KF-7	509,13	3936,24	160,66	2,66	-4,93	2,60
Среднее			1314,8	48,4	2,5	-4,2	0,9

Таблица 5. Индивидуальный прогноз: основные пункты прогноза добычи (P50) для пласта рибут

	Стадия	Продолжительность, годы	Число скважин	Дебит, тыс ст. брл/сут
Рибут	Рост	2	26	–
	Стабилизация	15	40	200
	Снижение	53	65	9
	Итого	70	131	–

Таблица 6. Индивидуальный прогноз: основные пункты прогноза добычи (P50) для пласта кашбах

	Стадия	Продолжительность, годы	Число скважин	Дебит, тыс ст. брл/сут
Кашбах	Рост	2	41	–
	Стабилизация	3	12	44
	Снижение	12	16	8
	Итого	17	69	–

- диапазон: 0,2 – 3 ст. брл/сут/фунт/дюйм²;
- наилучшая оценка: 1 ст. брл/сут/фунт/дюйм².

Кривые продуктивности пласта были построены для вышеприведенного диапазона PI из расчета следующих пластовых давлений:

- начальное: 3191 фунт/дюйм²;
- после начального истощения: 2800 фунт/дюйм².

На рис. 3 и 4 приводятся кривые продуктивности пласта кашбах соответственно при начальном давлении и давлении истощения.

Кривая продуктивности скважины – характеристика НКТ. Кривые продуктивности скважин (VFP) были построены для трех диаметров НКТ из расчета, что давление на головке НКТ составляет 600 фунт/дюйм²:

- НКТ диаметром 3,5";
- НКТ диаметром 4,5";
- НКТ диаметром 6,625".

Чтобы обеспечить пригодную конструкцию НКТ во время прорыва воды, кривые продуктивности скважин были построены для обводненности 0 и 50 %.

Пласт рибут. На рис. 5 приводятся кривые VFP, построенные вместе с кривыми IPR, при начальном давлении и нулевой обводненности.

Диаметр НКТ следует выбирать таким образом, чтобы обеспечить пересечение кривых VLP и IPR (т.е. равновесный дебит) справа от критической точки. Использование НКТ большего диаметра будет приводить к снижению потерь на трение при высоких дебитах, однако в случае слишком большого диаметра НКТ это может привести к скоплению жидкости на забое и проскальзыванию газа при меньших дебитах, вызывая остановку скважины. Следовательно, требуется компромисс, чтобы соответствовать всему диапазону значений PI – как низких, так и высоких.

Из приведенного графика можно видеть, что в то время как самый большой диаметр НКТ (6,625") обеспечит наибольший дебит при значениях PI от 6 до 10 ст. брл/сут/фунт/дюйм², он не пригоден для низкого значения PI (3 ст. брл/сут/фунт/дюйм²), что, вероятно, приведет к чрезмерному скоплению жидкости на забое и проскальзыванию газа при низких дебитах. Рассуждая аналогично, использование НКТ наименьшего диаметра (3,5") приведет к большим потерям на трение, что значительно снизит дебиты. Следовательно, НКТ диаметром 4,5" является наилучшим вариантом, подходящим для всего диапазона PI (3 – 10 ст. брл/сут/фунт/дюйм²), при этом миними-

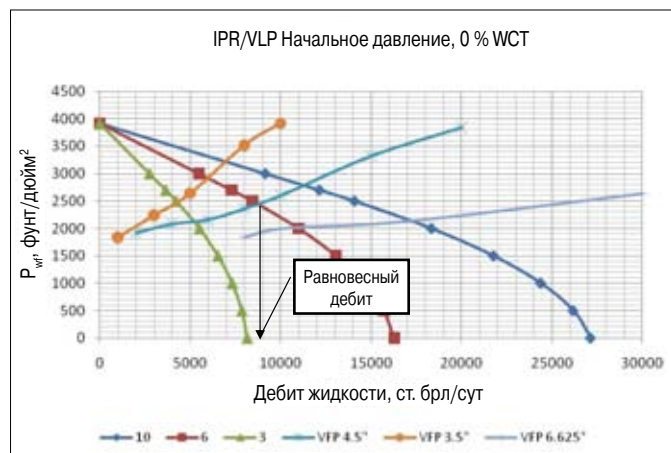


Рис. 5. Характеристика скважины: кривые IPR и VFP для пласта рибут при начальном давлении и нулевой обводненности

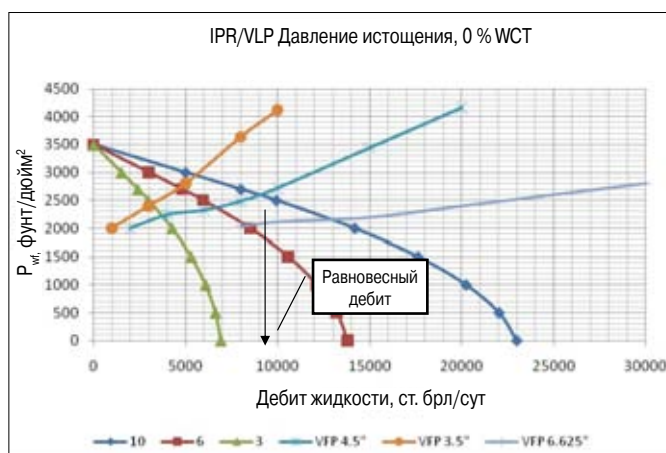


Рис. 6. Характеристика скважины: кривые IPR и VFP для пласта рибут при истощенном давлении и 50%-ной обводненности

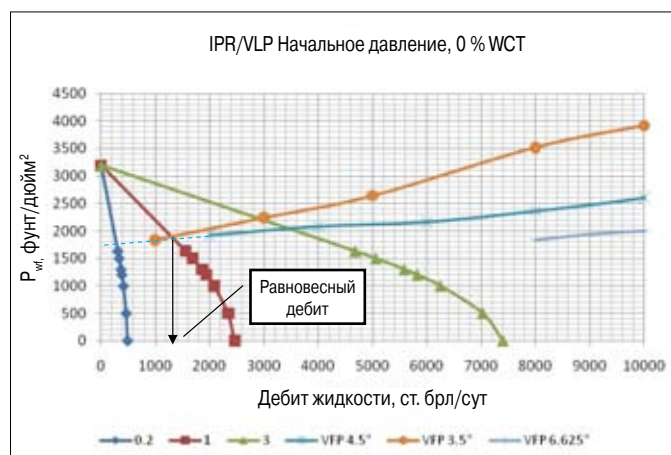


Рис. 7. Характеристика скважины: кривые IPR и VFP для пласта кашбах при начальном давлении и нулевой обводненности

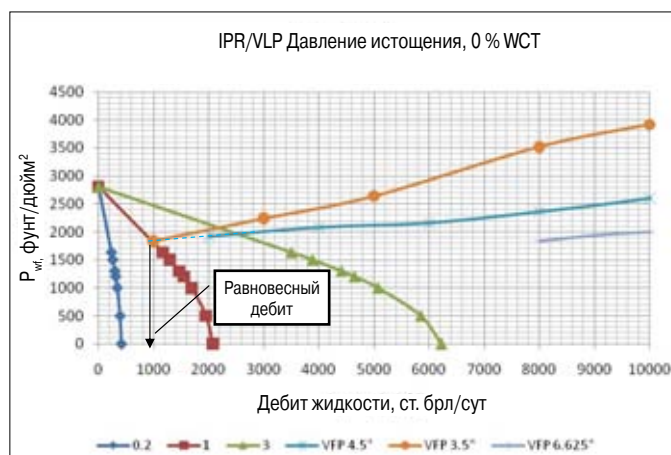


Рис. 8. Характеристика скважины: кривые IPR и VFP для пласта кашбах при истощенном давлении и 50 %-ной обводненности

зируются потери на трение при высоких дебитах/высоком PI и по-прежнему обеспечиваются достаточно высокие дебиты.

Для базового варианта PI (6 ст. брл/сут/фунт/дюйм²) и выбранной колонны НКТ диаметром 4,5" равновесный дебит при начальном пластовом давлении и нулевой обводненности равен 9000 ст. брл/сут.

Нам также необходимо убедиться в том, что 4,5-дюймовая колонна НКТ подходит для наихудшего варианта — истощенного давления и обводненности 50 %, как это показано на рис. 6.

Из приведенного графика можно четко видеть, что НКТ диаметром 4,5" подходит для всех значений PI даже при 50 %-ной обводненности и истощенного пластового давления.

Для базового варианта PI (6 ст. брл/сут/фунт/дюйм²) и выбранной колонны НКТ диаметром 4,5" равновесный дебит при истощенном пластовом давлении и 50 %-ной обводненности равен 7000 ст. брл/сут.

Пласт кашбах. На рис. 7 приводятся кривые VFP, построенные вместе с кривыми IPR, при начальном давлении и нулевой обводненности.

Из графика можно видеть, что наибольший диаметр НКТ (6,625") не подходит для всего диапазона PI — НКТ большого диаметра наверняка вызовет чрезмерное скопление жидкости на забое и проскальзывание газа при низких дебитах. Также видно, что НКТ диаметром 3,5 и 4,5" подходят и обеспечивают аналогичные показатели при низком значении PI (0,2 — 1 ст. брл/сут/фунт/дюйм²); однако НКТ диаметром 4,5" обеспечивает преимущество в виде пониженных потерь на трение при высоком значении PI (3 ст. брл/сут/фунт/дюйм²). Следовательно, колонна НКТ диаметром 4,5" является наилучшим вариантом, отвечающим всему диапазону значений PI (0,2 — 3 ст. брл/сут/фунт/дюйм²), при этом минимизирует потери на трение при высоких дебитах и высоком PI и по-прежнему обеспечивает достаточно высокие дебиты.

Для базового варианта PI (1 ст. брл/сут/фунт/дюйм²) и выбранной колонны НКТ диаметром 4,5"

равновесный дебит при начальном пластовом давлении и нулевой обводненности равен 1300 ст. брл/сут.

Нам также необходимо удостовериться в том, что колонна НКТ диаметром 4,5" пригодна для наихудшего случая — при истощенном давлении и обводненности 50 %, как показано на рис. 8.

Из графика можно четко видеть, что 4,5-дюймовая колонна НКТ пригодна для всех значений PI даже при 50 %-ной обводненности и истощенном пластовом давлении.

Для базового варианта PI (1 ст. брл/сут/фунт/дюйм²) и выбранной колонны НКТ диаметром 4,5" равновесный дебит при истощенном пластовом давлении и 50 %-ной обводненности равен 1000 ст. брл/сут.

ПРОГНОЗ ДОБЫЧИ – ОТДЕЛЬНЫЕ ПЛАСТЫ

Резюме и выводы. На рис. 9 и 10 приводятся прогнозы добычи соответственно для пластов рибут и кашбах. Отметим, что для обоих прогнозов использовались одинаковые масштабы с целью сравнения двух графиков.

Сравнение двух графиков четко показывает, что пласт рибут является более потенциальным объектом по сравнению с пластом кашбах с точки зрения суммарной добычи, периода стабильной добычи и продолжительности разработки.

Следовательно, мы можем прийти к выводу, что пласт рибут является первоочередным объектом, тогда как пласт кашбах является лишь второстепенным объектом.

Пласт рибут. Как отмечалось ранее, наиболее вероятным механизмом вытеснения для пласта рибут является ярко выраженный естественный режим вытеснения нефти краевой водой. Следующий этап проекта разработки месторождения предусматривал составление прогноза добычи (P50) для пласта рибут.

При составлении прогноза использовались следующие допущения и эмпирические правила:

- **стадия роста добычи** — 2 года;
- **стадия стабилизации добычи** — конечная нефтеотдача 60 % при темпе отбора 4 % в год;
- **стадия снижения добычи** — по гиперболическому закону (ярко выраженный водонапорный режим):
 - $a = 0,2$;
 - $n = 0,68$.

Дебит к концу срока разработки = 9000 ст. брл/сут.

На рис. 11 приводится индивидуальный прогноз добычи (P50) только для пласта рибут. Основные пункты прогноза приводятся в табл. 5.

Пласт кашбах. Как отмечалось ранее, наиболее вероятным механизмом вытеснения для пласта кашбах является режим растворенного газа. Следующий этап проекта разработки месторождения предусматривал составление прогноза добычи (P50) для данного пласта.

При составлении прогноза использовались следующие допущения и эмпирические правила:

- **стадия роста добычи** — 2 года;
- **стадия стабилизации добычи** — конечная нефтеотдача 30 % при темпе отбора 10 % в год;
- **стадия снижения добычи** — по экспоненциальному закону (режим растворенного газа):
 - $b = 0,2$;
 - дебит к концу срока разработки = 8000 ст. брл/сут.

На рис. 12 приводится индивидуальный прогноз добычи (P50) только для пласта кашбах. Основные пункты прогноза приводятся в табл. 6.

ПРОЕКТ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КИНГФИШЕР

Из расчетов и формул, результатов и выводов для отдельных пластов, приведенных в предыдущих разделах, мы установили, что пласт рибут (по сравнению с пластом кашбах) является первоочередным объектом с очень высоким потенциалом в связи с тем, что имеет:

- более благоприятные свойства флюида для добычи;
- более благоприятные пластовые свойства;
- значительно более высокие STOIP;
- превосходный механизм вытеснения и, следовательно, значительно более высокие нефтеотдачу и суммарную добычу;
- значительно более высокий потенциальный дебит скважин.

Что касается пласта кашбах, то он является малорентабельным горизонтом и имеет очень низкий потенциал, следовательно, представляется лишь второстепенным объектом.

Следующий этап проекта разработки месторождения объединяет все индивидуальные оценки пластов рибут и кашбах, результаты и выводы с целью разработки и оптимизации проекта.

Критерии разработки месторождения. Первый шаг проекта разработки месторождения Кингфишер

предусматривал выявление основных критериев, которые создают основу стратегии и проекта разработки месторождения. Эти критерии приводятся ниже.

Пласт рибут

• Является первоочередным объектом и основой разработки месторождения. Иным словами, рентабельность разработки месторождения опирается исключительно на потенциал этого пласта.

• Является очень высокопотенциальным объектом и менее сложен для разработки по сравнению с пластом кашбах.

Пласт кашбах

• Является малорентабельным пластом и, следовательно, лишь второстепенным объектом. Его разработка в отдельности не является экономически выгодной; она рентабельна лишь в связи с наличием и разработкой пласта рибут.

• Является очень низкопотенциальным объектом и намного более сложен для разработки по сравнению с пластом рибут. Неопределенность, связанная с его разработкой, значительно выше.

Основным достоинством пласта кашбах, обеспечивающим его разработку вместе с пластом рибут, является то обстоятельство, что он расположен непосредственно над пластом рибут.

Из этого следует, что все пробуренные эксплуатационные скважины пласта рибут пересекают пласт кашбах.

Это обеспечивает возможность:

- получения дополнительной информации о пласте с минимальными затратами при бурении скважин на

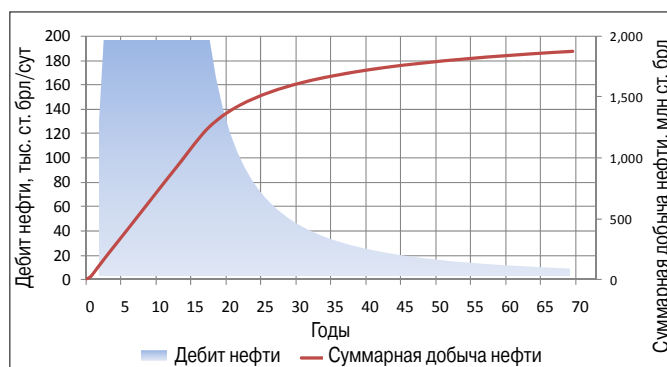


Рис. 9. Индивидуальный прогноз добычи (P50) для пласта рибут

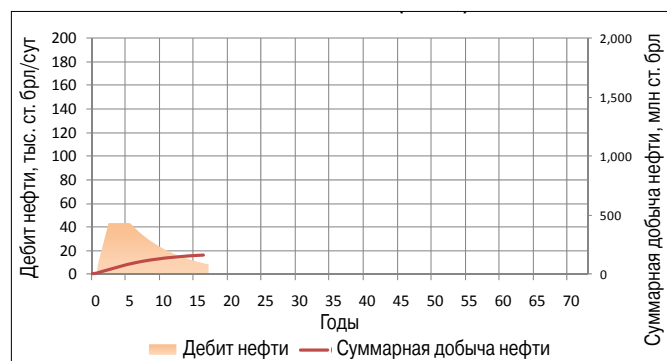


Рис. 10. Индивидуальный прогноз добычи (P50) для пласта кашбах

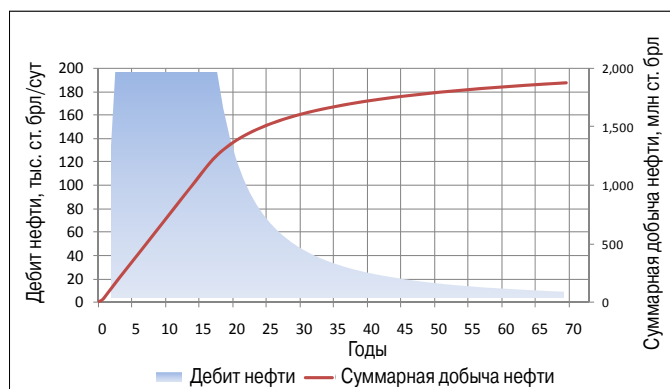


Рис. 11. Индивидуальный прогноз добычи (P50) для пласта рибут

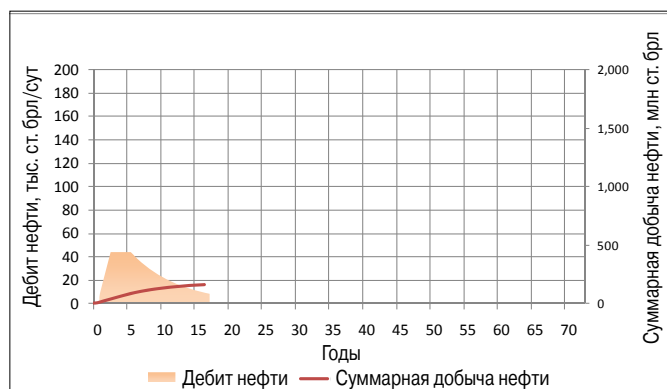


Рис. 12. Индивидуальный прогноз добычи (P50) для пласта кашбах

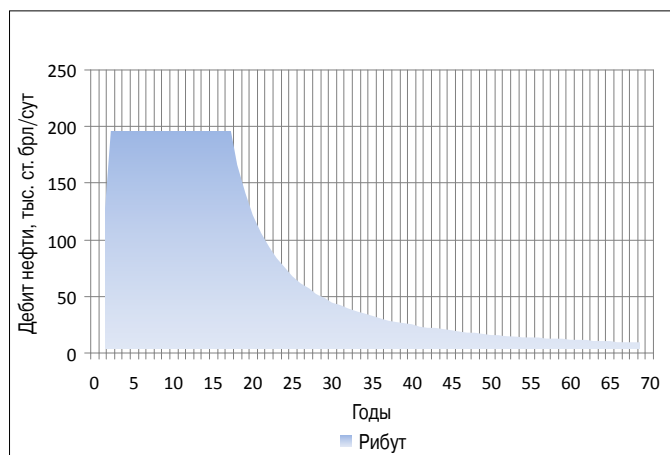


Рис. 13. Первый вариант разработки месторождения – только пласт рибут

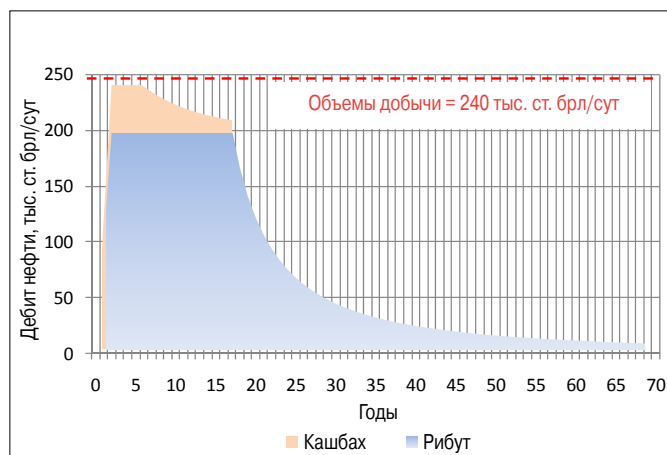


Рис. 14. Второй вариант разработки месторождения – параллельная разработка пластов кашбах и рибут

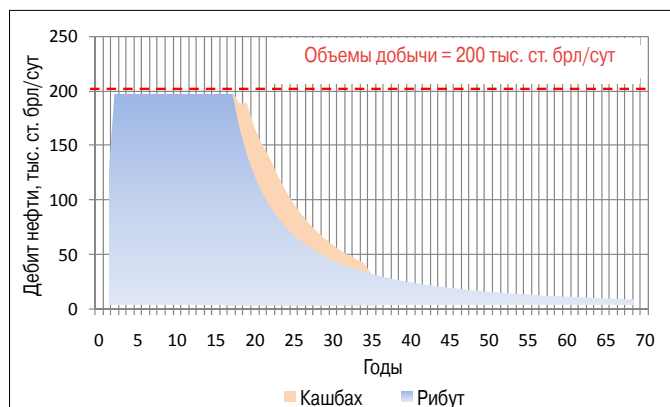


Рис. 15. Третий вариант разработки месторождения – последовательная разработка пластов кашбах и рибут

пласт рибут с целью сведения к минимуму неопределенности;

- повторного использования скважин, пробуренных на пласт рибут, которые можно повторно закончить в пласте кашбах, используя ту же самую скважину и оборудование для заканчивания.

ВАРИАНТЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Для разработки месторождения Кингфишер определили три варианта:

- только пласт рибут;
- параллельная разработка пластов рибут и кашбах;
- последовательная разработка пластов рибут и кашбах.

Третий вариант является наиболее предпочтительным.

Вариант 1: разработка только пласта рибут. Дебит скважин месторождения при разработке только пласта рибут приводится на рис. 13.

У этого варианта имеются следующие преимущества:

- минимизация рисков при разработке за счет сосредоточения только на первоочередном объекте;
- минимизация капитальных затрат благодаря разработке только первоочередного объекта.

Однако следует отметить и имеются недостатки:

- пласт кашбах остается неразработанным и, следовательно, не обеспечивает максимальную добычу из месторождения Кингфишер;
- недоиспользование понесенных затрат на оборудование и систему сбора, установленных в ходе разработки пласта рибут.

Имеющееся оборудование и систему сбора, уже установленные для пласта рибут, можно использовать для разработки пласта кашбах при сравнительно меньших затратах, потенциально делая разработку этого пласта выгодной несмотря на его нерентабельность и низкий потенциал.

Вариант 2: параллельная разработка пластов рибут и кашбах. Дебит скважин месторождения при параллельной разработке пластов рибут и кашбах приводится на рис. 14.

У этого варианта имеется следующее достоинство:

- пласт кашбах разрабатывается и, следовательно, максимально повышается добыча из месторождения.

Однако у этого варианта необходимо отметить и недостатки:

- потребность в большей производительности оборудования для реализации стабильного дебита одновременно обоих пластов; более высокий стабильный дебит держится только 3 года, следовательно, большая производительность оборудования недоиспользуется в течение большей части срока разработки месторождения;

- более высокие начальные капитальные затраты в связи с потребностью в оборудовании большей производительности, необходимостью одновременного бурения большего числа скважин и установка более крупной системы сбора и подводной инфраструктуры для одновременного адаптирования к скважинам пластов рибут и кашбах.

Следовательно, результатом являются значительно более высокие риски в связи с одновременной разработкой обоих пластов.

Вариант 3: последовательная разработка пластов рибут и кашбах. Дебит скважин месторождения при последовательной разработке пластов рибут и кашбах приводится на рис. 15.

У этого варианта имеются следующие достоинства:

- пласт кашбах разрабатывается и, следовательно, максимально увеличивается добыча из месторождения;
- получение бесплатных данных о пласте кашбах при бурении всех эксплуатационных скважин на пласт рибут, которые можно использовать для снижения неопределенности разработки пласта кашбах;

- синхронизация последовательной разработки пласта кашбах является гибкой — ранняя разработка пласта кашбах возможна, если пласт рибут не обеспе-

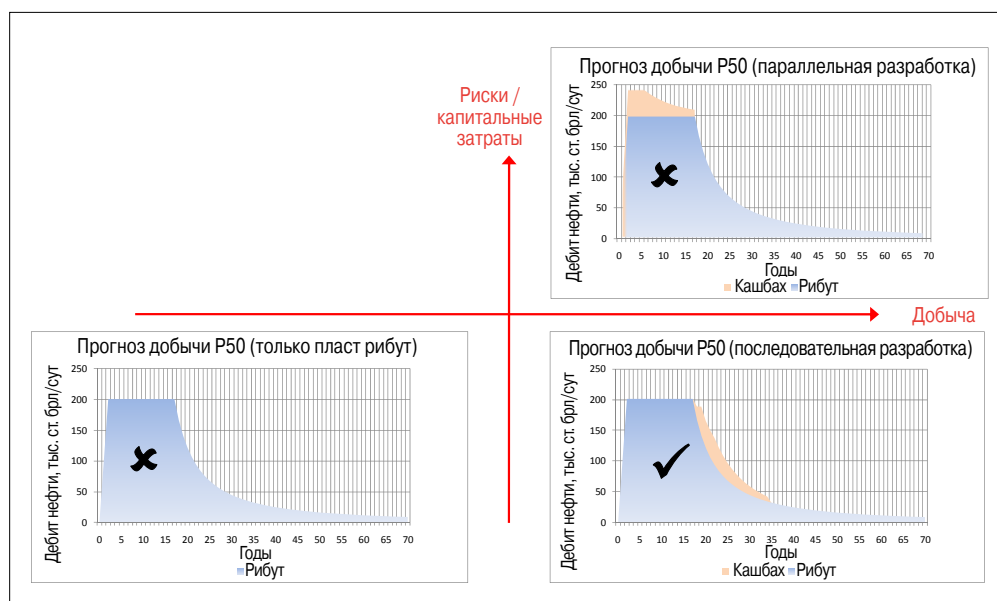


Рис. 16. Варианты разработки месторождения – Сравнение вариантов на основе зависимости рисков / капитальных затрат от добычи

чивает нужную производительность для использования производственных мощностей;

- меньшая потребность в производственных мощностях;
- использование мощностей только для стабильного дебита из пласта рибут;
- повторное использование обводненных и нерентабельных скважин пласта рибут для разработки пласта кашбах, что значительно снижает стоимость скважин.

Следовательно, результатом являются значительно меньшие риски по сравнению со вторым вариантом, и при этом по-прежнему максимально возрастает добыча из месторождения.

Однако у данного варианта имеется следующий недостаток:

- задержка в добыче нефти из пласта кашбах по сравнению со вторым вариантом; параллельная разработка поможет снизить чистую дисконтированную стоимость.

Предпочтительный вариант разработки. Учитывая достоинства и недостатки трех вариантов разработки месторождения Кингфишер, ясно, что третий вариант — **последовательная разработка пластов рибут и кашбах** — является оптимальной стратегией разработки по следующим причинам:

- минимизации рисков;
- минимизация капитальных затрат;
- максимального увеличения добычи.

Данные факторы обобщены и приведены на графике зависимости рисков/капитальных затрат от добычи, который приводится на рис. 16.

Источник: Green Oil Group

ЭФФЕКТИВНОЕ ПАРТНЕРСТВО С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ДОБЫЧИ В БАСЕЙНЕ ИЛЛИНОЙС

Национальная лаборатория энерготехнологий (national energy technology laboratory — NETL) выступает партнером Геологической службы штата Иллинойс (Illinois state geological survey — ISGS), созданной при Университете Иллинойса в сотрудничестве с компанией Rex Energy Corporation с целью восстановления добычи нефти из длительно разрабатываемых месторождений бассейна Иллинойс путем испытания технологии, известной как нагнетание в пласт щелочи, ПАВ и полимера (alkaline, surfactant and polymer — ASP). Основное внимание в трехлетнем проекте уделяется песчаникам бриджпорт и сайприс на месторождении Лоуренс бассейна Иллинойс (рис. 1). Большей частью месторождения владеет компания Rex Energy, которая является его оператором, предоставляет данные оценки пластов и использует результаты проекта для принятия решения о том, где испытывать нагнетание ASP. Результаты, несомненно, могут применяться на других пластах, представленных песчаником, где применение вторичных методов добычи было недостаточно эффективным, а третичные методы добычи нуждаются в серьезной поддержке.

Проект стал результатом совместных разработок компаний и правительственных организаций по увеличению добычи нефти из длительно разрабатываемых месторождений, как например, месторождение Лоуренс. Со времени бурения в начале 1900-ых годов первых скважин на этом месторождении было добыто более 400 млн брл нефти, однако текущая добыча сократилась до объемов, когда продолжать эксплуатацию действующих скважин стало экономически нецелесообразно (рис. 2). В настоящее время месторождение разрабатывается с содержанием нефти в продукции скважин менее 2 %, однако оно содержит значительные количества неизвлеченных запасов, включая остаточную, в виде целиков и неохваченную нефть. По результатам лабораторных испытаний исследователи оценивают, что из месторождения Лоуренс с помощью нагнетания ASP можно добыть дополнительно 130 млн брл нефти.

ЧТО ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ НАГНЕТАНИЕ В ПЛАСТ ASP?

Технология нагнетания в пласт ASP существует более 20 лет и применяется главным образом для увеличения добычи легких нефтей. Технология основана на концепции совместного нагнетания:

- реагента, который изменяет межфазное натяжение между нефтью и водой в пласте;
- реагента, который повышает подвижность нефти.

Путем взаимодействия с пластовыми флюидами химические реагенты вызывают изменения относительной проницаемости, смачиваемости горной породы и вязкости вытесняемой нефти. Щелочь и ПАВ способствуют снижению межфазного натяжения, по существу обеспечивая более эффективное вытеснение нефти из порового пространства пласта, а полимер способствует увеличению подвижности остаточной нефти относительно нагнетаемой жидкости, поэтому она может быть эффективно вытеснена из всего объема пласта.

Нагнетание в пласт ASP успешно применяется на ряде нефтяных месторождений, например в Европе, Китае и США. Более того, в 80-ые годы в пластах песчаника бассейна Иллинойс проходило испытание аналогичного метода нагнетания растворов химических реагентов, получившее название процесс Maraflood™ (разработанный компанией Marathon). В этих проб-

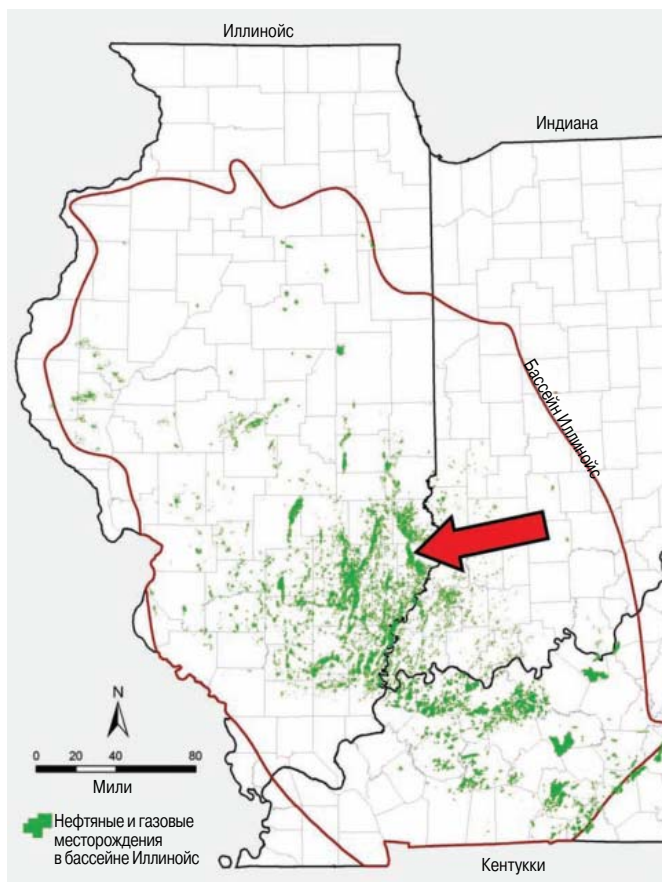


Рис. 1. Карта бассейна Иллинойс и местоположение месторождения Лоуренс (показано стрелкой)

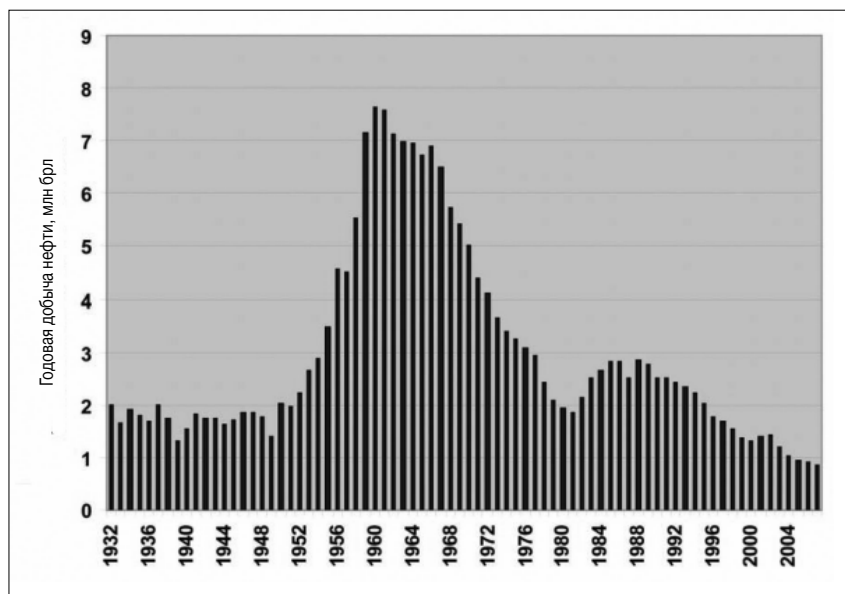


Рис. 2. Данные о добыче на месторождении Лоуренс. На месторождении, открытом в 1908 г., добыча первичными методами осуществлялась в 1908-1950 гг. Рост добычи в 50-ые годы был обусловлен внедрением вторичного метода добычи – заводнения. Более глубокое бурение и уплотняющее бурение немного увеличили добычу в 80-ые годы

ных испытаниях нагнетание в пласт ПАВ и полимера привело к значительному увеличению добычи, при этом содержание нефти в продукции скважин возросло с 1 до 20 %. Основная проблема с процессом Maraflood™ заключалась в экономике — затраты на химические реагенты были достаточно высоки относительно стоимости добытой нефти. Для того чтобы нагнетание в пласт растворов химических реагентов оправдывало инвестиции, необходимо составить наиболее эффективную смесь химических реагентов и, что наиболее важно, выбрать оптимальный интервал пласта для нагнетания.

Бассейн Иллинойс содержит большие запасы остаточной нефти и нефти в целиках, поэтому он, вероятно, наиболее подходит для нагнетания в пласты растворов химических реагентов. Однако трудность заключается в том, что пласты характеризуются сложным строением с изменчивыми литофациями, изменчивыми объемами неизвлеченной нефти и потенциальными зонами поглощения, в которые могут уйти ASP при их нагнетании. Для того чтобы обеспечить эффективность нагнетания ASP в бассейне Иллинойс, необходимо иметь четкое представление о геологии пластов и максимально точно построить карты неоднородностей этих пластов.

ОЦЕНКА ПЛАСТОВ

С этой целью ISGS и компания Rex Energy на выбранном участке месторождения Лоуренс выполнили анализ всех имеющихся пластовых данных для песчаников бриджпорт пенсильванского возраста и песчаников сайприс миссисипского возраста. Большая часть неизвлеченной нефти месторождения залегает

в этих двух песчаниковых пачках, а район представляет собой участок, намеченный для первичного испытания нагнетания ASP.

Исследовательская группа создала детальную базу данных пластов для района, куда включены более 2000 каротажных диаграмм, имеющиеся данные о пористости и проницаемости, данные о заводнении и нефтегазонасыщенности и данные о кернях. Кроме того, геологи проекта завершили подробный петрофизический анализ более 190 образцов керна, собранных в этом районе. Эти данные были использованы в GeoGraphics® для составления серии карт и разрезов выбранных интервалов пластов. Чтобы лучше интерпретировать пачки фаций, видимые на диаграммах, основанные на кернях осадочные фации скоррелировали с каротажными диаграммами.

Песчаники бриджпорт и сайприс подразделили на несколько песчаных интервалов, и эти интервалы разделили на несколько частей. Исследователи построили карты многочисленных тел песчаника, которые обычно имеют толщину менее 10 футов (1 фут = 0,3048 м) и разделены малопроницаемыми барьерами, в некоторых случаях образованные регионами, содержащими кальцитовый цемент (рис. 3). Самые высокие значения пористости и проницаемости обычно встречаются в центре тел песчаника.

В настоящее время исследовательская группа находится в процессе построения цифровых геологических моделей, которые можно использовать в качестве входных данных для программы моделирования пластов. Моделирование пластов будет выполняться в качестве средства прогноза результатов нагнетания ASP для выбранных зон песчаников бриджпорт и сайприс. Результаты моделирования пластов наряду с подробными картами и разрезами, которые показывают горизонтальные и вертикальные изменения свойств пластов, будут использованы для выбора наиболее подходящих зон с целью испытания метода нагнетания ASP.

ПРОБНОЕ ИСПЫТАНИЕ

Компания Rex Energy планирует провести промысловое испытание технологии нагнетания ASP на месторождении Лоуренс, основываясь частично на результатах подробного изучения пластов и сосредоточившись на зонах, выявленных в качестве наиболее подходящих для успешного нагнетания. ISGS проведет анализ результатов промыслового испытания и даст рекомендации с целью распространения нагнетания ASP на аналогичных месторождениях в бассейне Иллинойс и других районах США.



Рис. 3. Фотография кернов, показывающая неоднородность пород месторождения Лоуренс. Цементированный кальцитом интервал (показан стрелкой) имеет очень небольшую пористость и проницаемость и создает барьер для течения флюидов

ВАЖНОСТЬ ПРОЕКТА

Эффективное нагнетание ASP на месторождении Лоуренс дает возможность добыть дополнительно 130 млн брл нефти. Широкое применение этого метода на других длительно разрабатываемых месторождениях США может оказаться значительным шагом вперед, продлевая срок эксплуатации малодебитных скважин и срок разработки длительно разрабатываемых месторождений, на которых добыча стала малорентабельной.

Данный проект является первым примером эффективности NETL, работающей совместно с региональными экспертами и небольшими независимыми нефтяными компаниями. В данном случае компания Rex Energy проявляет свою финансовую заинтересованность в увеличении добычи на месторождении Лоуренс, а ISGS имеет опыт и знания для проведения необходимой оценки пластов. С учетом финансовой и технической поддержки NETL служба ISGS может помочь компании Rex Energy в выборе мест для успешного применения метода нагнетания ASP в намеченных пластах. По-видимому, проект приводит к эффективному стимулированию подвижности значительного количества неизвлеченной нефти из месторождения Лоуренс, и результаты могут побудить к дальнейшему применению нагнетания в пласт растворов химических реагентов на других, длительно разрабатываемых месторождениях США.

Д-р Beverly Seyler, отмечает, что компании действительно уделяют внимание такому методу повышения нефтеотдачи, как нагнетание ASP. Г-н Seyler отметил, что на недавно проведенном семинаре по методам повышения нефтеотдачи с использованием нагнетания в пласт растворов химических реагентов был проявлен огромный интерес к этой технологии, особенно со стороны небольших независимых компаний, действующих как в бассейне Иллинойс, так и за его пределами. Такие проекты, как этот, могут стать прекрасными примерами технологий, которые получают широкое применение в региональном и национальном масштабе.

Г-н Seyler добавил, что «химический метод повышения нефтеотдачи имеет большой потенциал в бассейне Иллинойс и на других многочисленных длительно разрабатываемых бассейнах США. Данная технология обеспечивает возможность восстановления добычи на многих длительно разрабатываемых месторождениях».

Для получения дополнительной информации по проекту можно связаться с Beverly Seyler, ISGS по адресу: seyler@isgs.uiuc.edu или Jay Jikich, NETL по адресу: sinisha.jikich@netl.doe.gov.

Источник: *US Department of Energy*

Уважаемые читатели!

В журнале «Нефтегазовые технологии №7, 2011 г., стр. 62, была допущена ошибка в написании инициалов автора. Следует читать *R. K. Pillai*.

Редакция приносит свои извинения автору статьи.



США: ПРОЕКТЫ НАГНЕТАНИЯ В ПЛАСТ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

J. R. Duda, U.S. Department of Energy, National Energy Technology Laboratory (NETL)

V. Kuuskraa, M. Godec, T. Van Leeuwen, Advanced Resources International, Inc.

В настоящее время в США с помощью такого метода повышения нефтеотдачи, как нагнетание в пласт углекислого газа (CO_2) для смешивающегося вытеснения остаточной нефти, добывается примерно 250 000 брл/сут дополнительной нефти. Около 70 % этой нефти добывается в Пермском бассейне Западного Техаса и Восточной части штата Нью-Мексико, где нагнетание в пласты CO_2 обусловлено наличием дешевого источника природного CO_2 из пластов, которые хорошо подходят для нагнетания этого газа. Совсем недавно масштабы использования данного метода возросли в других районах, где имеются те же самые условия, например, Миссисипи-Луизиана и Вайоминг-Колорадо. В целом, основная группа проектов обеспечивает экономический стимул для строительства трубопроводов, а сетевая инфраструктура распределения CO_2 развивается по мере того, как компании разрабатывают новые проекты.

В условиях, когда имеются большие количества антропогенного собираемого CO_2 и надежно поступающего в распоряжение по относительно низкой цене в результате возможного введения нормативных актов по изменению климата, существует высокая вероятность распространения аналогичной тенденции в других регионах США, в которых имеются истощенные нефтяные пласты, пригодные для применения данного метода, но в которых нет источника дешевого CO_2 .

NETL и компания ARI использовали фирменную базу данных пластов для отбора крупных нефтяных месторождений, где нагнетание CO_2 может привести к добыче больших объемов дополнительной нефти. Также при анализе был определен объем CO_2 , который планируется захоронить в этих пластах, что принесет двойные преимущества, которые сделают возможным разрешение проблемы хранения CO_2 и использования его для повышения нефтеотдачи. Некоторые из этих пластов могут стать ключевыми месторождениями для сбора нового CO_2 и инфраструктурой распределения. Ту же самую инфраструктуру также можно использовать для транспортировки CO_2 с целью его захоронения в глубо-

козалегающих соляных пластах, на истощенных газовых месторождениях или в других местах хранения.

ВЫБОР РЕГИОНАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ CO_2

В предварительном исследовании, проведенном группой, была дана оценка роли, которую передовые технологии нагнетания CO_2 могут играть в добыче нефти в США. Было отмечено, что применение этого метода может привести к добыче дополнительно 85 млрд брл нефти из 400 млрд брл нефти, остающейся в пластах в одиннадцати бассейнах США. Дополнительная добыча потребует следующих решений:

- внедрения передовых технологий там, где они еще не применялись;
- снижения рисков путем проведения исследований, пробных испытаний и промысловых экспериментов на месторождениях со сложным геологическим строением;
- предоставления налоговых льгот при добыче нефти в штатах, федеральных инвестиционных налоговых кредитов и снижения платежей за право пользования недрами;
- определение надежных поставок дешевого CO_2 .

В своей работе NETL и компания ARI использовали одну и ту же фирменную базу данных крупных нефтяных месторождений для отбора группы залежей, на которых нагнетание CO_2 может быть рентабельным. Эта группа достаточно большая, чтобы служить в качестве места для разработки новых центров сбора CO_2 .

В ходе исследования была проведена оценка более 2000 горизонтов и выбрана подгруппа пластов, каждый из которых содержит более 10 млн брл начальных запасов нефти и расположен на месторождениях с начальными запасами нефти более 50 млн брл.

В этой подгруппе оценивались только пласты, залегающие на глубине более 3000 футов, и содержащие нефть плотностью более 17,5 °API, так как там существуют пластовые условия, при которых CO_2 может смешивать-

Таблица 1. Технически извлекаемые запасы, пригодные для нагнетания CO₂ в крупные пласты

Кластер	Технически извлекаемые запасы, млн брл					
	Пласты с несмешивающимся вытеснением			Пласты со смешивающимся вытеснением		
	Примерно	Всего	Итого	Примерно	Всего	Итого
Аппалачи	0	137	137	197	900	1097
Калифорния	768	515	1284	859	3529	4388
Центральный Техас	595	35	630	237	5624	5861
Прибрежный Техас	19	134	152	392	3845	4237
Побережье Мексиканского залива	1	43	45	135	3963	4098
Иллинойс	0	0	0	348	247	594
Мичиган	0	0	0	9	206	215
Среднеконтинентальный район	0	5	5	1263	5096	6359
Пермский бассейн	0	111	111	418	13010	13428
Скалистые горы	103	189	291	143	2482	2625
Уиллистон	0	12	12	81	1746	1827
Итого	1486	1182	2668	4081	40 647	44 729
Средний коэффициент извлечения, %	11	13	12	16	22	22

ся с пластовой нефтью, что способствует увеличению добычи.

Судя по результатам применения современных передовых методов при нагнетании CO₂, анализ показывает, что из этих крупных пластов потенциально можно добыть более 47 млрд брл технически извлекаемой нефти. В то время как анализ показывает, что на Пермский бассейн приходится большая часть этой извлекаемой нефти, имеются миллиарды баррелей извлекаемой нефти в Калифорнии, на побережье Мексиканского залива, в Среднеконтинентальном районе, а также в штатах, где расположены Скалистые горы (табл. 1).

Большую часть этой нефти можно извлечь при наличии надежных источников CO₂ с приемлемой ценой добычи и по завершении анализа.

Особо следует отметить, что в шести (из одиннадцати) бассейнах, подвергнутых оценке, не осуществляются коммерческие проекты по сбору CO₂. Совместно эти регионы содержат более 20 млрд брл технически извлекаемой нефти, что является достаточно крупными запасами.

Кроме того, в ряде регионов имеется множество электростанций мощностью несколько ГВт, которые выбрасывают значительные количества CO₂. Совмещение пригодных для нагнетания CO₂ нефтяных пластов и электростанций обеспечит возможность расширения традиционных работ по нагнетанию CO₂ в неключевых районах и при этом одновременного захоронения значительных количеств CO₂.

НАГНЕТАНИЕ CO₂ ПРИ ДАВЛЕНИИ, БЛИЗКОМ К ДАВЛЕНИЮ СМЕШИВАНИЯ

Исследовательская группа уделила особое внимание возможности добычи нефти из пластов, в которых давление нагнетания будет немного ниже или немного выше минимального давления смешиваемости (minimum miscibility pressure — MMP).

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что качество нагнетания CO₂ постоянно возрастает по мере того, как пластовое давление приближается к MMP. Сами по себе пласты, в которых нагнетание производится при давлениях в «серой области» пластовых давлений, близких к MMP, заслуживают особого внимания. Несмешивающееся нагнетание в этой области может проводиться аналогично в пластах со смешивающимся вытеснением, если можно успешно применить методы повышения смешиваемости. Процесс нагнетания CO₂ в пласты при давлениях чуть выше MMP может не обеспечить смешиваемость во всем объеме пласта между нагнетательными и добывающими скважинами; это станет причиной снижения потенциальной добычи.

Исследование показало, что пласты, в которых нагнетание производится при давлении 500 фунт/дюйм² ниже MMP, содержат 1,5 млрд брл технически извлекаемых запасов, залегающих, главным образом, в Калифорнии и Центральном Техасе. Дополнительный анализ подтвердил, что 1,3 млрд брл этих запасов можно рентабельно извлекать при цене на нефть 70 долл/брл и цене углекислого газа 45 долл/т.

Результаты также показали, что 4,1 млрд брл технической извлекаемой нефти находится в пластах, в которые можно нагнетать CO₂ при давлении 500 фунт/дюйм² выше MMP, из которых 3,4 млрд брл рентабельно извлекаются при цене на нефть 70 долл/брл и цене углекислого газа 45 долл/т. В этом случае региональное распределение запасов намного шире, включая не только Калифорнию и Центральный Техас, но также бассейны Иллинойса, прибрежного Техаса, Среднеконтинентального района и Аппалачей.

Если можно разработать и применить методы, чтобы сделать нагнетание CO₂ в этой «серой области» работающим так, как при смешивающемся нагнетании,

рентабельно извлекаемыми могут стать дополнительно 4,7 млрд брл нефти. Большая часть этой нефти залегает в районах, которые станут «новой площадкой» для нагнетания CO_2 .

КАК НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОГУТ ПОВЛИЯТЬ НА ДОБЫЧУ?

Группа также провела анализ последствий применения технологий нагнетания CO_2 следующего поколения, которые выходят за рамки современных технологий. Эти технологии предусматривают:

- увеличение нагнетаемого объема CO_2 до 1,5 порового объема, занятого углеводородами;
- внедрение инновационной схемы нагнетания и вариантов размещения скважин для ведения добычи из менее эффективно охваченных заводнением участков пласта, например, бурение новых горизонтальных и вертикальных скважин и применение гравитационно устойчивых схем в круто падающих пластах;
- увеличение вязкости нагнетаемой воды и CO_2 при попеременном нагнетании воды и газа;
- добавление усилителей смешиваемости для снижения давления, необходимого для полной смешиваемости.

Группа провела моделирование этих вариантов по пластам с использованием специальной версии модели CO_2 -PROPHET, первоначально разработанной NETL.

Результаты (табл. 2) показывают, что объем технически извлекаемой нефти при применении технологий следующего поколения превышает 30 млрд брл дополнительной нефти, что составляет суммарные извлекаемые запасы 77,6 млрд брл при добавлении к добыче 47 млрд брл с помощью современных передовых методов.

НОВЫЕ ЦЕНТРЫ НАГНЕТАНИЯ CO_2

Значительная часть от 77,6 млрд брл нефти, примерно треть, находится в Пермском бассейне. Но даже при условии применения метода нагнетания CO_2 добыча почти половины технически извлекаемых запасов будет зависеть от новых технологий.

Хотя несколько операторов уже приступили к применению этих методов в Пермском бассейне, большинство компаний не сделали этого. Интересно отметить, что если компании могут внедрять эти новые технологии вместе с новыми источниками CO_2 , такие области, как Калифорния, Среднеконтинентальный район, Север-

Таблица 2. **Дополнительные технически извлекаемые запасы, пригодные для нагнетания CO_2 в крупные пласты, в результате применения технологий следующего поколения**

Кластер	Передовые методы		Технологии следующего поколения		Разница в технически извлекаемых запасах
	Осуществляемые проекты	Методы, млн брл нефти	Осуществляемые проекты	Следующее поколение, млн брл нефти	
Пермский бассейн	58	13 539	—	22 717	9179
Центральный Техас	0	6491	—	9940	3449
Среднеконтинентальный район	8	6365	—	10165	3801
Калифорния	0	5672	—	8966	3294
Восточный Техас	0	4389	—	7015	2626
Побережье Мексиканского залива (не Техас)	15	4142	—	5878	1735
Скалистые горы	16	2916	—	5565	2649
Уиллистон	0	1839	—	2799	960
Аппалачи	0	1236	—	1944	708
Иллинойс	0	594	—	2376	1782
Мичиган	8	215	—	276	61
Итого	105	47 398	—	77 642	30 244

Таблица 3. **Рентабельно извлекаемые запасы, пригодные для нагнетания CO_2 в крупные пласты Калифорнии и Среднеконтинентального района, и хранения CO_2 после завершения методов повышения нефтеотдачи**

Показатель	Извлекаемая нефть, млрд брл		Хранение CO ₂ , млрд т
	Технически	Рентабельно	
Среднеконтинентальный район			
Передовые методы	6,4	5,7	1,6
Следующее поколение	10,1	8,9	2,1
Калифорния			
Передовые методы	5,6	5,4	1,4
Следующее поколение	8,9	8,6	1,9

ные равнины и Аппалачи, могут стать новыми местами нагнетания CO₂.

Рассматривая подробнее Южную Калифорнию и Среднеконтинентальный район, можно видеть, что в обоих районах могут добываться большие количества дополнительной нефти, если найден способ улавливания, сбора и транспортировки CO₂ (табл. 3).

При разработке и применении технологий следующего поколения Южная Калифорния может рентабельно (при цене на нефть 70 долл/бэр и цене углекислого газа 45 долл/т) добывать 8,6 млрд бэр нефти и одновременно хранить 1,9 млрд т CO₂.

Среднеконтинентальный район при аналогичных условиях может добывать и хранить примерно те же объемы. Общий объем CO₂, который пласты могут хранить в этих регионах в случае применения технологий следующего поколения, составляет 18 млрд т.

Необходимо помнить о том, что оценки, приведенные в табл. 2, основаны на анализе самых крупных пластов на крупнейших месторождениях. После разработки ключевых проектов строительства инфраструктуры поставки CO₂ менее крупные пласты на менее крупных месторождениях также могут стать рентабельными объектами для нагнетания CO₂.

В аналогичном анализе (не опубликованном) проведена оценка возможности применения в крупных пластах метода нагнетания CO₂ в зоны остаточной нефти ниже начального ВНК. В некоторых районах из этих ранее невоскрисших участков крупных нефтяных пластов могут добываться большие объемы дополнительной нефти, а равно в них могут храниться большие объемы CO₂.

Оценка показала, что в этих глубокозалегающих водонасыщенных участках длительно разрабатываемых месторождений может храниться более 54 млрд т CO₂.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ

Анализ наглядно показывает необходимость проведения серии традиционных пробных испытаний по нагнетанию CO₂ в неключевых районах и расширения исследований, направленных на разработку технологий следующего поколения, которые помогут расширить в масштабах страны нагнетание и хранение CO₂.

Должны координироваться исследования и разработки для усиления безопасности энергоресурсов, сохранения окружающей среды и достижения экономических целей нашей страны путем сокращения импорта нефти, сбора и нагнетания в пласты CO₂ и создания хорошо оплачиваемых рабочих мест в сельских районах.

Нагнетание в пласты CO₂ может послужить экономическим стимулом к снижению рисков сбора и хранения CO₂ и помочь быстро приступить к развитию инфраструктуры, которая в конечном счете даст возможность хранить в геологических структурах большие объемы CO₂. NETL реализует программу исследований и разработок, способствующую разработке и испытанию новых технологий в новых районах.

Источник: *US Department of Energy*

Связаться с автором статьи для получения дополнительной информации по данному анализу или исследованиям, осуществляемым в NETL, г-ном *J. R. Duda* (Дж. Р. Дуда) можно по адресу: john.duda@netl.doe.gov.

СЕРТИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ HEXELONE® RAISED PRESSURE

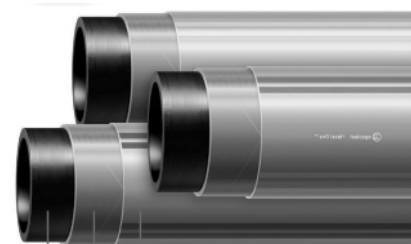


Новая технология HexelOne® - армированная труба, рассчитанная на высокие давления, выполненная из полиэтилена. Эта технология обеспечила широкие возможности применения полиэтиленовых труб в условиях высоких давлений. Новая технология имеет вдвое большую сопротивляемость высоким давлениям по сравнению с традиционными решениями. Гомогенный материал, из которого изготовлены трубы, имеет функциональную прослойку, которая обеспечивает дополнительную

прочность внутренней поверхности. Технология полностью соответствует европейским стандартам.

Сертификат HexelOne® системы «Raised Pressure» включает трубу и систему с механическим и сварным соединениями.

Компания HexelOne — ведущий европейский производитель высоконапорных полиэтиленовых труб, выпускающий широкий диапазон труб для сооружения подземной инфраструктуры, включая водопроводы, газопроводы и т.д.



egeplast Werner Strumann
GmbH & Co. KG
Dipl.Eng. Bjoern Mieke
Robert-Bosch-Str. 7
D-48268 Greven
Tel. + 49-2575-9710- 240
Fax + 49-2575-9710-33240
Bjoern.Mieke@egeplast.de
www.egeplast.eu

РАСШИРЕНИЕ ВМЕСТИМОСТИ КОМПЛЕКСА ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОХРАНИЛИЩ ЛАБ БЛАГОДАРЯ НОВОМУ ОБЪЕКТУ ГАЯРА-БАДЕН

L. Goryl, L. Olsovsky, S. Ondruskova, S. Rehak, T. Ferencz, M. Simko, D. Hudecek, NAFTA

Акционерное общество Nafta осуществляет эксплуатацию единственного гибкого комплекса подземных хранилищ природного газа Лаб. Уникальность комплекса заключается в особом объединении нескольких объектов хранилищ и наземных технологий с разными физическими соединительными точками, оснащенными распределительной и транспортной сетью. Кроме того, хранилище компании Nafta соединено с хранилищем АО POZAGAS, и, посредством этого, с австрийским хранилищем Баумгартен.

Решение дополнить комплекс подземных хранилищ природного газа Лаб объектом Гаяра-Баден (Gajary-Báden), который начал эксплуатироваться головным органом компании в четвертом квартале 2007 г., позволило расширить комплекс подземных хранилищ природного газа Лаб новым объектом с объемом хранения 500 млн см³ (с максимальным объемом хранения до 6×10^6 см³/сут и объемом нагнетания до 5×10^6 см³/сут). Также благодаря уникальному объединению с третьим объектом (наиболее крупный и важный объект комплекса подземных газохранилищ Лаб) появилась возможность повысить гибкость комплекса подземных газохранилищ — другими словами изменить газовый поток (с ранее преобладающего добывания на нагнетание и наоборот). Другими позитивными аспектами проекта являются увеличение мощностей объединения с транспортной сетью, диверсификация входных и выходных точек, а также повышение надежности и безопасности целого комплекса подземных газохранилищ Лаб в качестве важной и обширной центрально-европейской газовой инфраструктуры.

Весь проект строительства был разбит на 3 этапа.

1-й этап, который включает использование традиционной технологии (применяемой в качестве вторичного метода добычи и направленной на увеличение добычи нефти путем нагнетания газа) с целью складирования газа с 2008 г.

2-й этап включает бурение новых скважин и комплексного строительства новой инфраструктуры, которая в 2011 г. стала предметом комплексного контроля.

3-й этап включает оптимизацию параметров посредством подключения и завершения бурения других скважин, а также увеличения мощностей наземной

технологии. Завершение реализации проекта намечено на 2014 г.

Сложный график проекта стал вызовом для всей компании АО Nafta, поскольку такие масштабные работы потребовали разработки уникального ноу-хау. Кроме того, к работам было привлечено большое число квалифицированных специалистов, обладающих богатым опытом работы. Специалисты АО Nafta полностью спроектировали подземную часть хранилища, причем бурение скважин и их оснащение было осуществлено с использованием собственного оборудования. В то же время компания принимала участие в разработке ключевых технологий, системы управления, а также в расчетах моделей. Управление проектом также было обеспечено внутренними ресурсами.

При проектировании применялись новые методы и самые современные технологии с акцентом на минимизацию влияния на окружающую среду и высокую безопасность эксплуатации. В этой статье мы попробуем хотя бы коротко изложить некоторые из наиболее важных аспектов.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Строительство любого хранилища природного газа зависит от структуры пород, в которых будет храниться газ. Гаяра-Баден — это самое большое нефтегазовое месторождение, найденное в баденских отложениях словацкой части Венского бассейна площадью приблизительно 11,5 км² и расположенное на глубине приблизительно 1800 м. Газовая часть месторождения была обнаружена в 70-х годах прошлого века. Позже в 80-х годах была найдена нефтяная зона месторождения. Интересно то, что само месторождение находится непосредственно под объектом третьего хранилища, которое является наиболее крупной инфраструктурой хранения.

Геологическая структура месторождения сравнительно несложная. Речь идет об области без существенных структурных элементов, в незначительно тектонически нарушенной южной части венского бассейна. Это неструктурное литологическое месторождение со сравнительно немощным нефтеносным горизонтом и мощной газовой шапкой. Порода месторождения в основном состоит из среднезернистого, сильно уплотненного известкового песчаника.

Соответствующие параметры месторождения (герметичность, достаточный объем, пористость, проницаемость до 1 Д), а также достаточно большой объем данных обусловили неподдельный интерес к возможности переобустройства месторождения в хранилище.

Инженерный персонал месторождений компании Nafta разработал геологические и математические модели месторождения, используя новейшие методы и технологии. На основании седиментологического описания буровых точек из более 20 скважин, коротажных кривых и повторно интерпретированных 3D-сейсмических исследований, проведенных в 2007 г., была создана геологическая модель, отображающая фациальное развитие месторождения и его внутреннее строение.

Новая оценка сейсмических данных в форме репроцессинга обеспечила повышение качества выхода продукции (прежде всего это касается четкости в различении). В рамках подготовки геологической модели (задача состоит в исследовании профиля месторождения) и математической модели (задача состоит в исследовании динамики перемещения жидкостей и газов) была также предложена и особая последовательность проведения буровых работ.

Целью моделирования стало геологическое исследование добычи на месторождении с применением бурения участков Гаяра 132, Гаяра 131 и Гаяра 136, результаты которого позволили усовершенствовать модели. Именно собственные ноу-хау инжиниринга в такой узкоспециализированной области способствовали возможности реализации данного проекта.

БУРЕНИЕ И ОСНАЩЕНИЕ СКВАЖИН

Решающей инфраструктурой каждого хранилища являются скважины, которые представляют собой уникальное объединение хранилища и наземных технологий. В рамках проекта в достаточно сложных условиях были пробурены четыре новые скважины (с наклоном 35°, общей протяженностью более чем 2200 м, и горизонтальными участками протяженностью 1000 м), бурение которых спланировала и осуществила компания Nafta с использованием собственного бурового оборудования и в соответствии с европейскими стандартами. К наиболее инновационным технологиям относится бурение на третьем этапе объекта, который находится в перекрывающем слое месторождения Гаяра-Баден (рис. 1).

После завершения бурения скважины в рамках проекта подземного ремонта были оборудованы меньшей системой, причем все буровые долота оснастили системой безопасности, которая состоит из подземного и наземного предохранительных клапанов, газонепроницаемых стояков и пакеров. На необсаженных интервалах скважины были установлены песчаные фильтры. В настоящее время готовится оснащение двух оставшихся буровых долот.

ПОВЕРХНОСТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Инфраструктура хранилища состоит из трех связей скважин, которые подключены самостоятельными соединениями к Центальному ареалу Гаяра (ЦАГ), где размещена система осушки и подготовки газа, турбокомпрессорное оборудование, вспомогательные источники энергии и диспетчерская, из которой осуществляется операторское управление эксплуатацией месторождения Гаяра-Баден. ЦАГ объединен газопроводом DN 700 с транспортной сетью через измерительную станцию компании АО Eustream, которая установлена для измерения количества входящего/выходящего из хранилища газа. Кроме того, ЦАГ объединен с другой частью комплекса подземных хранилищ природного газа Лаб через объединяющий узел Гаяра двумя газопроводами DN 500, что заметно повышает гибкость всего комплекса подземных газохранилищ Лаб. Подобное интегрированное решение позволяет успешно добывать или нагнетать газ в скважины третьего объекта, причем возможны также другие режимы эксплуатации непосредственно в комбинации с ЦА Плавещкий Штврток и его системами объединения с другими сетями.

Уже в процессе проведения первичных исследований значительный акцент был сделан на безопасность ЦАГ. На основании выполненных исследований безопасности эксплуатации (HAZOP) проектной документацией были предусмотрены достаточные расстояния между отдельными технологическими объектами, модернизирована конструкция диспетчерской, ужесточены требования к безопасности и энергоблокам. С помощью самостоятельной системы управления ЦАГ можно подразделить на четыре изолированных узла, которые можно разгерметизировать через выдвнутую систему, расположенную вне ЦАГ.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Система управления (СУ) была изначально спроектирована и далее распределена, иными словами блок управления системы распределен и размещен отдельно от технологии в локальных распределительных станциях — энергоблоках (соответствующих определенной технологии). Конструктивно строительство энергоблоков проектировалось вне взрывоопасной среды и с учетом повышенной стойкости к воздействию температуры и давления. В отдельных энергоблоках вместе с СУ (для соответствующей технологии) размещено также измерительное оборудование, силовые электрические распределители, системы резервного питания и коммуникационные сети распределения. Отдельные энергоблоки объединены запасной крутовой оптической сетью, которая выведена в диспетчерскую ЦАГ, где расположена операторская система SCADA.

Основанием СУ-уровня управления являются PLC-системы, разработанные компанией Allen-Bardley. Операторский уровень СУ включает коммуникационные системы и HMI-серверы в резервном подключении,

серверы MES и WEB для передачи информации из интранета АО NAFTA. Оператор в центре имеет в распоряжении две клиентские системы SCADA для отображения и управления технологией вместе с системой отображения на большом экране. Рабочее место оператора одновременно оборудовано удаленными станциями управления турбокомпрессорами.

Для безопасности управления диспетчерская оборудована панелью резервного HMI-дисплея системы безопасности центра и пультом для поддержания режима последовательностей безопасности STOP и TOTALSTOP.

РАБОТА КОМПРЕССОРОВ

Поскольку речь идет об использовании в ЦАГ и на третьем объекте будущих компрессоров (давление на месторождении Гаяра-Баден достаточно и для завершения добычи, поэтому для осуществления добычи на месторождении работа компрессоров не требуется), проект компрессоров ЦАГ был разработан на основании двух противоположных требований:

- режим большого сжатия, т.е. соотношение всасывающего давления и давления выдавливания (>4) для нагнетания (>20 МПа в конце нагнетания) и сравнительно меньшие расходы $5 \times 106 \text{ см}^3/\text{сут}$ (для компрессорной станции в целом);
- режим небольшого сжатия (>2) для добычи/нагнетания на Лаб 3 и сравнительно большой расход (который было необходимо принять во внимание), а также распределение мощностей для отдельных видов оборудования в связи со сменной мощностью хранилища.

После многих исследований выбор остановился на турбокомпрессорных объектах (ТКГ) смонтированных по принципу тандема, или два радиальных компрессора с газовыми турбинами, причем особенность состоит в приводе одной турбины и двух компрессоров на одном валу через коробку передач, которые могут быть подключены по очереди в серийном или один в параллельном, а другой в серийном режиме.

В рамках реализации второго этапа компанией Solar Turbines были установлены две системы ТКГ Solar Turbines, которые состоят из:

- газосжигающей турбины TAURUS 60 = 7802S;
- компрессора низкого давления C169V (7 рабочих колес);
- компрессора высокого давления C166V (5 рабочих колес).

Турбины оборудованы системой SOLoNox, которая обеспечивает небольшие объемы окиси азота и CO. Каждая система ТКГ размещена в отдельной раме и в отдельном

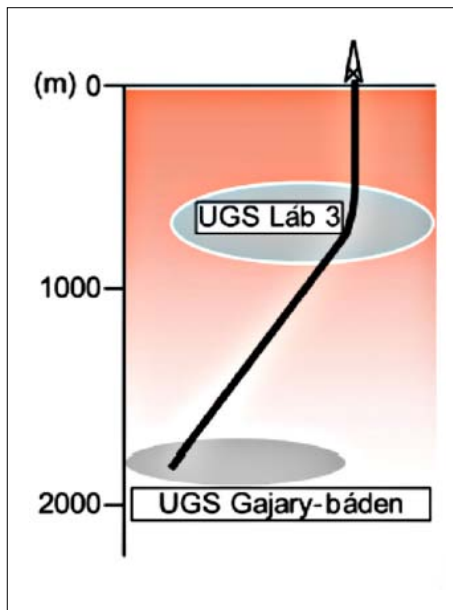


Рис. 1. Схема бурения месторождения третьего объекта

боксе (рис. 2), который соответствует наиболее строгим акустическим требованиям; управление осуществляется через собственную систему управления. Тесты эксплуатации, выполненные на протяжении второго квартала 2011 г., подтвердили высокую надежность объектов при соблюдении всех параметров конструкции и допусков.

ОЧИСТКА ГАЗА

Технология очистки газа должна обеспечивать требуемые параметры качества газа, прежде всего точку росы воды и точку росы углеводородов. На существующих центрах комплекса подземных газохранилищ достаточно очищать только точку росы воды. В ходе достижения объектами месторождения Гаяра-Баден конечных параметров хранения следует добывать

на месторождении определенный объем исходного газа, богатого вышеуказанными углеводородами; поставлять его напрямую в газовую сеть без очищения точки росы углеводородов (ТРУ) нельзя. Проблема с ТРУ на протяжении первых лет эксплуатации имела бы место постоянно в конце каждого сезона добычи (смешивание подушки газа с активным наполнением). Кроме требований для поддержания качественных параметров газа необходимо было при выборе технологии осушки газа принять во внимание и другие требования, связанные с максимальной оперативностью эксплуатации, а именно:

- большие объемы подачи (min/max);
- гибкость с точки зрения давления эксплуатации;
- быстрое введение в эксплуатацию (моментальное соблюдение параметров качества газа);
- нулевые/минимальные расходы на эксплуатацию в режиме готовности.

Следующим критерием при выборе технологии стала минимизация инвестиционных расходов для возможного повышения объемов суточной добычи газа. На основании указанных требований при выборе технологии было принято решение в пользу адсорбционной осушки. Поставщиком адсорбционного комплекса стала немецкая компания Silica Verfahrenstechnik GmbH Berlin, имеющая многолетний опыт в области использования данной технологии. Поставленная и установленная компанией система является по сути трехколонным комплексом с выходной фильтрацией, диапазоном нагревания и охлаждения регенерационного газа, а также с установкой стабилизации газа. Адсорбция по сути означает селективный выбор молекул из смеси газа, в нашем случае это значит селекцию молекул воды и высших углеводородов (прежде всего C_6^+). Адсорбент — это вещество, имеющее

микроскопическую пористую структуру, вследствие чего обеспечивается огромная внутренняя площадь поверхности. Поставщиком адсорбента является компания BASF. Основной составляющей наполнения в колонне является силикагель Sorbead Тур Н (18 000 кг из 28 400 кг — общий вес установленного наполнения), который поглощает воду и углеводороды. Стандартная эксплуатация трех-колонного комплекса выглядит следующим образом:

- одна колонна в эксплуатации;
- одна колонна в регенерации;
- одна колонна в процессе охлаждения.

При определенных условиях (составе газа) возможна также эксплуатация посредством следующих систем:

- две колонны в эксплуатации;
- одна колонна в регенерации и потом в процессе охлаждения.

Естественно, возможна также эксплуатация двух-колонной системы (одна колонна остановлена). Максимальный расход через одну колонну составляет $1,0 - 4,5 \times 10^6 \text{ см}^3/\text{сут}$, в зависимости от действительного состава и давления эксплуатации. Переключение цикла «адсорбция/активация» также зависит от состава газа, минимальный период составляет два часа. Чем беднее состав газа (с точки зрения высших углеводородов), тем длительнее периоды переключения циклов и одновременно снижается требование расхода регенерационного газа (уменьшаются расходы на эксплуатацию). Комплекс адсорбционной сушки предварительно подготовлен (строительством или диспозиционно) к установке последующей колонны, которая позволит увеличить дневные объемы добычи газа приблизительно на 30 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение о расширении комплекса подземных хранилищ природного газа Лаб посредством сооружения объекта Гаяра-Баден позволило не только увеличить объемы подземных хранилищ природного газа Лаб благодаря новому подземному хранилищу, но и повысить гибкость комплекса Лаб посредством объединения с третьим объектом. К другим преимуществам относится:



Рис. 2. Приоритеты компании NAFTA

- увеличение мощности объединения с транспортной сетью;
- диверсификация входных и выходных точек;
- существенное повышение надежности и безопасности комплекса подземных газохранилищ Лаб в целом, причем в будущем можно предполагать последующее повышение объемов хранения.

При проектировании были использованы новые методы и наиболее современные технологии с акцентом на минимизацию влияния на окружающую среду и высокую безопасность эксплуатации (некоторые технологии в Словакии встречаются впервые). Поскольку речь идет о масштабных проблемах, эта тема будет обсуждаться и в дальнейшем.

Источник: *Slovgas*

Связаться с авторами статьи можно по адресу:

Ladislav Goril (Ладислав Горил): ladislav.goril@nafta.sk;
Lubomir Oslovsky (Любомир Ольшовский): lubomir.oslovsky@nafta.sk;
Svetlana Ondrushkova (Светлана Ондрушкова): svetlana.ondrushkova@nafta.sk;
Stanislav Rehak (Станислав Перак): stanislav.rehak@nafta.sk;
Tomas Ferencz (Томаш Ференц): tomas.ferencz@nafta.sk;
Miroslav Simko (Мирослав Шимко): miroslav.simko@nafta.sk;
Dusan Hudecek (Душан Гудечек): dusan.hudecek@nafta.sk.

V КОНГРЕСС ПЕРЕРАБОТЧИКОВ ПЛАСТМАСС

14 — 15 ноября 2011 года, г. Москва, здание Правительства Москвы, малый конференц-зал (ул. Новый Арбат, д.36/9)

14 — 15 ноября 2011 года в здании Правительства Москвы пройдет V Конгресс переработчиков пластмасс.

Сегодня все понимают, что получению продукции с высокой добавленной стоимостью может способствовать расширение сектора переработки полимеров, однако это невозможно без решения основных проблем отрасли. Участники мероприятия намерены проанализировать сложившуюся

ситуацию, рассмотреть наметившиеся в отрасли тенденции, скоординировать совместные усилия,

Участники получат информацию о емкости российского рынка импорта полимеров и перспективах импортозамещения, в том числе полимерных пленок; узнают о достижениях в области литья термопластов под давлением, познакомятся с методами управления усадкой в данном процессе. Роберт Ташкалов, генеральный директор ООО «Нуран-Пласт» сообщит об успешной реализации проекта по выпуску импортозамещающей продукции — ком-

позиционных материалов для российской кабельной и трубной промышленности.

Подробная информация о Конгрессе переработчиков пластмасс на сайте <http://www.rccgroup.ru/plast/>

Пресс-центр Конгресса переработчиков пластмасс
 Телефон/факс: (499) 767-19-06, 499) 729-66-94
 Горячая линия: 8-926-202-7805
 e-mail: Plast@rccgroup.ru

ДИНАМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПЛОТНОСТИ

К. Е. Gray, Les Nichols, Техасский университет, г. Остин

Технология для любых бурильных установок, больших и малых, морских и наземных.

Технология для любых бурильных установок, больших и малых, морских и наземных. Динамический контроль плотности (Dynamic Density Control — DDC) — это высокоадаптивная, работающая в режиме реального времени система управления технологическим процессом, масштабируемая для любых бурильных установок, больших и малых, морских и наземных и предназначенная для стандартных, оптимизированных, автоматизированных бурильных работ или бурения с управляемым давлением (measurement pressure drilling — MPD).

DDC в режиме реального времени объединяет бурильную установку и данные о геологическом разрезе с геомеханикой/механикой пород со статическими и динамическими процессами U-образных труб. Благодаря возможности приспособления к любому виду MPD или бурению на депрессии, DDC осуществляется расширенно (в практическом и важном для эксплуатации смысле) благодаря учету всех барометрических кольцевых элементов в дополнение к применяемым в настоящее время гидросистемам ствола скважины. На иллюстрациях показан кольцевой канал U-образной трубы DDC, несколько эмуляторов и система управления с цепью обратной связи. Параллельная эксплуатация двух и более «однотипных» эмуляторов с общим вводом данных позволяет осуществлять прямое сравнение и оценку.

В эксплуатационных скважинных и околоскважинных процессах участвуют различные динамические объемы породы, нагрузки, давления, флюиды и температуры. При этом они спарены и соединены с потоками, замещением или перемещением, некоторые последовательно, а некоторые параллельно.

В процессе строительства скважины посредством DDC одновременно измеряются и используются комбинированные статические и динамические напряжения и замещения в стратегически важных зонах внутри и вокруг обеих сторон «U-образной трубы» и ее составных частей. Определение и регулирование динамического давления в стратегически важных зонах производится таким образом, чтобы не нарушать пластовые и возникающие в процессе эксплуатации ограничения диапазона давления в заданных и стратегически важных слабых местах. При запуске, продолжении, останове или изменении вращения, включая работу бурильной колонны, DDC использует соединение системы управления с обратной связью с высокоскоростной, высококачественной регистрацией данных мониторинга.

При работе DDC немедленное отображение выключателей элементов «любой, все, или любая комбинация» в положении «включено» или «выключено»

предоставляет информацию о поведении отдельных элементов и сигнатур по отдельности или вместе с другими элементами системы в любом сочетании. Таким образом, работающую под управлением DDC бурильную установку можно вернуть в стандартную конфигурацию с нулевым противодавлением кольцевой полости буквально «щелчком переключателя» (рис. 1).

Применение DDC в ситуациях с заданным критическим давлением и малыми допусками на давление, особенно при разработке пластов на большой глубине, обеспечивает существенные преимущества с точки зрения экономики, техники, безопасности и экологии (рис. 2). Возможные примеры использования технологии включают:

- обнаружение, предотвращение и подавление гидравлического удара;
- устойчивость ствола скважины; вздутие ствола скважины;
- потеря циркуляции; повреждение продуктивного пласта;
- скорость проходки;
- приток мелких вод; бурение с положительным/отрицательным дифференциальным давлением и бурение на сбалансированном давлении;
- испытания на герметичность, широкие испытания на гидроразрыв, испытания с целью обнаружения неисправностей, минигидроразрыв;
- зоны с пониженным давлением;
- ограничения цементного кольца.

Скважины 7 дней в неделю круглосуточно выдают данные, а DDC отслеживает их постоянные, и перекрывающиеся голоса и сливающиеся сигналы. В настоящее время отслеживаются лишь некоторые из множества «сигналов», и мы пока не понимаем, что они означают, но специалисты стремятся правильно распознать их. Развитие технологии развертки дополнительного сигнала предоставит массу возможностей использования системы DDC и многих связанных с ней технологий, включая:

- системы сбора данных, управления, складского учета и горных работ для стандартных, оптимизированных, автоматизированных бурильных работ или бурения с управляемым давлением;
- сравнение базовых показателей: градиент давления, поровое давление, потеря циркуляции, устойчивость ствола скважины, а также параметры моделей режимов бурения, технологии и результаты.

Внедрение и развертывание возможностей DDC может осуществляться на существующих буровых уста-

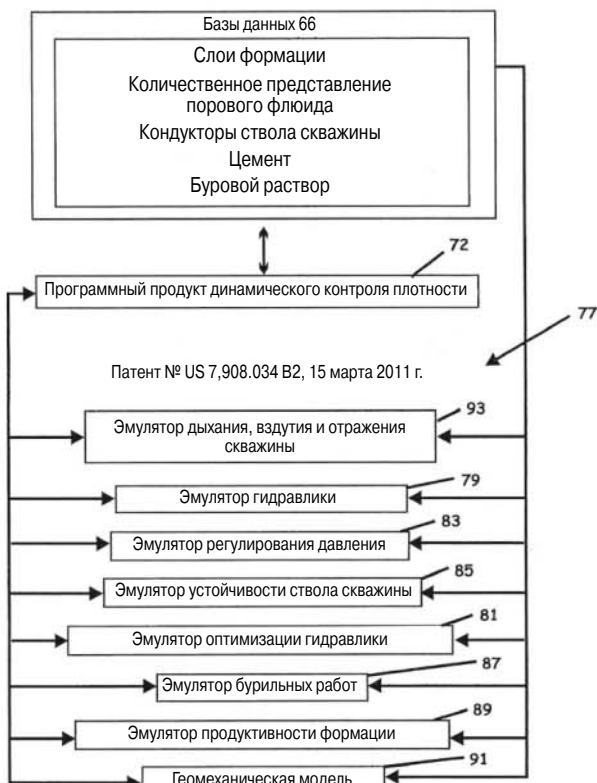
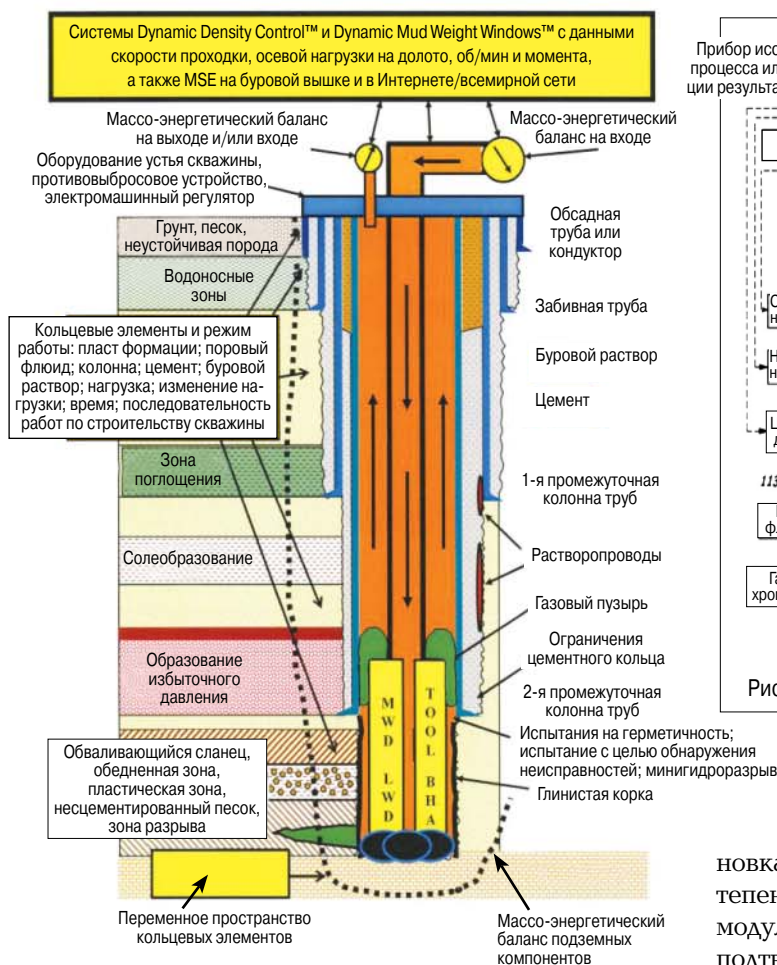


Рис. 1. Системы Dynamic Density Control™ и Dynamic Mud Weight Windows™

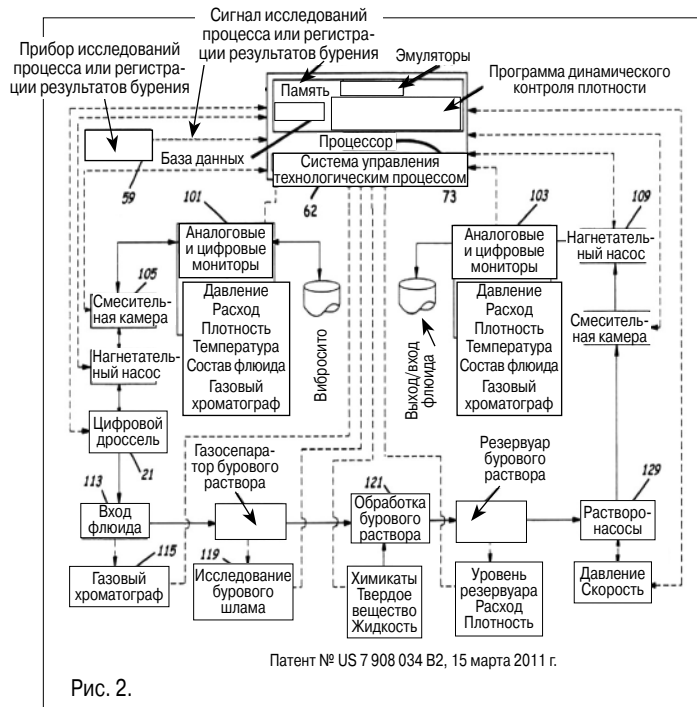


Рис. 2.

новках поэтапно, начиная с имеющихся функций с постепенной модификацией установки. Дополнительные модули DDC добавляются последовательно, по мере подтверждения результатов на практике.

Возможности комплексной системы динамического контроля плотности включают следующее:

- направленность на критически важные потребности в геомеханических возможностях при бурении с управляемым давлением;
- заблаговременное выявление возможных слабых мест при проектировании скважины;
- предоставление действенных и результативных учебных инструментов;
- заблаговременное компьютерное бурение скважины, повторное бурение со всеми данными или избранными данными, не включенными в учебные планы и/или анализ чувствительности показателей;
- предоставление общепромышленных прогнозных средств оценки возможных вариантов;
- улучшение охраны труда и воспитание гражданской ответственности.

К. Е. Gray (д-р К. Е. Грей)

Профессор нефтепромышленного дела Техасского университета в г. Остин

E-mail: ken_gray@mail.utexas.edu

Tel: 512-471-3242

Les Nichols (Лес Николс)

Отделение промышленных технологий

Техасского университета в г. Остин

E-mail: lnichols@otc.utexas.edu

Tel: 512-471-0275

ПРОЕКТ КОМПАНИИ WEATHERFORD ПО МИНИМИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАПАСОВ

Сервисный нефтяной гигант — компания Weatherford недавно приступила к реализации проекта, чтобы попытаться уменьшить величину капитала своих материально-производственных запасов.

Как отметил вице-президент Weatherford по информационным технологиям (information technology — IT) Michael Dove, главным стимулом для выполнения этого проекта стал тот факт, что выполнение работ все труднее финансировать и поэтому компания стремится найти способы наиболее эффективного использования уже имеющихся средств.

Для сравнения с другими компаниями, работающими в этой области, Weatherford выполнила эталонное тестирование своих текущих активов и не была удовлетворена полученными результатами.

Материально-производственные запасы компании Weatherford большие и очень сложные. На момент начала реализации этого проекта, стоимость материально-производственных запасов компании составляла примерно 2,5 млрд долл. Компания работала почти в 1000 различных местах и ее материально-производственные запасы использовались и хранились почти во всех этих точках.

Weatherford — очень быстро растущая компания с ростом доходов от 1 млрд долл. в 2003 г. до примерно 8,5 млрд долл. в 2009 г. Планируется, что ее доход в 2013 г. повысится до 22 млрд долл. Такие темпы развития создают проблемы для менеджмента компании.

«С течением времени допускается значительное увеличение материально-производственных запасов, особенно из-за того, что более пристальное внимание уделяется расчету прибыли и убытков, а не балансовому отчету», — говорит г-н Dove. В компании также нет администрации, отвечающей за материально-производственные запасы и за их продолжающийся рост.

Первым шагом к оптимизации материально-производственных запасов стало внедрение системы, которая могла бы позволить руководителям компании легко видеть, фактическое распределение материально-производственных запасов. Следующим шагом должна стать работа по определению, где капитал обеспечивает наибольшие преимущества, и какие части запасов можно было бы сократить, и затем по предоставлению гарантий фактически внедрить эти сокращения.

Главы компании попытались найти наиболее оптимальный способ использования материально-

производственного капитала с помощью имеющихся в распоряжении данных. Г-н Dove предложил обеспечить это решение с помощью программного бизнес-приложения Oracle.

«Я бы обратился к Oracle и сказал «давайте вместе проверим концепцию», чтобы доказать, что это может быть сделано», — говорит он.

Все данные по материально-производственным запасам уже имеются в распоряжении, проблема заключается в том, какой метод больше подходит для их анализа и поможет принять правильные решения, чтобы уменьшить материально-производственные запасы и лучше понять, какие подразделения компании лучше или хуже управляют ими.

«Все мы стараемся сделать все, чтобы иметь информацию об использовании запасов». Компания очень хотела бы иметь подходящую программу, которую можно было бы быстро установить и скорректировать с учетом специфики компании. Внедрение новой программы занимает 60 дней; с внедренной программой для корректировки передачи данных требуется до 30 дней.

Для сравнения приведем пример, для внедрения в компании программы планирования ресурсов корпоративного класса ERP (Enterprise Resource Planning) необходимо несколько лет.

СИСТЕМА

Система управления материально-производственными запасами, которую внедрил г-н Dove, позволила увидеть распределение запасов в компании по отделениям, регионам, по предметно-производственной специализации, а также по сотрудникам, несущим ответственность за них. Ответственный руководитель (в данном случае, вице-президент по финансам) может также задавать контрольные цифры и контролировать операции с ними.

Вице-президент по финансам может оценить максимальный уровень запасов, например, как изменятся в Weatherford запасы на 10 главных линиях производственной специализации, таких как запасы оборудования для механизированной эксплуатации скважин. Важно измерить оборот запасов за год (пополнение запасов некоторого продукта или оборудования несколько раз в год и затем использование их). Низкие скорости оборота характеризуют продукты, запасы которых сохраняются длительное время.

Нахождение продуктов и оборудования в хранилищах длительные промежутки времени может быть оправдано в некоторых ситуациях (когда вам крайне необходимо быстро получить какой-то продукт и сделать это достаточно трудно). Важно, чтобы у вас сохранялась уверенность, что вы храните запасы продуктов высокой стоимости в течение длительного времени, только тогда, когда важно делать именно так.

Система может обеспечить сравнительными данными, например, вы можете сравнить стоимость различных продуктов в запасах с их товарной стоимостью и идентифицировать продукты в запасах со слишком высокой стоимостью по сравнению с их товарной стоимостью.

Система может также управлять средствами для возмещения расходов различных подразделений и выполнять расчеты и определять (для финансового отчета) численность персонала разных специальностей, рассчитанную разными способами, например, при передаче запасов из одного места в другое.

Поэтому можно получить данные по численности персонала в разных подразделениях с помощью того метода расчета, который они хотят использовать. Однако для анализа максимального уровня запасов все должно рассчитываться одним и тем же методом.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА, ИСПОЛЪЗУЕМЫЕ В WEATHERFORD

Компания Weatherford приняла решение стандартизировать программные средства для прикладных задач, которые она использует с 2003 г.

Компания использует программу JD Edwards для управления сетью поставщиков и доходом (имеет 6500 пользователей); программу Huregion для подготовки отчетов для SEC (комитет по ценным бумагам и биржам) и программу PeopleSoft для управления трудовыми ресурсами и их компетентностью. В компании

на достаточно высоком уровне подчеркивается важность работы персонала с приобретаемыми готовыми программными средствами, не говоря о настройке и адаптации программных средств для решения конкретных задач одного подразделения.

Поскольку за последние годы компания выросла, она предприняла определенные шаги, чтобы обеспечить своих клиентов тем же самым числом одинаковых продуктов (например, таких как 20-футовые отрезки буровых труб определенных спецификаций), несмотря на то, что некоторые компании приобрели свои собственные системы маркировки продуктов. Это означает, что полная корпоративная система не должна дублировать заказы на одинаковые продукты.

ОПТИМИЗАЦИЯ ГАЗОВЫХ СКВАЖИН С ПОМОЩЬЮ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

Компания Zedi, управляющая информацией по нефти и газу в провинции Калгари, помогла нефтегазовому оператору в Юго-Восточной части провинции Альберта (Канада) понять, как оптимизировать добычу из принадлежащих компании 2500 неглубоких газовых скважин с использованием множества портативных систем измерения расходов.

В седиментационном бассейне в Западной Канаде эксплуатируется около 50 000 неглубоких газовых скважин — все с малым дебитом. Операторы имеют серьезные проблемы при выборе самой лучшей стратегии оптимизации добычи из этих скважин. Должно ли использоваться постоянное оборудование для насосно-компрессорной (НК) эксплуатации с целью откачивания воды из них? Должны ли вы только проводить периодические работы по удалению воды (например, с помощью гибких НК труб)? Как часто вы должны проводить операции гидроразрыва?

Раньше нефтегазовый оператор должен был ежемесячно тестировать все свои скважины путем спуска в них испытательного оборудования, но это не позволяло получать достаточно данных для выработки стратегии оптимизации добычи.

Поэтому оператор обратился к компании Zedi с предложением создать «парк» из 35 смонтированных на салазках портативных систем измерения расхода, которые могли спускаться в различные скважины и оставаться в них с целью постоянного измерения расхода газа.

На салазках расположен измерительный блок с компьютером, который может собирать и хранить данные о расходе газа, а также система связи (сотовая или спутниковая), которая мо-



Рис. 1. Неглубокие газовые скважины в Юго-Восточной части провинции Альберта

жет посылать данные обратно в офис компании. (Компания Zedi также обеспечивает немедленный доступ своим клиентам к этим данным на своем портале ZediAccess.com).

Увеличение объема информации в течение времени и наблюдения, как изменяются расходы после попыток использования различных методов повышения добычи, позволило разработать предложения для выработки правильной стратегии оптимизации для каждой группы скважин.

Скважины обычно бурятся группами очень близко друг к другу (рис. 1, 2). Тестирующее оборудование обслуживает группу скважин.

Компьютер соединен с отводами с целью контроля расхода в устье скважин, которые позволяют весь расход из скважины направлять через расходомер путем открытия клапана без использования любых новых трубопроводов.

Оператор только присоединяет систему к группе скважин, проводит испытания, передает данные об этой группе скважин и переходит к следующей группе скважин.

ОПТИМИЗАЦИЯ

Система была использована и отработала оптимальное время для очистки скважин. Большинство скважин не обеспечивают достаточного расхода газа, гарантирующего их насосно-компрессорную эксплуатацию, поэтому они периодически очищались с помощью оборудования на гибких НКТ-трубах или свабирования (отбор жидкости из скважины с использованием емкостей на тросе).

За счет сбора данных по расходам газа для групп скважин в течение 3 — 6 месяцев вы можете глубже понять, как часто надо проводить очистку различных скважин. В некоторых скважинах был отмечен немедленный рост добычи после очистки, в других зарегистрировали достаточно большой промежуток времени между очистками. Многие скважины, несмотря на то, что были пробурены на один и тот же пласт, имели различные характеристики. Система была использована для сравнения



Рис. 2. Смонтированные на салазках портативные системы измерения расхода компании Zedi, которые были использованы для сбора подробной информации о добыче из 2500 неглубоких газовых скважин

различных технологий гидроразрыва.

Нефтяные компании считают, что более дорогие технологии гидроразрыва наиболее эффективны, но, тем не менее, проверяют эту теорию. На основании этого был сделан вывод, что проводить анализ результатов испытаний скважин следует различными методами.

Для более глубокой и тщательной проверки этого вывода были использованы интеллектуальные системы измерения расходов, смонтированные на салазках (Smart Skids).

Был выполнен тщательный мониторинг новых скважин для определения их характеристик, с учетом того, что для них использовалась

одинаковая процедура удаления воды, но гидроразрыв в каждой производился разными методами.

Испытания показали, что при использовании технологии гидроразрыва (меньшей стоимости) действительно получались лучшие характеристики. Этот вывод нельзя было бы сделать при использовании только ежемесячного сбора данных, потому что отбор воды оказывает только краткосрочное влияние на добычу.

Также провели испытания нескольких скважин, чтобы понять сможет ли помочь очень частая очистка скважин.



Рис. 3. Дистанционный мониторинг подводного оборудования: Новый центр подводного мониторинга и дистанционных технологий (или SmartCenter) компании GE Oil & Gas, находящийся на территории завода VetcoGray по изготовлению систем управления подводным оборудованием в Нейси, около Бристоль, Великобритания



Рис. 4. Открытие нового центра подводного мониторинга и дистанционных технологий компании GE Oil & Gas около Бристоля, Великобритания

Испытания показали, что характеристики некоторых скважин с постоянным откачиванием жидкости были почти такими же как у новых пробуренных скважин, поэтому затраты на постоянное использование системы механизированной эксплуатации будут оправданы. В отрасли существует предвзятое мнение, что неглубокие газовые скважины не стоят затраченного на них времени. Однако актив есть актив, и с помощью некоторых изобретений мы доказали, что есть лучший и более эффективный способ управления нашими рабочими бюджетами. Кто может спорить с этим?

НОВЫЕ СЕРВИСНЫЕ ЦЕНТРЫ КОМПАНИИ GE OIL AND GAS

Компания GE Oil & Gas открыла два новых предприятия в Великобритании для ремонта и модернизации систем управления и дистанционного мониторинга и диагностики подводного оборудования.

Компания GE Oil & Gas открыла новые предприятия после модернизации и реконструкции завода (стоимостью в 3 млн фунтов стерлингов) в Монтроузе, Шотландия, для ремонта подводной фонтанной арматуры и оборудования управления добычей, а также сервисный центр (также стоимостью в 3 млн фунтов стерлингов) в Бристоле, Англия, для предоставления услуг по дистанционному мониторингу и диагностике подводного оборудования.

ШОТЛАНДИЯ

В Монтроузе, Шотландия, после реконструкции было открыт завод для восстановления, ремонта, модернизации и складского хранения подводной фонтанной арматуры, систем управления, наземного оборудования

для управления добычей и другого оборудования. Предприятие может ремонтировать и восстанавливать подводную фонтанную арматуру, которая уже работала несколько лет и ремонтировать и восстанавливать ее.

Предприятие предоставляет свои услуги клиентам во всей Европе. Численность персонала составляет 164 человека.

Раньше эти услуги компании GE предоставляла в двух различных центрах в Абердине в противоположных его частях.

«Мы объединили несколько различных предприятий в одно, — говорит Nick Dunn, руководитель регионального сервисного центра компании GE Oil & Gas. — Это позволило нам развивать бизнес, который полностью сфокусирован на обеспечение всех сервисными

услугами, связанными с установкой и обслуживанием оборудования».

На предприятии имеется цех площадью 20 000 фут² для испытаний и промывки оборудования систем управления добычей с чистым помещением для гидравлических испытаний узлов и элементов и диагностики, удовлетворяющим стандартам по чистоте аэрокосмической отрасли. Очень важно, чтобы масло для гидросистемы было очень чистым, в противном случае со временем может возникнуть ряд проблем.

В качестве доказательства своей версии г-н Dunn приводит пример. Количество пыли, которое может собраться на пальце после прикосновения к запыленной поверхности Вашего рабочего стола, достаточно для загрязнения целого барреля масла для гидросистем. На предприятии также есть цеха для сварки и механической обработки.

Компания GE прогнозирует возможный интенсивный рост на рынке «браунфилда» старых месторождений и планирует помогать своим клиентам на протяжении длительного периода времени с тем, чтобы поддерживать в рабочем состоянии более старые месторождения за счет ремонта и восстановления оборудования. «Очевидно, что для операторов месторождений крайне важно использовать наиболее эффективные методы с целью продления срока службы месторождений. Мы можем взять оборудование, чтобы восстановить и привести в соответствие с новыми стандартами», — говорит он.

Много усилий направлено на определение способов ускорения процесса ремонта и восстановления, поскольку на время ремонта оборудования скважина выводится из эксплуатации.

«Если они демонтируют подводную фонтанную арматуру, то скважина выводится из эксплуатации. Вы можете начать отсчет времени. Чем скорее оператор

получит обратно оборудование, тем лучше будет для него».

Компания GE может шесть месяцев работать над перспективным планированием ремонта, анализировать требуемый объем работ и перечень необходимых запасных узлов и деталей. В компании также имеются специалисты, которые могут отправиться на морские платформы и попытаться получить как можно больше информации об оборудовании, прежде чем оно будет демонтировано.

Каждая система подводной фонтанной арматуры состоит почти из 4000 различных деталей, что делает процесс ремонта очень сложным.

«Когда такое оборудование поступает на наше предприятие, мы очень быстро создаем производственную линию для его ремонта, — говорит г-н Dunn. — Мы располагаем широкими возможностями для этого и можем реагировать очень быстро. Весь ремонт подводной фонтанной арматуры занимает менее пяти недель».

На предприятии ремонтируется и восстанавливается оборудование систем управления добычей, узлы и детали гидросистем и технологическая оснастка подводных елок и размещаемое на дне устьевое оборудование, устьевая трубопроводная обвязка и связанные с ними соединители.

Мы также модернизируем модули управления или «распределительные коробки» на многих узлах подводного оборудования с установкой более новых компьютерных систем.

Предприятие также имеет линию связи с новым «SmartCenter» компании GE в Бристолье (рис. 3, 4), где предоставляются услуги по дистанционному монито-

рингу и диагностике. В этот центр можно обратиться, чтобы проверить работу любого оборудования дистанционно в реальном времени, 24 часа в сутки и 7 дней в неделю.

После завершения ремонта, восстановления и получения новых данных о состоянии оборудования можно более эффективно управлять программой технического обслуживания.

БРИСТОЛЬ

Компания GE также открыла новый центр в Нейси, Бристоль, стоимостью 5 млн долл., предлагающий услуги по дистанционному мониторингу и диагностике выполнения бурильных работ на подводных и газовых месторождениях во всем мире. Новый центр находится на территории предприятия GE Oil & Gas по производству систем управления подводным оборудованием. Центр был открыт в октябре 2009 г. Ove Magne Kallestad, вице-президентом компании StatoilHydro по подводным технологиям и операциям.

Компания StatoilHydro разрабатывает в сотрудничестве с GE новые технологии, включая дистанционный мониторинг и диагностику подводного оборудования. Полученные данные могут использоваться для разработки рекомендаций по работе оборудования от его установки до пуска, от начала разработки месторождения или в процессе обычной его эксплуатации с целью оперативной поддержки, мониторинга состояния, диагностики и оптимизации добычи.

Компания также изготавливает на этом предприятии подводные электронные блоки SemStar5.

Источник: *Digital Energy Journal*

FUGRO: ПРИОБРЕТЕНИЕ НОВЫХ СИСТЕМ ROV



В первом квартале 2011 г. отделение Subsea Services Business Line компании Fugro приобрело шесть новых систем Saab Seaeye ROV в рамках договора с компанией Saab Seaeye. Кроме того, компания Fugro также рассматривает возможности для модернизации трех своих систем Saab Seaeye ROV более раннего поколения с целью их соответствия современным спецификациям и стандартам.

В 2011 г. заказ компании на производство новых технологий составил почти 5 млн фунт включая четыре системы Lynx и две системы Panther XT ROV.

Компания Fugro ведущий мировой оператор, осуществляющий сервисные услуги в области подводного дистанционного управления и примерно половина оборудования компании составляют ROV-системы, разработанные Saab Seaeye.

«Fugro — очень важный для нас клиент, — говорит управляющий директор Dave Grant, и мы рады, что они продолжают инвестировать разработки Saab Seaeye.

Много новейших систем ROV уже успешно работают в Сингапуре, Бразилии и Великобритании, где их используют в процессе бурения и

заканчивания скважин, проведения подводного контроля операций, ремонтных работ и технического обслуживания и т.д.

Jim Mann

Fugro Subsea Services
+ 44 (0) 1224 257600
j.mann@fugro.com
www.fugro.com

Dave Grant

Saab Seaeye Ltd.
+ 44 (0) 1489 898000
dgrant@seaeye.com
www.seaeye.com

ПОВЫШЕНИЕ PUE БЛАГОДАРЯ ВНЕДРЕНИЮ СИСТЕМЫ AIR-DRUPS™

A. Goodwin, Energetix Group (Pnu Power), Кэпенхерст, Великобритания

J. Derby, Energetix Group, Кэпенхерст, Великобритания

Инженеры подразделения Pnu Power использовали энергию сжатого воздуха в качестве резервного источника энергии без аккумуляторных батарей или маховиков. Меньшие затраты на обслуживание, более высокий КПД, исключение опасных свинцовых аккумуляторных батарей и необходимость установки снаружи все эти факторы стали стимулирующими с точки зрения разработки системы Pnu Power Air-DRUPS™ (сжатый воздух, дизель, вращение, UPS). Проектировщики крупных информационных центров (с мощностью больше 1 МВт) стремятся установить резервную систему электропитания без использования аккумуляторных батарей, но выбор у них очень ограничен. Только некоторые системы удовлетворяют требованиям по эффективности использования мощности (power usage effectiveness — PUE) и модульному принципу построения подсистем, которые предъявляются к современным информационным центрам. Система Air-DRUPS™ представляет собой альтернативную систему с высоким КПД, которая может надежно работать при неблагоприятных внешних условиях.

ВВЕДЕНИЕ

Свинцовые аккумуляторные батареи — это самая обычная форма хранения электрической энергии для использования в качестве резервной мощности в информационных центрах и других крупных инфраструктурах (таких как госпитали), для которых прерывание подачи электроэнергии является критичным. Могут использоваться аккумуляторы с жидким электролитом, которые имеют большой срок службы, но стоимость их высока и они требуют регулярного и масштабного технического обслуживания. Аккумуляторные батареи VRLA (герметичные) представляют недорогую альтернативу, но характеризуются более коротким (даже в идеальных условиях) сроком службы (от пяти до семи лет) и

требуют регулярной проверки своевременной замены вышедших из строя элементов. Потребители, которые стремятся использовать альтернативную систему накопления и сохранения энергии без аккумуляторных батарей со свинцовыми или кислотными элементами имеют ограниченный выбор различных вращающихся систем (с маховиками). В этих системах обычно используются высокоскоростные маховики небольшого диаметра, стальные тяжелые маховики большого диаметра, которые постоянно вращаются и поэтому требуются дополнительные затраты на содержание неиспользуемой резервной мощности. Автономность (время резервирования электропитания) этих систем обычно не превышает в лучшем случае двадцати секунд и поэтому они используются для пуска генератора. Вращающиеся системы (с маховиками), которые имеют механическую связь с основной системой, часто обозначаются, как системы DRUPS (дизель, вращение, UPS), а если имеют электрическую связь, то E-DRUPS-системы. Точно также, как маховик обеспечивает энергию для поддержания нагрузки, пока не раскрутится генератор, система Air-DRUPS™ использует энергию сжатого воздуха для достижения той же самой цели. Главное различие состоит в том, что система Air-DRUPS™ является стационарной резервной системой, поэтому потери значительно меньше по сравнению с эквивалентными DRUPS или E-DRUPS-системами и дополнительное преимущество заключается в менее сложном техническом обслуживании (рис. 1, 2).

ПОВЫШЕНИЕ PUE

Проектировщики информационных центров и крупных предприятий понимают всю важность обеспечения эффективности работы инженерных сетей и оборудования (таких как систем освещения, охлаждения и резервных систем генерирования мощности). Требование

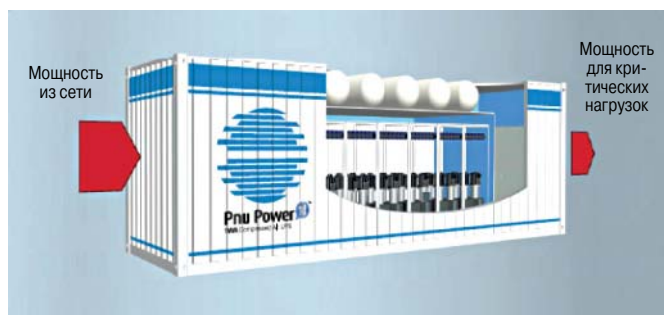


Рис. 1. Система Air-DRUPSTM с мощностью 1 МВт

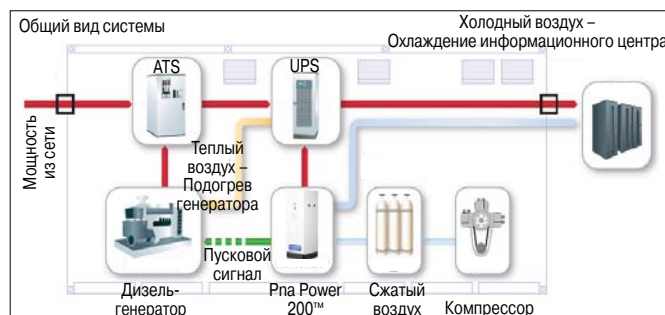


Рис. 2. Схема системы Air-DRUPSTM с мощностью 1 МВт

к использованию «зеленых сетей» (с низким потреблением электрической мощности), установленное LEED и Breeam для сертификации информационных центров, подчеркивает высокую важность обеспечения энергией информационных центров и эффективности использования мощности PUE.

$$PUE = \frac{\text{Суммарная мощность}}{\text{Мощность IT – оборудования}}$$

Система Air-DRUPS™ оснащена технологией UPS с двойным преобразованием энергии (производства наиболее известных компаний в отрасли), которая комбинируется с Pnu Power-технологией аккумулирования энергии в виде сжатого воздуха. UPS-оборудование с двойным преобразованием энергии работает точно также, как работало бы в варианте с присоединенной аккумуляторной батареей. Системы Pnu Power DC100 и DC200 представляют собой источники постоянного тока, присоединяемые к шине исходной аккумуляторной батареи.

Обычные вращающиеся DRUPS-системы имеют время резервирования 15 с (для гарантии, что генератор запустится за это время); компании-изготовители генераторов требуют, чтобы температура двигателя составляла 42 °С. Система Air-DRUPS™ обеспечивает время резервирования, равное минимум 30 с. Это означает, что нет необходимости запускать генератор так быстро и подогрев может составлять всего 35 °С. Это позволяет сэкономить энергию,

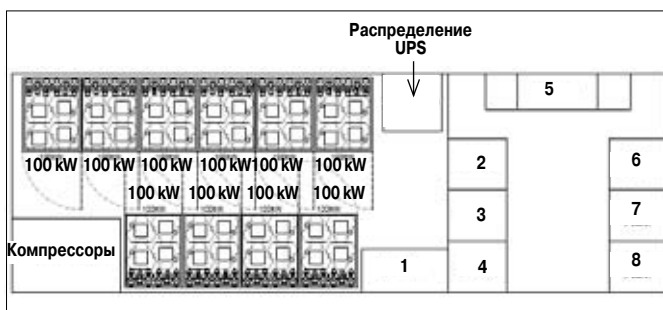


Рис. 3. Air-DRUPS™ (спиральный детандер) и UPS-контейнер (вид сверху):

1 – UPS SVP DB; 2 – UPS1, 200 кВА; 3 – UPS2, 200 кВА; 4 – UPS3, 200 кВА; 5 – UPS VP DB; 6 – UPS4, 200 кВА (будущее); 7 – UPS5, 200 кВА (будущее); 8 – UPS5, 200 кВА (будущее)

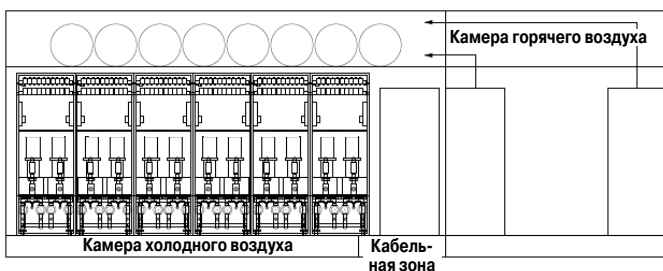


Рис. 4. Air-DRUPS™ (спиральный детандер) и UPS-контейнер (вид сбоку)



Рис. 5. Информационный центр г. Франкфурт

обычно расходуемую в подогревателях блока. Помимо этого горячий воздух из UPS-систем может поступать по воздуховоду в шкаф генератора. Этот воздух обычно имеет температуру 32 °С; за счет этого уменьшается влияние подогревателей блока на повышение температуры от минимальной до требуемой, равной 35 °С. Повторно используемая энергия — это тот фактор, который также существенно влияет на повышение PUE. Кроме того, дополнительное время резервирования позволяет производить пуск генератора другим способом. Поскольку система обеспечивает время резервирования, равное минимум 30 с, при небольших нагрузках этот период значительно увеличивается (при 50 %-ной нагрузке система будет обеспечивать время разгона больше минуты).

Система Air-DRUPS™ контролирует давление сжатого воздуха, а поскольку объем цилиндров известен, можно точно рассчитать время разгона. Это позволяет системе посылать сигнал для пуска генератора только, когда это абсолютно необходимо; за счет этого исключаются ложные сигналы из-за небольших колебаний мощности в течение меньше, чем 10 с. Если есть большие объемы сжатого воздуха, то для запуска генератора (когда нельзя произвести электрический запуск) может использоваться воздушный пускатель (рис. 3, 4).

СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ LEED И BREEAM

Leed и Breeam — это стандарты, которые применяются при проектировании и эксплуатации зданий. Соблюдение требований этих стандартов гарантирует, соответствие самым последним целевым показателям по эффективности использования энергии. Каждый стандарт имеет систему оценок в баллах для таких категорий, как «использование энергии», «управление сооружением и инженерными системами» и «инновации». Эти оценки взвешиваются и складываются для получения суммарной количественной оценки здания и его инженерных систем. Использование энергии — это самая трудно оцениваемая категория и поэтому требует наиболее тщательного рассмотрения. Эти стандарты используются уже много лет для оценки

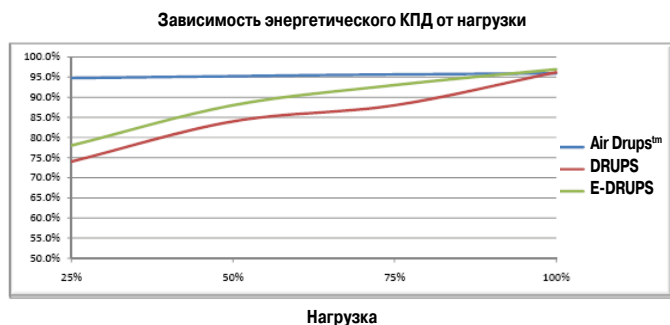


Рис. 6. Зависимость энергетического КПД от нагрузки для систем Air-DRUPS™, E-DRUPS и DRUPS

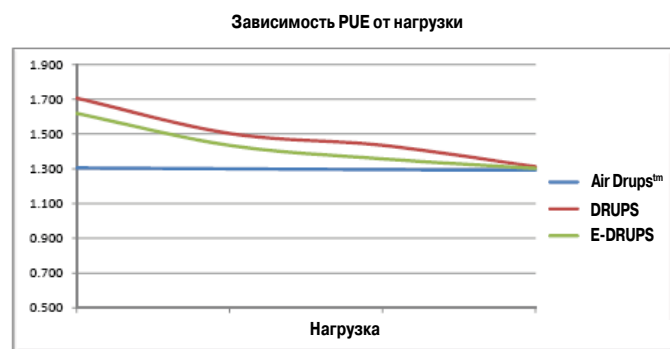


Рис. 7. Зависимость PUE от нагрузки для систем Air-DRUPSTM, E-DRUPS и DRUPS

офисных помещений и теперь также стали применяться для информационных центров.

Наиболее энергоэффективные, хорошо управляемые и использующие инновации здания награждаются платиновой медалью Leed и получают знаменитый сертификат Breeam. Система Air-DRUPS™ — это одна из немногих UPS-систем без аккумуляторных батарей, которая может обеспечить необходимые значения PUE, соответствующие оценкам платиновой медали.

Информационный центр в г. Франкфурт (рис. 5) стал одним из первых, кому был присужден платиновый статус Leed. Проектировщики этого центра, которые стремились спроектировать здание с самыми энергоэффективными инженерными системами, соответствующими платиновому статусу, были разочарованы, когда обнаружили, что традиционная UPS-система со свинцовыми аккумуляторными батареями не соответствует последним эталонам «зеленого здания». Система Air-DRUPS™ позволила обеспечить соответствие этим требованиям за счет использования в ней UPS-технологии с полным двойным преобразованием энергии без значительных потерь во время простоя, которые имеют место при применении традиционных DRUPS-систем или систем с маховыми колесами. Система Air-DRUPS™ позволяет получить значение PUE меньше 1,3 для всего сооружения даже при падении нагрузки до 25 %. Это даст возможность операторам информационного центра подать заявку на получение сертификата Lead или Breeam задолго до того, как здание будет пущено в эксплуатацию. При про-

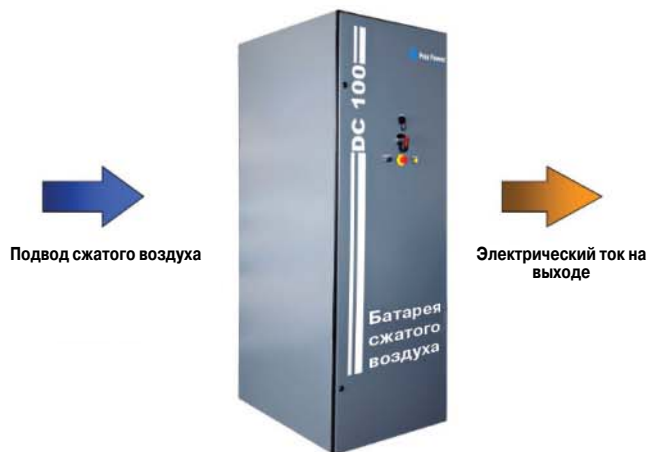


Рис. 8. DC100 (батарея сжатого воздуха)



Рис. 9. Батарея сжатого воздуха DC100, внутренний вид



Рис. 9. Обозначения узлов DC100:

1 — конденсаторы очень большой емкости; 2 — электроника управления; 3 — генераторы со спиральными расширителями; 4 — выпускные камеры; 5 — пневматическое оборудование системы управления

ектировании системы Air-DRUPS™ был использован модульный принцип, за счет чего система обладает резервированием, свойственным подобной компоновке системы. Если необходимо, то для экономии энергии UPS-системы с малыми нагрузками можно получать команды для перехода в «спящий» режим. Система UPS информационного центра будет работать при нагрузке меньше 50 % за счет дополнительного резервирования. Фактически мощность UPS может быть увеличена за счет будущего расширения с помощью дополнительных модулей; такой подход использования силового оборудования с избыточной мощностью является самым консервативным решением для защиты источников энергоснабжения. Система DRUPS, работающая при 50 %-ной нагрузке, не обеспечивает высокую эффективность, потому что имеют место большие потери в подшипниках и потери на преобразование энергии, несмотря на величину нагрузки. Система Air-DRUPS™ значительно эффективнее в этом рабочем диапазоне по сравнению с эквивалентной системой DRUPS, поскольку в ней нет никаких движущихся блоков и используется самая современная и эффективная UPS-технология двойного преобразования энергии (рис. 6 и 7).

Система кондиционирования воздуха обычно не присоединяется к UPS-системе. Поэтому она может отключаться на короткий период (вплоть до одной минуты), после того как потребляемая инженерными сетями и оборудованием мощность упадет. После запуска генератора, система кондиционирования снова начнет работать. В течение этого периода система Air-DRUPS™ производит холодный воздух, так как сжатый воздух будет проходить через спиральные детандеры генераторов, и пока не запустится снова система кондиционирования этот холодный воздух может подаваться по воздуховодам в помещения центра прямо или через теплообменник для охлаждения информационного центра. В системе с мощностью 1 МВт подача холодного воздуха для работы спиральных детандеров потребует нагрузку примерно в 1 МВт.

РЕГУЛИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ И УПРАВЛЕНИЕ

Известно, что информационные центры испытывают дефицит энергии, потому что стоки с серверами

потребляют более 15 кВт мощности и суммарная нагрузка быстро превышает 1 МВт. Для удовлетворения потребностей рынка Pnu Power разработала батареи DC100 и DC200 (рис. 8 — 10), в которых используются генераторы со спиральными детандерами, полностью модернизированными для длительной работы (более 4 ч) в соответствии с требованиями рынков телекоммуникационных и инженерных систем и оборудования зданий. Блок мощностью 100 кВт скомпонован из предназначенных для зданий четырех отдельных блоков мощностью 25 кВт со своими собственными электронными и пневматическими системами управления для обеспечения резервирования. Переменный ток после генераторов с постоянными магнитами выпрямляется и преобразуется в постоянный ток, а датчик тока регистрирует уровень тока для точного определения и распределения нагрузок. Система обеспечивает распределение активных и последующих нагрузок. В случае отсоединения какого-то генератора, оставшиеся генераторы будут реагировать на это, обеспечивая дополнительную нагрузку, при условии наличия резервной мощности.

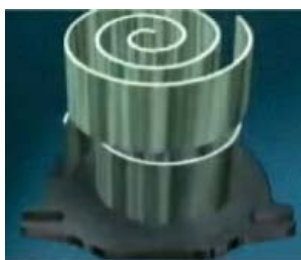


Рис. 11. Спиральный детандер

СПИРАЛЬНЫЙ ДЕТАНДЕР — ОСНОВА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ

«Сердцем» UPS-системы со сжатым воздухом является спиральный детандер. Это сложное механическое устройство оригинальной конструкции, которая основана на конструкции традиционных винтовых

компрессоров. Основное различие состоит в том, что детандер вращается, когда поступает сжатый воздух (рис. 11). Это вращение преобразуется в электрическую мощность с помощью генератора.

Время реагирования. При падении мощности переменного тока в инженерных системах здания любое прерывание подачи тока в важное оборудование, от которого зависит работа этих систем, недопустимо.

Суммарные характеристики

Критерий	DRUPS и E-DRUPS	Air-DRUPS™
Деградация	• постоянное вращение • износ подшипников	• система стационарная в периоды резервирования, нет ухудшения параметров • ухудшение параметров во время работы • минимум 30 с, больше при наличии дополнительных цилиндров
Время резервирования	• обычно генератор должен запускаться в течение 15 с	• минимум 30 с, больше при наличии дополнительных цилиндров
Техническое обслуживание	• большой объем • регулярная проверка системы • полный капитальный ремонт всей системы каждые семь лет • может потребоваться демонтаж для ремонта на заводе и повторная установка	• малый объем • ежегодный контроль • повторная сертификация цилиндров каждые 10 лет • фильтры и приводные ремни компрессора каждые пять лет

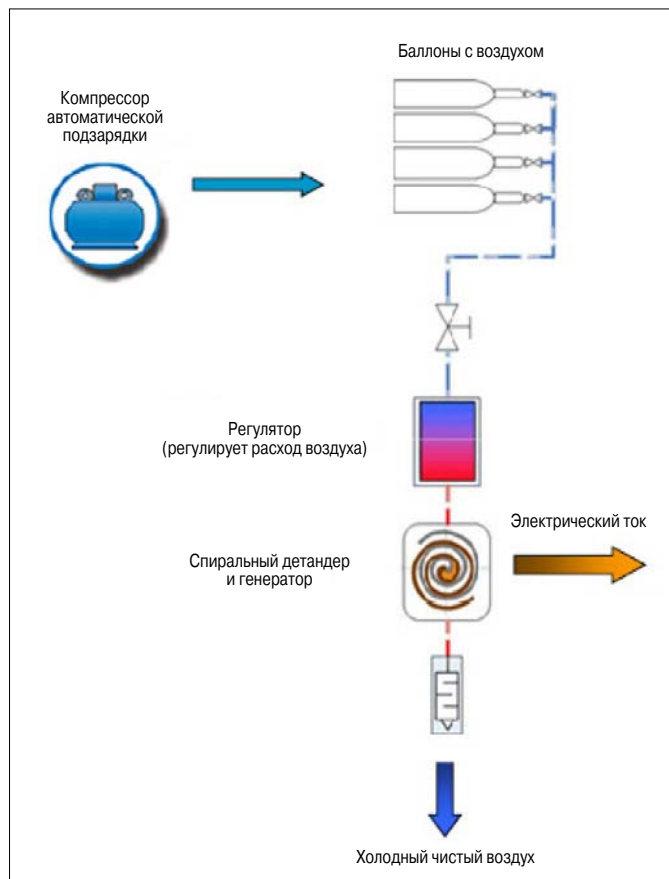


Рис. 12. Схема UPS-системы со сжатым воздухом

В пределах менее чем 1 мс посылается сигнал в воздушный клапан для подачи высокоскоростного потока воздуха для открытия и создания повышенного давления в спиральном детандере, при вращении которого происходит раскрутка генератора и генерируется постоянный ток. Частота вращения детандера изменяется путем регулирования давления, которое в свою очередь регулирует шину постоянного тока для баланса генерируемой и потребляемой мощности. Генератор запускается менее чем за 50 мс, и полностью разгоняется для требуемой частоты вращения за 200 мс. Однако прерывания этого процесса даже на очень короткий промежуток времени достаточно, чтобы вывести из строя чувствительные электронные элементы, поэтому к шине постоянного тока подключена электрическая емкость для поддержания напряжения на выходе, пока спиральный детандер не разгонится до требуемой частоты вращения. В блоках DC100 и DC200 используются конденсаторы очень большой емкости, потому что они могут аккумулировать большое количество энергии и имеют очень малые потери в режиме простоя. Оборудование работает вместе, чтобы обеспечить резервную мощность без прерывов. Гирлянда конденсаторов большой емкости, предназначенная для шины переменного тока напряжением 525 В, потребляет менее 2,5 Вт мощности в режиме простоя. Это меньше, чем потребляет гирлянда



Рис. 13. Общепринятые испытания для выдачи гарантии

аккумуляторных батарей или гирлянда электролитических конденсаторов.

Управляющая электроника. Имеющаяся в наличии электроника не подходит для подобного применения, поэтому был отдельно разработан блок управления с графическим интерфейсом пользователя. В этом блоке управления используется чип микропроцессора для реагирования на потерю мощности и открытия необходимых клапанов и регуляторов, а также для контроля давления воздуха; он может быть настроен для прогнозирования доступного времени резервирования.



Рис. 14. Национальная энергетическая система Великобритании, подстанция в Кэпенхерсте



Рис. 15. Климатическая камера

Блок самодиагностики постоянно проверяет систему, чтобы удостовериться в ее готовности реагировать.

Безопасность и сертификация. Первоначально была разработана батарея баллонов сжатого воздуха для получения резервной мощности на подстанциях высокого напряжения. До установки этого оборудования на таких подстанциях необходима оценка и испытания его сторонними организациями. Национальная энергосистема Великобритании, как и большинство энергосистем в разных странах мира, требуют, чтобы устанавливаемое на подстанциях оборудование регистрировалось с сертификацией по программе Achilles. При этом перед установкой оборудования на подстанциях должен использоваться последовательный метод проведения испытаний оборудования в заводских условиях и окончательных полевых испытаний.

ИСПЫТАНИЯ И ОЦЕНКА

Перед разворачиванием, чтобы гарантировать в случае необходимости обеспечение требуемой нагрузки, было проведено более 30 000 испытаний систем.

Неблагоприятные внешние условия. Много установок PnuPower было смонтировано снаружи, по этой причине на них могли влиять неблагоприятные внешние условия, поскольку внешние условия эксплуатации оборудования энергосистемы США более суровые по сравнению с условиями в Великобритании. В связи с



Рис. 16. Национальная энергосистема США, подстанция в Баррингтоне

этим возникла необходимость испытать UPS-систему со сжатым воздухом в таких условиях. Одним из достоинств системы является то, что она может устанавливаться снаружи, что устраняет необходимость использования дорогостоящих укрытий и/или установки в зданиях.

С учетом этого каждый блок подвергался испытаниям в климатической камере при температурах $+50^{\circ}\text{C}$ и -40°C в течение нескольких недель. Система имела очень малые потери во время простоев (около 30 Вт), при этом отмечалось очень небольшое самонагревание. Для блоков, работающих при температурах ниже -20°C , внутрь шкафа с оборудованием дополнительно устанавливали небольшой нагреватель с терморегулятором для гарантии надежной работы.

Надежность и обслуживание. За счет использования элементов пневмосистемы, таких как клапаны, изготовленных из самой лучшей нержавеющей стали, и того что во время простоя вращающиеся узлы системы оставались неподвижными, обеспечивалась высокая надежность системы. В результате износ происходил только при работе системы, что обычно составляло менее 1 ч/год. Объем работ технического обслуживания системы был минимальным; требовались только ежегодная визуальная проверка группы клапанов и испытания предохранительного клапана. Проверка воздушных баллонов (повторная сертификация) производится раз в десять лет, а если установлен компрессор, то его техническое обслуживание должно производиться в соответствии с инструкцией, в которой обычно требуется проверка приводных ремней через каждые 200 ч работы и испытания под давлением для проверки КПД через каждые 1000 ч работы. Это при нормальной эксплуатации подстанции будет соответствовать проверке через каждые 5–10 лет в зависимости от числа перебоев подачи электроэнергии.

СУММАРНЫЕ ИЗДЕРЖКИ ВЛАДЕЛЬЦА

Система без аккумуляторных батарей позволяет уменьшить число проверок вдвое и устраняет необходимость замены батарей каждые пять-семь лет. На многих более старых подстанциях для работы системы используются аккумуляторы с жидким электролитом, что требует значительно большего объема технического обслуживания и специального оборудования для контроля водорода, для крепления к полу и мест для промывки глаз. Все это можно исключить при использовании системы со сжатым воздухом, оборудование которой может быть установлено снаружи, что позволяет освободить место в помещении для другого необходимого инструментария. В системах с большими вращающимися узлами, в случае их постоянного вращения, часто требуется замена подшипников, что во многих случаях не может быть произведено на подстанции из-за необходимой остановки оборудования. В конструкциях с вращающимися (на высоких скоростях)

маховыми колесами принято использовать полностью или частично выступающие узлы. В них имеются вакуумные системы для поддержания вакуума с целью уменьшения потерь из-за сопротивления воздуха при высоких скоростях вращения. Эти системы часто сложные, их техническое обслуживание достаточно дорогое. Система Air-DRUPS™ является стационарной, во время простоя вращения не производится. Поэтому не требуется более нескольких ватт мощности для поддержания системы в рабочем состоянии. Для уменьшения потребления мощности до нуля в течение дня предлагается использовать фотоэлектрический вариант.

Дополнительную информацию можно получить на сайте: www.pnu-power.com

Источник: *Energetix Group (Pnu Power)*

A. Goodwin (Э. Гудвин), Energetix Group (Pnu Power), Кэпенхерст, Великобритания. Связаться с автором статьи г-ном Goodwin можно по адресу: Andrew.Goodwin@energetixgroup.com.

J. Derby (Дж. Дерби), Energetix Group, Кэпенхерст, Великобритания. Связаться с автором статьи г-ном Derby можно по адресу: James.Derby@energetixgroup.com.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. S. Derk, «Compressed Air Energy Storage in an Electricity System with Significant Wind Power Generation», *Energy Conversion, IEEE Transaction on*, vol. 22, pp. 95 – 102, 2007.

2. R. B. Schainker and M. Nakhamkin, «Compressed – Air Energy Storage (CAES): Overview, Performance and Cost Data for 25MW to 220MW Plants», *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. PAS-104, pp. 790 – 795, 1985.

3. P. C. Symons, «Opportunities for energy storage in stressed electricity supply systems», presented at Power Engineering Society Summer Meeting, 2001. IEEE, 2001.

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ВСТРЕЧА МИНИСТРА ЭНЕРГЕТИКИ РФ С. И. ШМАТКО С ПРЕДСЕДАТЕЛЕМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КОМИССИИ ВК НПК СК КНР Ч. ГАБАО

7 августа 2011 г. в Москве состоялась встреча Министра энергетики РФ С. И. Шматко с председателем экономической комиссии ВК НПК СК Китайской Народной Республики Ч. Габао. На встрече присутствовали представители государственных ведомств двух стран.

Стороны обсудили развитие сотрудничества РФ и КНР в области ТЭК. Г-н Шматко отметил особую важность российско-китайского договора о соседстве, дружбе и сотрудничестве и необходимость развивать отношения долгосрочного стратегиче-

ского партнерства в энергетической сфере на основе взаимной выгоды.

«Мы можем гордиться успешной реализацией проекта поставок российской нефти в Китай, которые идут бесперебойно», — отметил Министр. Для более эффективной работы стороны обязались разработать дополнительные механизмы мониторинга и анализа потенциальных рисков и способы их устранения.

Китайская сторона выразила заинтересованность в приобретении российского газа и надежду на новый уровень переговоров.

Глава Минэнерго выразил удовлетворение по поводу сотрудничества в угольной отрасли и добавил, что у сторон хорошие перспективы в области возобновляемых источников энергии.

Председатель экономической комиссии ВК НПК СК Китайской Народной Республики Ч. Габао, в свою очередь, отметил, что КНР готова сотрудничать не только в области купли-продажи угля, но и участвовать в проектах по развитию угольной промышленности в целом.



Строительство олимпийских объектов в Сочи



Министр энергетики РФ С.И. Шматко

ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Энергобезопасность и изменение климата — две важнейшие проблемы современности, однако обсуждение этих тем не приносит результатов. На выставке Offshore Europe была предпринята смелая попытка свести обсуждение этих вопросов в открытой дискуссии

Разговор состоялся на открытых дебатах «Энергия на перепутье» в рамках выставки Offshore Europe, проходившей 9 сентября 2010 г. в Абердине (рис. 1), и был посвящен тому, как в дальнесрочной перспективе одновременно управлять изменениями климата и источниками энергии на основе зависимости от ископаемого топлива на многие предстоящие годы.

В состав совета входили министр энергетики Великобритании лорд Hunt и Connie Hedegaard, которая не только является министром по делам климата и энергетики Дании, но и основным организатором климатического саммита, проходившего в Копенгагене в декабре 2009 г., продвигающего серьезное мировое соглашение по сокращению выбросов углерода.

Нефтяные компании представляли Thomas Thune Anderson (до августа 2009 г. занимавший пост генерального директора Maersk Oil и председателя Offshore Europe), президент и генеральный директор Talisman Energy John Manzoni и президент и генеральный директор Schlumberger Andrew Gould.

В ходе беседы рассматривался вопрос о том, должны ли старые нефтяные скважины учитываться с точки зрения выбросов углекислого газа, связанных с добычей углеводородов, если это означает прекращение их жизнеспособности. Кроме того, должны ли нефтяные компании принимать участие в использовании возобновляемых энергоносителей улавливания углерода.

Thomas Thune Anderson открыл конференцию, заявив, что на предыдущей выставке Offshore Europe в 2007 г. было недостаточно нефтяников, участников, и возможно, недостаточно идей. «Оглянувшись на те годы, мы увидим, что это было время больших перемен, от технологий до способов ведения бизнеса и нашего партнерства», — сказал он. — Мы на-



Рис. 1. Открытые дебаты на мероприятии «Offshore Europe»

звали эту конференцию энергией на перепутье — временем выбора».

Поиск способов решения проблем станет основным, и надеюсь, стоящим занятием. «Но если эта конференция принесет богатые плоды, то люди станут любить свою работу больше, чем раньше», — добавил г-н Anderson. По мнению министра Великобритании по делам энергетики и изменений климата лорда Hunt, нефтяная и газовая промышленность не расходятся с планами правительства, касающимися перехода к новым формам энергии, поскольку огромная потребность в газе и нефти будет сохраняться.

«Нефть и газ могут и должны сосуществовать с низкоуглеродистыми источниками», — заявил он. — Без них мы не смогли бы жить. Они обеспечивают нам пространство для разработки новых технологий и рынков».

«Я считаю, что максимально эффективное использование запасов целиком соответствует нашим интересам».

«Нефть и газ дают три четверти всей энергии, и до 2020 г. мы не ожидаем значительных изменений. Ваша отрасль обеспечивает работой почти полмиллиона англичан и вно-

сит огромный вклад как налогоплательщик», — отметил лорд Hunt. Тем не менее, в конечном счете «переход к низкоуглеродистой промышленности неизбежен».

Несмотря на это лорд Hunt подчеркнул важность незамедлительных мер по изменению климата. «До сих пор никто не опроверг мнения лорда Stern о том, что чем дольше мы откладываем такой переход, тем дороже он обойдется», — сказал он.



Рис. 2. «Даже если бы мы не пережили климатический кризис, нам все равно пришлось бы диверсифицировать источники энергии», отметила на мероприятии министр по делам климата и энергетики Дании Connie Hedegaard



Рис. 3. Thomas Thune Anderson, до августа 2009 г. генеральный директор Maersk Oil и председатель Offshore Europe (слева); президент и генеральный директор Talisman Energy John Manzoni (справа)

КОПЕНГАГЕН

Министр по делам климата и энергетики Дании Connie Hedegaard подчеркнула, что, несмотря на значимость нефти и газа, «они не будут так важны в этом веке, как в предыдущем».

И это было бы правильно даже без учета проблем экологии. «Даже если бы мы не переживали климатический кризис, нам все равно пришлось бы диверсифицировать источники энергии, — сказала она. — Никто из присутствующих не станет спорить с тем, что серьезные проблемы обеспечения уже не за горами. Если продолжать в том же духе, то к 2030 г. нам потребуется еще шесть Саудовских Аравий».

Госпожа Hedegaard пыталась доказать, что лучший финансовый путь для нефтяных компаний лежит через принятие климатических изменений. Она отметила, что компании могут выбирать между «отказаться и отсрочить» или «признать реальность и заняться ей». Но по ее прогнозам в долгосрочной перспективе откладывающие и отказывающиеся компании «заметят снижение доходов».

По ее утверждению, руководители нефтяных и газовых компаний должны обратить внимание на то, что происходит в Копенгагене, не только потому, что простые люди заинтере-

сованы в будущем планеты, но и потому что это выгодно для бизнеса.

«Я уверена, что принявшие эту программу преуспеют больше других». Г-жа Hedegaard упомянула о множестве голосов, высказанных в пользу того, чтобы отложить меры по изменению климата, которые необходимо отвергнуть. Мир уже достаточно ждал и мы уже довольно давно дискутируем. У нас есть уникальная возможность действовать прямо сейчас. Чем дольше мы откладываем, тем большей опасности подвергается бизнес».

Г-жа Hedegaard сказала, что рада появлению в ряде стран руководителей, более дружелюбно настроенных по отношению к идее решения проблемы эмиссии. К ним относятся США, Австралия, Япония, Бразилия, ЮАР и Южная Корея. Она заметила, что формальные переговоры по-прежнему вводят в заблуждение множество людей, придерживающихся тех же совещательных позиций, что и 10 лет назад. Серьезное беспокойство вызывает то, сколько сможет сделать президент США Обама, а также будут ли получены обязательства от Китая.

«Я полагаю, что для правительства, решившего приехать в Копенгаген, но не выступить здесь, политическая цена будет очень высока, — сказала она. — Если вы спро-

сите, есть ли у меня стопроцентная уверенность в успехе, то я не дам таких гарантий».

«У меня совсем нет плана «Б». Как только появляется план «Б», людям предоставляется выход из положения. Мы должны принять непростое решение».

Andrew Gould из Schlumberger сказал, что его заинтересовал не копенгагенский саммит как таковой, а то, как впоследствии будут реализованы принятые решения. «Любое соглашение вне Копенгагена будет компромиссом. Оно сводится к трактовке отдельными государствами того, как они используют Копенгаген. Все намного сложнее», — считает он. Andrew Gould добавил, что Лиссабонская Конвенция (ЕС-2007), например, была «полна намерений, но не имела поддержки присоединившихся к ней государств-участников».

НЕФТЯНЫЕ КОМПАНИИ В ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Если Копенгагенский саммит станет причиной заключения ряда «многообещающих» соглашений, то по прогнозам Connie Hedegaard появится крупный развивающийся рынок морских возобновляемых источников энергии, на который должны обратить внимание нефтяные и газовые компании. «Ваш опыт можно



Рис. 4. «Нефть и газ могут и должны сосуществовать с низкоуглеродистыми источниками. Без них мы не смогли бы жить. Они обеспечивают нам пространство для разработки новых технологий и рынков», — отметил министр энергетики Великобритании лорд Hunt

было бы применить для использования береговых ветров и волн».

Генеральный директор Schlumberger Andrew Gould заявил, что «не уверен в правильности призывов политиков по поводу присоединения нефтяных и газовых компаний к возобновляемой энергетике. «Рокфеллер вышел не из китобоев. Я сомневаюсь в том, что наши компетенции будут востребованы. Но мы, безусловно, можем внести свой вклад».

Thomas Thune Anderson (рис. 3) признал, что практический опыт нефтяных и газовых компаний не вполне подходит для возобновляемой энергетике. «Существует множество областей, в которых добывающим компаниям отводится значимая роль. Мы не можем запросто сказать, что мы в возобновляемой энергетике», — заявил он.

Лорд Hunt отметил, что, несмотря на утверждение о том, что нефтяные и газовые компании не обязательно должны войти в возобновляемую энергетику, Andrew Gould из Schlumberger все же перешел к убедительной аргументации в пользу роли промышленности по улавливанию и хранению углерода. «Это был замечательный пример переносимости нашего опыта, — сказал он. — А проведение подводных операций — именно тот опыт, который мы хотим получить».

НЕБОЛЬШИЕ КОМПАНИИ

На мероприятии состоялся разговор о том, становится ли Северное море зависимым от мелких нефтяных и газовых компаний, и поощряет ли это правительство Великобритании. Лорд Hunt заявил, что правительство не собирается диктовать, какие компании должны вести деятельность на континентальном шельфе Великобритании. Единственное хотелось бы только гарантировать должную поддержку любому игроку.

Thomas Thune Anderson сказал, что мелкие компании зачастую имеют особую направленность, например, они хорошо владеют определенными технологиями или хорошо следят за конкретными геологическими объектами. Но опасность состоит в том,



Рис. 5. «Я всегда поражался способности небольших компаний использовать идеи», — говорит генеральный директор Schlumberger Andrew Gould

что они не имеют широких познаний, необходимых чтобы справиться с тем, что может случиться.

«Я всегда поражался способности мелких игроков к использованию идей профессионалов, как только они стартуют, а их фантазии истощаются, — отметил Thomas Thune Anderson. — Компании находили огромные залежи углеводородов на площадях, которые на протяжении многих лет отбирались старшими и опытными специалистами. Но Северное море — чрезвычайно сложный для разработки регион. Мелкому игроку непросто было бы так быстро освоиться в этом месте».

ЭМИССИЯ ОТ СТАРЫХ СКВАЖИН

John Manzoni из Talisman отметил, что для добычи нефти на старых месторождениях Северного моря требуется больше энергии. Если на них придется платить сбор за выбросы углекислого газа, то продолжение разработки будет нерентабельным. Он заявил, что это может привести к тому, что 900 млн брл нефти, которые при других обстоятельствах можно было бы добыть, останутся в земле.

«Вам следует совместить задачи максимизации энергоресурсов и примирить их с климатом. Необходимо определить разумное соотношение этих целей», — отметил John Manzoni.

Он известил о том, что мы можем прекратить «передачу своих выбросов развивающимся странам». Например, если запад покончит с более жестким по сравнению с развивающимися странами контролем над выбросами, то промышленная активность просто перейдет туда.

Andrew Gould из Schlumberger сказал, что по отношению к старым месторождениям было бы правильным разрешить добычу последних баррелей нефти (даже если на это потребуется много энергии) и сделать для них некоторые исключения из правил на выбросы углерода. «При этом должны учитываться все обстоятельства», — сказал он.

Лорд Hunt заявил, что если копенгагенское соглашение — это «то, чего мы хотим», то в 2013 г. можно ожидать повышения стоимости выбросов углекислого газа. Нужно затянуть пояс».

«Я не собираюсь прогнозировать цены на углерод, — сказал лорд Hunt. — Мы не считаем определение цен задачей правительства. Это относится, скорее всего, к первой неопределенной фазе. Но если Копенгаген полезен, то Европа может решиться на более сложную задачу, что должно повлиять на цену выбросов углерода».

«У меня нет ответа на вопрос о старых месторождениях. Это то, что мы должны обсудить. Нам нужен режим устойчивого регулирования, но обладающий определенной гибкостью».

Лорд Hunt подчеркнул, что не за чем пытаться ограничивать выбросы углерода, а затем прибегать к отговоркам. «Используемый нами механизм состоит в том, чтобы углерод имел цену, а стимулы работали в правильном направлении. Иногда существует напряженность, и если мы повысим требования на 30 %, то это будет иметь ряд последствий. Есть и плюсы, и минусы», — сказал он.

Тем не менее «мы знаем, что в течение долгих лет мы будем опираться на нефть и газ, и должны быть уверены в правильности правил и стимулов».

Thomas Thune Anderson отметил, что самое важное — сокращать общие выбросы углекислого газа от про-

мышленной деятельности, а там, где они есть, следить за тем, какие «преимущества» компании получают взамен. Этот вопрос обсуждался среди специалистов Maersk Oil. «Я бы хотел, чтобы эта дискуссия продолжилась. Посмотрим, что мы сможем изменить», — сказал он.

Andrew Gould спросили, как контроль над выбросами углекислого газа может повлиять на деятельность Schlumberger в нефтяной и газовой промышленности. «Максимальные выбросы возникают при гидравлических разрывах», — ответил он. — Мы могли бы сделать их электрическими, но это бы не помогло».

Президент Oil and Gas UK Malcolm Webb отметил, что по данным нефтяной и газовой промышленности в результате контроля над выбросами углерода не было добыто 900 млн брл нефти, которые при других обстоятельствах могли бы быть извлечены. Однако эта цифра не совпадает с результатами расчетов правительства Великобритании.

ИНДИЯ И КИТАЙ

Не вполне понятно, каким образом можно привлечь Индию и Китай к сокращению выбросов, когда единственное, что они могут извлечь из этого — более медленный путь к индустриализации.

«В диалогах с Индией и Китаем мы были очень активны. Они представляют себе ответственность развивающейся экономики за выбросы парниковых газов», — сказал лорд Hunt. — И их правительства уже тоже сталкиваются с серьезными экологическими проблемами».

«Я думаю, что достижение разумного решения вероятно, но все упирается в деньги. Соглашение возможно, но будет ли оно жестким или превратится в приведение к наименьшему общему знаменателю».

УЛАВЛИВАНИЕ УГЛЕРОДА

Одна из областей, благодаря которой Schlumberger предполагает



Рис. 6 Министр по делам климата и энергетики Дании Connie Hedegaard и министр энергетики Великобритании лорд Hunt

внести большой вклад в сокращение выбросов — оказание помощи в хранении углекислого газа.

Проблемы улавливания углерода, по-прежнему требующие разрешения, включают следующее:

- прояснение основы регулирования;
- определение, кто будет отвечать за места захоронения и примет на себя долгосрочные обязательства;
- создание финансовых стимулов этой деятельности.

Но Andrew Gould сказал, что «мы сохраняем оптимизм в том, что справимся с улавливанием и хранением углерода». Он заявил, что технология улавливания и хранения углерода «понятна», но существует огромная проблема транспортировки.

Одно из европейских предприятий планирует транспортировать углекислый газ на 200 км. При наличии трубопровода это не создало бы проблем. Но в США основные потребители электроэнергии живут на востоке, а хранилище углекислого газа расположено в Скалистых горах. Вам пришлось бы везти его на поезде».

Andrew Gould сказал, что Schlumberger ведет множество переговоров с эксплуатирующими организациями (энергетическими компаниями), в частности в США и Австралии, но не с нефтяными компаниями по вопросам улавливания и хранения углерода.

Выбросы углекислого газа не единственная проблема, с которой сталкиваются нефтяные и газовые компании. По словам Andrew Gould, будут расти объемы выбросов сероводорода, поскольку он содержится в 60 % ближневосточных запасов.

Лорд Hunt отметил, что Великобритания намерена «в течение ближайших лет» разработать четыре промышленных проекта по улавливанию и хранению углерода, которые позволят получить в 2020 г. независимую оценку технологии. Это может привести к переоборудованию

всех существующих электростанций и оснащению их средствами улавливания и хранения углерода, а также потребует установки такого оборудования на всех новых электростанциях. Он сказал, что программа не обязательно будет ограничиваться только углем, а может использоваться и на газозлектростанциях. «Мы считаем это жизненно важным. Многие из присутствующих задумаются о мощностях для захоронения углерода (carbon capture storage — CCS)», — отметил Hunt.

John Manzoni из Talisman отметил, что на его родине в Канаде «для захоронения углерода, выделяющегося при обогащении, точно нужно CCS, но их сооружение требует развития технологии. В результате поднимутся цены. Но я считаю это совершенно необходимым».

Thomas Thune Anderson сказал, что, по его мнению, улавливание и хранение углерода осуществится. Наибольшее опасение у него вызывает то, что давление, оказываемое на правительство некоторыми экологическими группами, не содействует улавливанию углерода, а служит поводом к отмене других мер, и достигает успехов.

Он сказал, что вкладом нефтяной и газовой промышленности должны стать ее возможности по обращению с углекислым газом.

Источник: *Digital Energy Journal*

PROCESS

ENGINEERING ASSOCIATES, LLC

"Excellence in Applied Chemical Engineering"

ИЩЕМ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ В РОССИИ



2010 – ЕЩЕ ОДИН РЕКОРДНЫЙ ГОД ДЛЯ PROCESS

Даже в трудные времена экономического кризиса компания PROCESS продолжала свое развитие, хотя и осуществляла продажи по сниженным ценам. Благодаря созданию надежной и постоянно расширяющейся клиентской базы и квалифицированным специалистам компания приобрела большое число новых клиентов. В 2010 г. показатель ежегодных продаж PROCESS был увеличен на 8 %. По сравнению с данными 2009 – 2010 гг. показатель ежегодного объема продаж увеличился на 20 %. Аналитики компании объясняют этот факт высоким качеством выполнения работ и эффективностью, в сочетании с гибкостью при эффективной реализации небольших проектов.

Анализ по отделениям компании за 2010 г. показал, что:

- в восточном региональном отделении в Пенсильвании (Our Eastern Regional Office in Pennsylvania) численность квалифицированного персонала и соответствующих отделов была увеличена в четыре раза;
- штаб-квартиры компании PROCESS в шт. Теннесси расширили численность сотрудников в отделении на 40 % с учетом перспективного роста;
- PROCESS пополнила список клиентов новыми компаниями, такими как Honeywell Specialty Materials, Materion, Inc. (Brush Wellman), James Hardie Research, USA, Energy Solutions, Inc. и многими другими.

Компания PROCESS готова обеспечить своих клиентов преимуществами промышленного развития. Специалисты взяли на себя обязательства улучшать технологии и разработки и оптимизировать экономику. Поскольку отрасль постоянно находится в процессе модернизации, нашим клиентам будут необходимы изменения. Мы всегда готовы к эффективному выполнению работ и новым предложениям, что позволит

нашим клиентам воспользоваться конкурентными преимуществами в полной мере.

ПОСЛЕДНИЕ ПРОЕКТЫ PROCESS

Разработка процесса удаления бензола в соответствии с требованиями MSAT. Этот проект PROCESS разработала для независимой компании по переработке

нефти. Для того чтобы удовлетворить требованиям программы MSAT (Mobile Source Air Toxics) и нормам Агентства по охране окружающей среды (Environmental Protection Agency – EPA), которые ограничивают содержание бензола в бензине, который при сжигании способствует загрязнению атмосферы токсичными веществами, переработчик должен был разместить на НПЗ новые установки и/или модернизировать существующие процессы (с целью удовлетворения нормам

годового среднего содержания бензола в бензине в 0,6 об. %). Компания PROCESS заключила контракт на обеспечение технологической разработки процессов, которая включала следующее.

- Изучение жизнеспособных технологий сокращения концентрации бензола в бензине и связанных с ними изменений конфигурации перерабатывающего завода.
- Изучение базового баланса компонентов бензина с целью выявления основных источников бензола.
- Оценка стратегий и выбор (в общей сложности из девяти основных технологий сокращения концентрации бензола) оптимальных технологий, в процессе которой предпочтение было отдано следующим процессам: изомеризации, насыщению, алкилированию и фракционированию.

Компания PROCESS смоделировала каждый из возможных вариантов и схематически разработала



течение процесса. Для каждого случая новые операционные требования сравнивали с потенциалом существующего оборудования с целью выявления узких мест, модификации существующего оборудования, а также разработки новых требований к оборудованию. Затем полученные результаты обобщались, и составлялась предварительная смета расходов. Также проводилась оценка используемого катализатора и моделей процессов; смета расходов составлялась для пяти альтернативных вариантов. Суммарные расходы, связанные с модернизацией, и окончательный баланс предоставляли клиенту. Выбиралась окончательная конфигурация, которая включала реконструкцию существующих на НПЗ производственных линий, размещение новой установки по отделению нефти, реконструкцию существующей установки изомеризации и т.д. Затем компания PROCESS разрабатывала окончательный вариант проекта модернизации в соответствии с выбранной схемой.



Проект расширения завода по производству пищевых растительных масел. Компания PROCESS заключила контракт с FDA/cGMP, контролирующими заводы по производству различных пищевых растительных масел, на подготовку чертежей системы трубопроводов и оборудования (piping and instrumentation diagrams — P&ID) для основных промышленных и инженерных установок по производству тепла и продукции, а также схем технологических процессов (process flow diagrams — PFD) для основных промышленных установок и расчет баланса по основным установкам. Компания PROCESS учла и схематически изобразила все промышленные установки и оборудование, включая дезодораторы, реакторы эстерификации, установки гидрирования, установки обесцвечивания, резервуарный парк с системами отгрузки и все вспомогательные системы, включая установки получения пара, охлаждения и нагревания воды, получения азота и водорода, очистки питьевой воды и систему для получения сжатого воздуха.



PROCESS также моделировала каждый из существующих процессов с использованием систем CHEMCAD и MS Excel для разработки основных PFD. Подготовка и разработка P&ID и PFD стало первым важным шагом для создания инфраструктуры с целью управления изменениями и заложения основы

для масштабного расширения завода. В настоящее время компания PROCESS работает по контракту на разработку технологических процессов с целью расширения.

Проект разработки предварительного опытно-промышленного процесса производства каучука, альтернативного натуральному. Компания PROCESS подписала контракт с исследовательской группой одного из университетов США с целью оказания помощи в рамках проекта разработки процесса производства альтернативного каучука из корней одуванчика. Целью проекта является уменьшение зависимости США от импорта природного каучука, в основном из Юго-Восточной Азии, который используется для производства автомобильных шин. Хотя военные разработчики уже проводили исследовательские работы в течение 1940-х годов, исследователи стремились воссоздать и улучшить процесс в лабораторном масштабе. Компания PROCESS использовала суммированную информацию для разработки определенных ключевых операций, необходимых для проведения дальнейших лабораторных исследований, разработки моделей, заготовки материалов, разработки энергетического баланса и сметы расходов на экспериментальные и промышленные объекты. Компания PROCESS работала в тесном контакте с исследователями, чтобы разрабатывать и оптимизировать уникальный обратный процесс экстракции с целью извлечения каучука из корней растений. Затем был разработан комплексный пакет процесса проектирования (HMB, PFD, P&ID, спецификаций оборудования и т.д.) для пилотной установки и проекта помощи клиентам на начальном этапе.



Технологии оценки пищевых ингредиентов и биопереработки. Компания PROCESS заключила контракт с компанией по разработке биотехнологий с целью разработки и реализации проекта получения сырья и технологии биопереработки конечной продукции. Все эти технологии были когда-либо разработаны или лицензированы клиентами. Этот клиент обладает технологиями для неразрушающей сепарации и производства белков, сахаров, крахмала, масла и целлюлозы из кукурузы. Компания PROCESS также заключила контракт на оценку возможности интеграции этих технологий на едином промышленном объекте.



Компании PROCESS, в частности, было поручено решить три основных задачи:

- разработать процессы, которые исследуются в настоящее время на экспериментальных площадках или в лабораториях;
- все процессы должны быть полномасштабными;
- могут ли исследуемые процессы быть расширены до промышленного производства.

Изучаемые технологии включали:

- неразрушающий метод разделения кукурузного масла, белка, крахмала и сахаров;
- процесс создания стабильного крахмала из регулярного крахмала;
- процесс непрерывной ферментации сахара в бутанол;
- процесс преобразования кукурузного белка в биопластик.

РАСШИРЕНИЕ ШТАТА ОТДЕЛА ЭКСПЕРТИЗЫ ДИСТИЛЛЯЦИОННЫХ КОЛОНН

В 2010 – 2011 гг. компания PROCESS пополнила свой штат квалифицированными специалистами с целью укрепить экспериментальную базу и расширить опыт. На руководящие должности были назначены Frank Hamilton (Фрэнк Гамильтон), старший инженер TN Office и Raymond M. (Ray) Sowiak (Реймонд М. Совиак) старший инженер PA Office.

Г-н **Hamilton** окончил Государственный политехнический институт и Государственный университет Виргинии со степенью бакалавра в области химии и имеет более чем 30-летний опыт работы в области разработки процессов, ввода в эксплуатацию мощностей, а также устранения неисправностей и расширения мощностей во многих областях, включая переработку нефти, сжижение природного газа и СПГ-терминалы, переработку газа, процессы контроля, динамическое моделирование, аварийную сигнализацию и других областях.

Г-н **Sowiak** окончил Университет шт. Делавэр со степенью бакалавра и имеет более чем 30-летний опыт работы в области разработки процессов дистилляции, переработки нефти, нефтехимии, моделирования и испытания ректификационных колонн и связанного с ними оборудования. На протяжении 15 лет г-н Sowiak также сотрудничал с Fractionation Research, Inc. (FRI), где он занимал различные должности.

Также, следует отметить новых сотрудников компании.



Г-н **Steven W. (Steve) Thompson** (С.У. Томпсон), старший инженер-технолог, инженер-химик (получил степень бакалавра в 1982 г. в Christian Brothers College) с более чем 27-летним опытом работы.

Г-н **J. Steven Miller** (С. Миллер), инженер-технолог, инженер-химик (получил степень бакалавра в 1985 г. в Lehigh University) с 25-летним опытом работы.

Г-н **Richard F. (Rick) Vogel** (Р.Ф. Вогел), старший инженер-технолог, инженер-химик (получил степень бакалавра в 1983 г. в Texas A&M University) с 24-летним опытом работы.

Г-жа **Maureen Linne** (Морин Линн), старший инженер-технолог, инженер-химик (получила степень бакалавра в 1978 г. в Pennsylvania State University) с 14-летним опытом работы.



Г-жа **Jennifer J. (Jenna) Quigley** (Дж. Дж. Квигли), старший инженер-технолог, инженер-химик (получила степень магистра в 1984 г. в University of Missouri – Rolla) с 27-летним опытом работы.

Компания PROCESS предлагает полный спектр услуг по разработке процессов и технологической безопасности клиентам по всему миру. Наши услуги включают в себя концептуальное проектирование процессов, технико-экономическое обоснование, инженерное проектирование, подготовку пакета «план-график», обучение безопасности, разработка программы по безопасности, аудит, выполнение оценки рисков, а также другие услуги, предназначенные для удовлетворения потребностей наших клиентов.

Process Engineering Associates, LLC

700 South Illinois Ave.
Suite A-202
Oak Ridge, TN 37830
Phone: (865) 220-8722
Fax: (865) 220-8729
www.ProcessEngr.com
info@processengr.com

Контакты в Москве

Тел/факс: (495) 670-74-81
borisova.ogt@mail.ru

СИСТЕМА УДАЛЕНИЯ CO₂ НА АММИАЧНЫХ УСТАНОВКАХ

Dr. M. P. Sukumaran Nair

Экономические показатели установок для производства водорода и аммиака в значительной степени зависят от эффективности и надежности систем, применяемых для удаления двуокиси углерода из газовых процессов. В течение последних тридцати лет при разработке технологических схем водородных и аммиачных установок получено несколько инновационных решений, использование которых привело к увеличению эффективности абсорбции, снижающей скопление двуокиси углерода порядка нескольких частей на миллион по объему (parts per million by volume — ppmv). Кроме того, добились снижения энергии при регенерации CO₂, уменьшения воздействия агрессивной коррозии в оборудовании установки, сокращения аварийных ситуаций в системах нетоксичных и не вредных для среды растворов, а также в аппаратах для активирования абсорбции, улучшения массопередачи через контактирование газ — жидкость и т.д. Эти разработки от простой промывки воды до горячих растворов в резервуарах с первичными и вторичными аминами на каждом последовательном этапе были результатом исследований, сконцентрированных вокруг специфических проблем или поиском лучших решений.

Наряду с решениями по абсорбции и ее характеристиками также важно учитывать конструкции колонн; их внутреннее заполнение, распределительные устройства для растворов и их перераспределители, объемная скорость растворов и т.д.

Представленная статья является попыткой проследить за ходом таких разработок и основана на исследованиях, направленных на достижение надежности, эффективности соответствующих процессов, на определение наилучших эксплуатационных практик, на выбор исследования модернизационных установок и предлагаемых методов для управления нестандартными ситуациями и системами оптимизации технического обслуживания установок и процессов.

ВВЕДЕНИЕ

Основным этапом процесса при проектировании аммиачной установки является отделение двуокиси углерода и аммиачного синтез-газа с соответствующими требованиями к производству мочевины. С тех пор как созданы технологические схемы аммиачных установок, они непрерывно совершенствуются в технологии удаления двуокиси углерода с концентраци-

ей внимания на выход газа, снижение расходования энергии и гарантией безопасности процессов с благоприятными экономическими показателями.

Доказанные технологии доступны для физических, химических и смешанных методов абсорбции двуокиси углерода из газовых процессов, которые обычно представляют собой смесь водорода, азота, небольшого количества одноокиси углерода, метана и аргона. Большинство установок физической адсорбции двуокиси связано с аммиачными установками, основанными на неполном окислении жидких топлив и угля; раствором физического абсорбента является метанол. Это позволяет использовать примеси в широком диапазоне, расходовать относительно мало энергии в сравнении с очисткой воды и аминов и, кроме того, газ выходит с установки почти сухим с требуемой чистотой. Процессы физической абсорбции основаны на том факте, что молекулы двуокиси углерода являются наиболее полярными в природе и регенерация достигается мгновенным испарением раствора. Для регенерации не требуется дополнительная энергия на входе в установку. Более поздние разработки технологии аммиачных процессов на основе природных газов и развитие новых технологий химической абсорбции для удаления двуокиси углерода способствовали вытеснению процессов физической абсорбции, которая казалась недостаточно привлекательной.

Применение химической абсорбции началось с промывки водой, предусмотренной в скруббере с растворами, содержащими горячий карбонат калия и первичные амины, затем с активированной смесью горячего карбоната калия и вторичных аминов, позднее использовали катализированные растворы третичных аминов. В широко распространенных системах химической абсорбции для удаления двуокиси углерода применяют неорганические и органические водные щелочные растворы. Они вступают в обратимую реакцию с CO₂ для образования бикарбонатов или легко разлагающихся продуктов мочевины с аминами.

С экономической точки зрения возможно использовать горячий карбонат калия, моноэтаноламин (monoethanolamine — MEA), диэтаноламинами (diethanolamine — DEA) или третичные амины.

Для удаления двуокиси углерода также применяют абсорбцию с колеблющимся давлением и процесс мембранного разделения. Даже сегодня это ограничено применением небольших объемов в более мощных

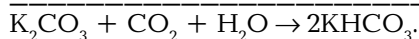
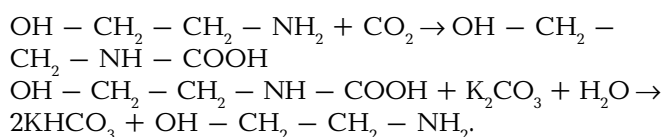
установках; применяют в комбинации с другими химическими и физико-химическими процессами адсорбции.

Планируются аммиачные установки с производительностью 3000 т/сут, продолжаются исследования идеальной среды для удаления двуокиси углерода, обладающей требуемой надежностью и удовлетворительными экономическими показателями.

Требования, предъявляемые к процессу, заключаются в легкой регенерации промывочной жидкости и ее повторном использовании; в более эффективной абсорбции двуокиси углерода из смеси газа при очень низком парциальном давлении; в более низкой температуре регенерации; в минимальных потерях при испарении и достижении полной регенерации двуокиси углерода.

МОНОЭТАНОЛАМИН

Моноэтаноламин является очень эффективным абсорбентом и имеет достаточно низкий остаточный CO_2 в выходящем газе. Образовавшийся карбонат в комплексе с мочевиной в дальнейшем реагирует с CO_2 и образует бикарбонат, который является весьма коррозионным.



Требования к регенерации тепла насыщенного раствора достаточно высокие и поскольку большая часть карбоната остается в растворе, газовая абсорбция на верхней ступени абсорбера ухудшается.

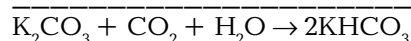
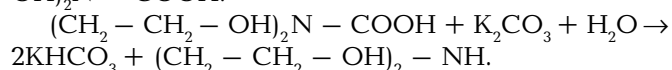
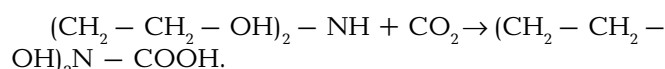
Моноэтаноламин также реагирует с двуокисью углерода для образования карбомата, который является высококоррозионным, откладывается в виде осадка в более горячей части ребойлера и регенератора. Чрезмерная загрузка амином, быстрое изменение в системе давления, температуры, скорости потока и высокая вязкость способствуют увеличению коррозии. Коррозия также возникает вследствие термической и химической деградации аминов, при этом образуются продукты, которые превращаются в необратимые, теплоустойчивые соли, такие как формиаты, сульфаты, хлориды и т.д. Они не регенерируются в стриппинг-колонне и

таким образом снижают объем CO_2 в аминах, увеличивают вязкость раствора. Продукты коррозии очень часто откладываются в зонах низкой скорости потока в теплообменниках и колоннах, таким образом, снижая коэффициент теплопередачи и способствуя в дальнейшем образованию повреждения оборудования.

Относительно высокое давление паров моноэтаноламина вызывает значительные потери при испарении (табл. 1).

ДИЭТАНОЛАМИН

Еще пятьдесят лет назад использовали растворы диэтаноламина для удаления двуокиси углерода. Реактивная способность вторичных аминов достаточно замедленная в сравнении с реактивной способностью первичных аминов.



Низкое давление паров диэтаноламина желательно в процессе, так как потери раствора значительно уменьшаются. Комплекс аминокарбоната с мочевиной — не корродирующий; чрезмерно высокая температура, большая концентрация диэтаноламина, парциальное давление CO_2 , присутствие частиц и углеводородов, унесенных вместе с потоками газа ухудшают состав раствора и вызывают интенсивную коррозию и создают проблему пенообразования.

Продукты коррозии засоряют трубы теплообменника и снижают теплопередачу. Засорение внутреннего устройства колонны приводит к образованию местных сквозных протоков и захлебыванию в колонне, в результате образуется более высокое скопление двуокиси углерода из абсорбера. Пенообразование вызывается присутствием углеводородов на входе газа, который эмульгирует за счет щелочи и частиц, содержащихся в растворе. Для предотвращения подобных нарушений применяют меры, направленные на непрерывное удаление поверхностно-активных загрязнений путем фильтрации через слой активированного угля одновременно применением пенных депрессантов.

Концентрация амина в растворе поддерживается ниже 40 %. Это очень часто ограничивает экономичес-

Таблица 1. Характеристика амина установки удаления CO_2

Амины	Концентрация, масс. %	Насыщенный газ, мол/мол		Материал конструкции
		Насыщенный	Слабый	
Моноэтаноламин	15–20	0,3–0,35	0,10–0,15	CS
Диэтаноламин	25–30	0,35–0,40	0,05–0,07	CS
Метилдиэтаноламины	50–55	0,45–0,5	0,004–0,01	CS

кие выгоды процесса. На основании исследований на установке предлагается концентрация амина примерно 20–25 %, насыщенный газ — 0,3–0,6 мол/мол, скорость жидкости — 2 м/с для труб с насыщенным раствором и 2–6 м/с для труб со слабым раствором, температура раствора в пределах 100–105 °С и температура в ребойлере 125–150 °С.

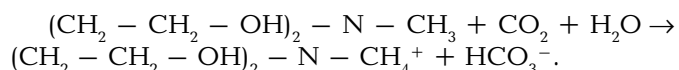
ГОРЯЧИЙ КАРБОНАТ КАЛИЯ

Раствор горячего карбоната калия широко применяют при абсорбции CO_2 , поскольку он недорогой, легко доступен и быстро распадается на бикарбонаты. Низкая скорость абсорбции обусловлена медленной химической реакцией между двуокисью водорода и водой и образованием в растворе гидроксильными и карбонатными ионами. Несколько добавок, таких как трехокись мышьяка, и различные амины даже в относительно небольшой пропорции применяют, чтобы катализировать реакцию абсорбции.

МЕТИЛДИЭТАНОЛАМИНЫ

Метилдиэтаноламин является третичным амином и имеет некоторые свойства, которые делают его незаменимым при удалении основного количества водорода в аммиачной среде. Преимущества метилдиэтанолamina подразумевают содержание раствора при высокой концентрации (вплоть до 50–55 мас. %), высоком насыщении кислыми газами, низкую коррозию, даже при высокой насыщенности раствора, меньшее выделение тепла при реакции, низкое давление паров и, следовательно, минимальные потери раствора. Недостатками метилдиэтанолamina являются медленная скорость реакции с двуокисью углерода, тенденция к пенообразованию при высокой концентрации раствора и достаточно высокая первоначальная стоимость, включающая и стоимость оборудования установки.

Метилдиэтанол амины не имеют атомов водорода, связанных с азотом; реакция с CO_2 может произойти только после того, как двуокись углерода растворится в воде для образования ионов бикарбоната. Затем бикарбонаты подвергаются реакции с аминами следующим образом



Образование бикарбонатов является медленной реакцией ($\text{CO}_2 + \text{вода}$), которая происходит только в жидкой фазе. Таким образом, для эффективного применения метилдиэтанолamina при удалении двуокиси углерода время нахождения его в жидкой фазе должно быть достаточным, чтобы быстро произошла реакция с двуокисью углерода. Реакция должна быть контролируемой, колонна — более горячей, скорость реакции — более быстрой. Поскольку температура слабых аминов достигает приблизительно 60 °С, снижение растворимости CO_2 в аминах становится перевешивающим фактором и суммарный захват двуокиси углерода начнет снижаться.

СМЕСИ ДИЭТАНОЛАМИНА И МЕТИЛДИЭТАНОЛАМИНА

Применение смесей амина для удаления двуокиси углерода предусмотрено с целью сочетания преимуществ аминов в смеси или приобретения аминного раствора для специальной установки. Смесей амина могут увеличить общую концентрацию амина в растворе и таким образом увеличить объем насыщенного двуокиси углерода без возникающих значительных проблем с коррозией (табл. 2).

Лабораторными исследованиями доказано, что смеси метилдиэтанолamina и диэтанолamina могут успешно применяться с низкой коррозионноустойчивостью, если поддерживаются соответствующая концентрация двуокиси углерода, концентрация растворителя и нормы теплоустойчивости соли. Недостатки, связанные с применением на одной из индийских установок только диэтанолamina были преодолены путем частичного введения метилдиэтанолamina. На этой установке с применением смеси диэтанолamina (23 %) и метилдиэтанолamina (10 %) эффективно решили проблемы коррозии при большей насыщенности раствора и скольжения CO_2 . С более высокой концентрацией, составляющей 50 %, также возможно успешное решение проблемы коррозии.

Смешанные амины могут быть наилучшим вариантом при увеличении производительности установки или повышении эффективности удаления двуокиси углерода. Во многих случаях в обычной практике в существующие растворы добавляют вторичные амины. Оптимальная концентрация растворов и отношение

Таблица 2. Физические свойства аминов

Амины	Физические свойства				
	Молекулярная масса	Удельный вес	Точка кипения*	Давление паров**	Растворимость в воде***
Моноэтаноламин	61,08	1,0179	171	0,36	Полная
Диэтаноламин	105,14	1,0919	268****	247,2	Полная
Метилдиэтаноламин	119,17	1,0418	247,2	0,01	Полная

* При 760 мм рт.ст., в °С

** В мм рт.ст., 20 °С

*** В масс. %, 20 °С

**** Разложение

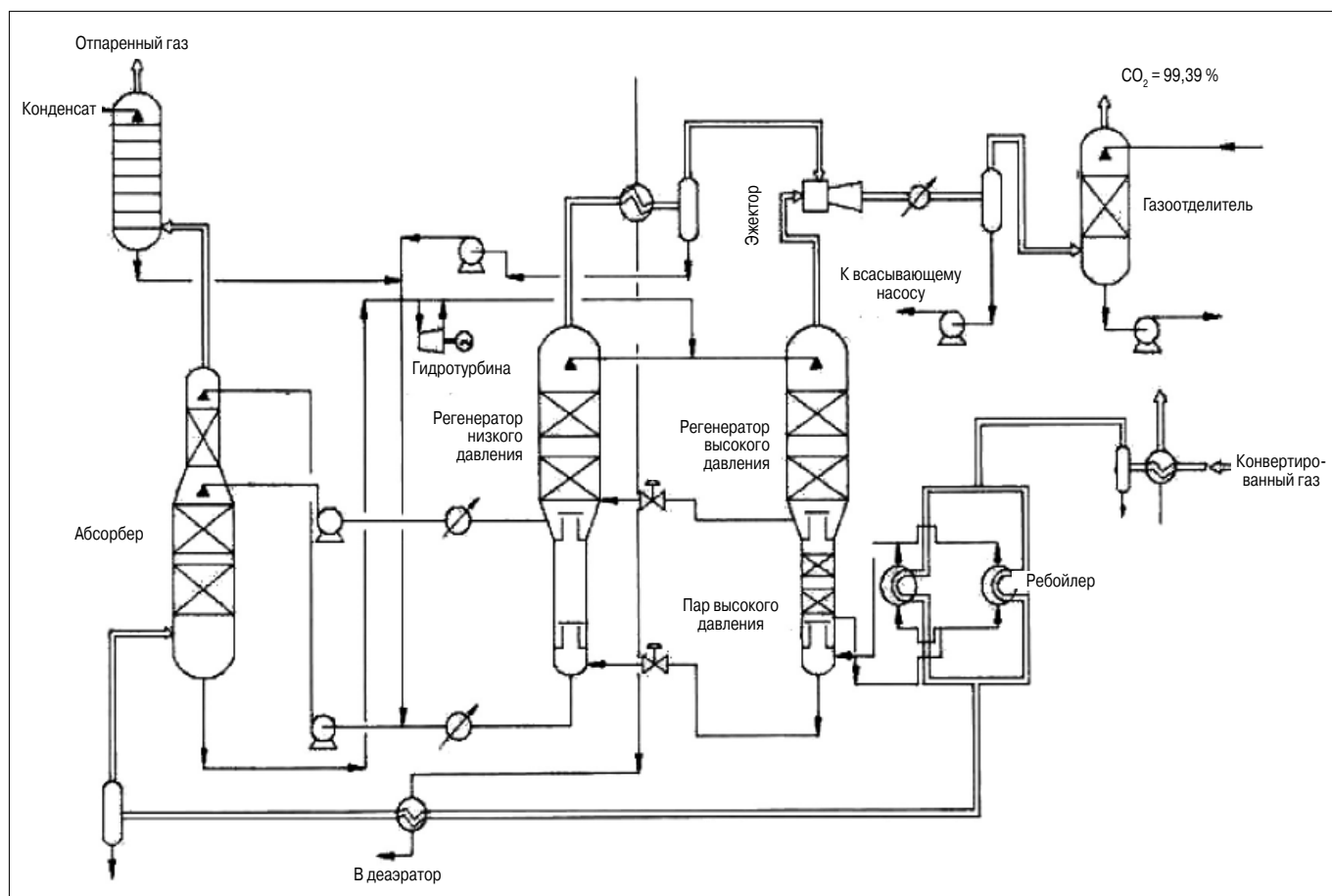


Рис. 1. Процесс с глицином компании GV

объемов аминов зависит от давления в абсорбере, концентрации кислых газов в сырье, рабочей температуры и допустимого ограничения скольжения CO_2 . В большинстве случаев максимальная концентрация кислых газов первичных и вторичных аминовых растворов обычно ограничивается из-за проблем с коррозией. Принятые концентрации раствора составляют менее 20 мас.% для моноэтаноламина и менее 35 мас.% для диэтаноламина. Высокая концентрация метилдиэтаноламина в растворе не способствует развитию коррозии.

Мельчайшие твердые частицы в растворе и присутствие углеводородов во входящем газовом потоке снижают эффективность массопередачи и способствуют потерям раствора.

Коррозия в среде CO_2 более агрессивна, чем даже в среде с сероводородом и наиболее уязвимыми являются оборудование для абсорбции и десорбции, трубы для горячих и насыщенных растворов, а также места, где высокая турбулентность, например, в ребойлерах, в нижних секциях отпарных колонн и т.д. Повышенный уровень теплоустойчивых солей в растворе, определенный состав железа и т.д. — все это также провоцирует агрессивную коррозию.

Методы, используемые для дегазации аминовых растворов, включают очистку их и добавление свежих

аминов, одноразовую замену, использование едкого натра для смешения с теплоустойчивыми солями и утилизация в наихудшем случае.

Утилизация аминов может проводиться путем адсорбции, ионного обмена, дистилляции при атмосферных или вакуумных условиях, а также путем перегонки с паром в зависимости от природы раствора и степени его загрязнения. Заменить раствор — достаточно дорого и, кроме того, существует проблема с его ликвидацией. Большинство аминов трудно разлагается под действием бактерий и, следовательно, их необходимо ликвидировать путем размещения в глубоком приемнике или сжиганием.

МЕТИЛДИЭТАНОЛАМИН И ПИПЕРАЗИН

Компания INEOS LLC (Техас, США) разработала новую систему для «глубокого» удаления двуокиси углерода. Систему они назвали GAS/SPEC CS-2000, используя смесь метилдиэтаноламина и пиперазина. Преимущества этой системы заключается в том, что наблюдается очень незначительное скольжение двуокиси углерода, требуется меньше энергии для регенерации, высокая производительность, длительная стабилизация среды, меньшие потери при парообразовании и минимальное внимание оператора. Этот процесс был испытан на одной

установке еще в феврале 2001 г., однако результаты испытаний до сих пор не опубликованы.

ВОДНЫЙ КАРБОНАТ КАЛИЯ И ПИПЕРАЗИН

Исследователи установили, что пиперазин способен улучшить скорость абсорбции CO_2 из чистого раствора карбоната калия в десять раз при температуре 60 °С. Благодаря этому производительность растворителя значительно увеличивается.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ CO_2

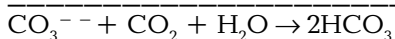
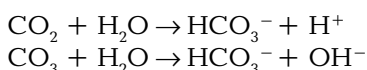
Для удаления двуокиси углерода в аммиачной установке предусмотрены следующие процессы: горячий карбонат калия, активированный с диэтаноламином и пятиокисью ванадия (Benfield); глицин (Giammarco Vetrocoke — GV) и активированный диэтаноламин (BASF).

ПРОЦЕСС С ГЛИЦИНОМ

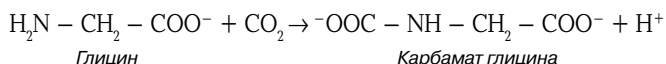
Компания GV в процессе с глицином использует смесь водного раствора карбоната калия, глицина и диэтаноламина. Содержание карбоната в растворе обычно составляет около 29 мас.%, а обе активирующие добавки вместе составляют менее чем 2 %. Ингредиенты раствора не токсичны. Две стадии абсорбции включают полуслабый раствор (сырье в середине абсорбера) и слабый раствор. Полуслабый поток не охлаждается, чтобы увеличить кинетику процесса абсорбции; слабый поток охлаждается, чтобы подойти к состоянию равновесия, так что скольжение CO_2 минимально.

Хорошо известный лицензиарам процесс с глицином разработан компаниями GV, Marghera (Италия), принципиальная схема которого приведена на рис. 1. Обычно образование бикарбоната посредством абсорбции двуокиси углерода с применением щелочи представляет собой медленную реакцию и эффективность процесса зависит также прямо или косвенно от мер по ускорению этой реакции. В вдвоенном активирующем процессе глицин в качестве носителя CO_2 ускоряет реакцию введения двуокиси углерода в жидкой фазе с образованием карбамата амина. В данном случае аминогруппа действует как основание Lewis для эффективного закрепления молекул двуокиси углерода. При гидролизе амины восстанавливаются с образованием бикарбонатов. Таким образом, медленный темп образования карбонатных ионов прекращается подготовленными аминами, образующими комплекс углеводов с мочевиной, тем самым увеличивается массопередача, способствующая абсорбции двуокиси углерода карбонатным раствором.

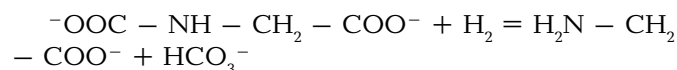
Общая реакция абсорбции следующая.



Таким образом, двуокись углерода в жидкой фазе, абсорбируют карбонатом калия.



В процессе регенерации при высокой температуре и присутствии гидроксильных ионов карбаматы гидролизуются и активирующие добавки восстанавливаются.



Было также установлено, что вторичные амины, такие как диэтаноламин, в дальнейшем активируют этот механизм путем синергетического эффекта соединений глицина и диэтаноламина с увеличением скорости гидролиза образовавшегося карбамата амина. Если используют две активирующие добавки, требования к компонентам снижаются.

Гидролиз при регенерации карбамата и быстрое превращение бикарбоната в карбонат приводит к более низкому давлению паров в регенераторе. Массопередача по всему слою насадочного материала улучшается. С введением второй активирующей добавки характеристика процесса значительно улучшилась в виде скольжения двуокиси углерода. Данные установки показали, что скольжение двуокиси углерода снизилось от 1050 до 505 млн⁻¹, поток пара при регенерации с низким давлением уменьшился на 20 % и насыщение CO_2 раствора увеличилось на 2,5 %.

ПРОЦЕСС BENFIELD UOP

Процесс Benfield¹ с горячим карбонатом калия активировали трехпроцентным диэтаноламином (рис. 2). Исследователи разработали улучшенные активирующие добавки АСТ-1, чтобы заменить диэтаноламин, который является более стабильным компонентом и не очень легко деградируется. Раствор ингибируется пятиокисью ванадия (V_2O_5) для снижения воздействия коррозии. Обычно состав раствора представляет собой 30 % карбоната калия, 0,3–1 % активирующих добавок ингибитора коррозии.

Коэффициент конверсии (Fc), по которому определяют K_2CO_3 и KHCO_3 в растворе, составляет около 0,25–0,3 единиц, чтобы гарантировать оптимальную концентрацию K_2CO_3 дважды с учетом KHCO_3 в циркуляционном растворе и достигнуть скольжения CO_2 в определенных ограничениях.

$$\text{Fc} = 1 - \{ \text{K}_2\text{CO}_3 / (\text{K}_2\text{CO}_3 + 0,69\text{KHCO}_3) \}.$$

Увеличение концентрации бикарбоната в растворе приводит к осаждению в нем менее растворимого

¹ Разработан Benson H. E. и Field J. H. (Benfield) в компании US Bureau of Mines (Пенсильвания) и в настоящее время лицензирован.

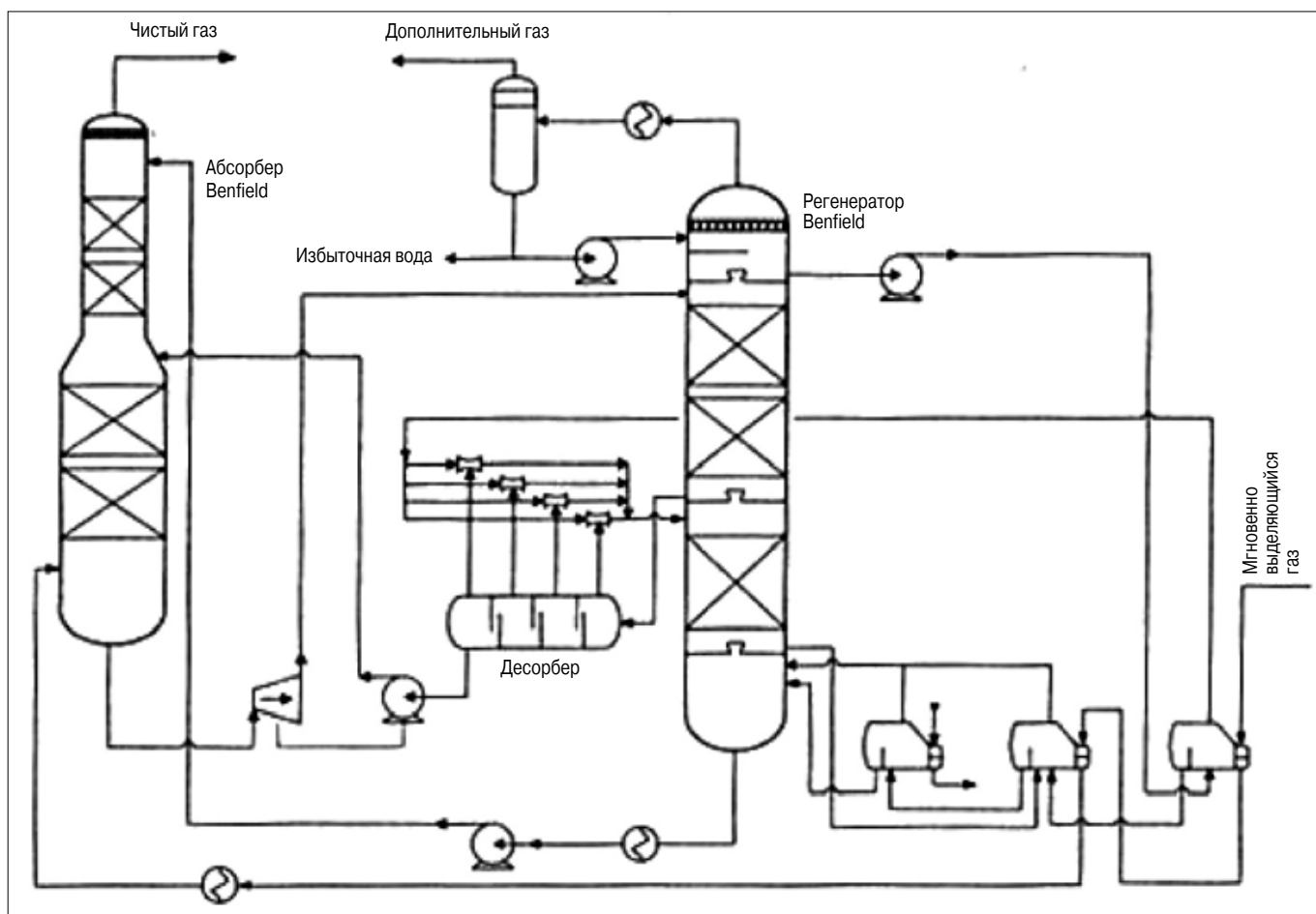
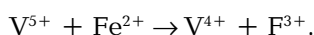


Рис. 2. Процесс UOP LoHeat Benfield

KHCO_3 и в дальнейшем к очищению пассивированного слоя в оборудовании. Продукты коррозии также осаждаются и образуют суспензию в растворе. Образование ионов бикарбоната, которые активируют процесс абсорбции, делает их чувствительными к коррозии. Следовательно, бикарбонаты можно не подавлять, чтобы смягчить коррозионную активность. Поэтому ингибиторы коррозии необходимы в процессе и соли ванадия служат для этих целей. Пятиокисный ванадий окисляет металлическую поверхность оборудования с образованием окисной пленки (Fe_2O_4), благодаря которой процесс называется vanadation. Клейкая пленка на стальной поверхности обеспечивает временное предохранение от коррозии до тех пор, пока не разрушится.



Химические вещества, применяемые в процессе, имеют низкую стоимость и легко доступны. Процессом легко управлять и капитальные затраты достаточно небольшие. Оптимизация установки возможна, чтобы спланировать эксплуатационные ограничения для снижения расходования энергии. Оптимизация также возможна для эксплуатации установки в изотермичес-

ких условиях с низкой высотой насадки колонны, с улучшенной характеристикой массопередачи и достижением более низких затрат на энергоснабжение.

Некоторые существующие установки модернизированы с целью экономии энергии; разработан новый вариант процесса, так называемого технология LoHeat Benfield. По этой технологии использовали высокую эффективность насадочного материала для колонн, чтобы увеличить массопередачу. Процесс LoHeat характеризуется более эффективными активирующими добавками АСТ-1, высокоэффективными насадками и внутренним четырехступенчатым однократным испарением повторно кипящего раствора для производства пара, а затем применением пароструйного эжектора для нагнетания пара обратно в регенератор. Новые активирующие добавки увеличивают кинетику абсорбции в разделе фаз жидкость — пар, увеличивают насыщенность раствора двуокисью углерода, значительное снижение пятавалентного ванадия. Применение высокоэффективных насадок позволяет улучшить контакт газа с жидкостью, снизить габаритные размеры оборудования и высоту насадки, что способствует более низким капитальным вложениям. Когда применили новые активирующие добавки, потери раствора стали минимальными; расход противовспенивающей присадки уменьшился; процесс

стал протекать в более плавном режиме. Вследствие высокой активности раствора скольжение двуокиси углерода снизилось в два раза по сравнению со скольжением при участии диэтаноламина; стало возможным увеличить производительность на 10 %; циркуляция раствора также снизилась на 10 %.

Дальнейшее совершенствование процесса привело исследователей к новому процессу Benfield Hybrid Lo-Heat, включающему пятиступенчатое испарение раствора путем механической системы повторного сжатия пара (mechanical vapour recompression — MVR), чтобы направить пар обратно в регенератор. Несмотря на то, что оборудование MVR потребляет дополнительное количество электроэнергии, общие расходы энергии (в ккал/м³ CO₂) снизились на 20 %. Когда диэтаноламин в единственном числе применялся в качестве активирующей добавки, раствор быстро деградировал вследствие температурного перегрева. Диэтаноламин реагирует с кислородом при контакте с воздухом или насыщает кислородом, например, нитрат калия, используемый для регенерации ингибитора коррозии (V₂O₅), и раствор деградирует, принимая черный цвет. Хотя карбаматы вторичных аминов легко регенерируются, бывают различные случаи с побочными продуктами, полимерами, которые имеют большую молекулярную массу и образуются в течение деградации процесса.

Контроль раствора очень важен и если им неправильно управляют, то весь процесс протекает в ненормальном режиме и приводит к остановке установки, затем следует достаточно дорогой ремонт. Такие инциденты

часто происходят на установках. Дегградация продукции часто вызывает интенсивное пенообразование и активный V⁵⁺ уменьшается до пассивного V⁴⁺.

Основные параметры установки для удаления двуокиси углерода следующие.

• **Вход газа:** содержание CO₂; содержание углеводородов; температура/давление.

• **Абсорбер:** перепад давления в нижней части; температура верха; интенсивность раствора; состав газа на выходе.

• **Слабый раствор:** температура; расход в абсорбер; расход в фильтр бокового потока; насыщение CO₂; содержание железа; анализ, включающий высоту пены.

• **Полуслабый раствор:** температура; расход в абсорбер; насыщение CO₂; анализ.

• **Регенератор:** давление CO₂; чистота CO₂ на выходе.

ПРОЦЕСС BASF С АКТИВИРОВАННЫМ МЕТИЛДИЭТАНОЛАМИНОМ

Первоначально этот процесс был разработан для десульфуризации с преимуществами избирательности аминов по отношению к сероводороду. В настоящее время процесс с метилдиэтаноломином широко применяют в аммиачных установках для удаления двуокиси углерода. На рис. 3 приведена схема такой установки, которая является собственностью BASF. Этот процесс до настоящего времени постоянно совершенствуется, исходя из экономических показателей, надежности,

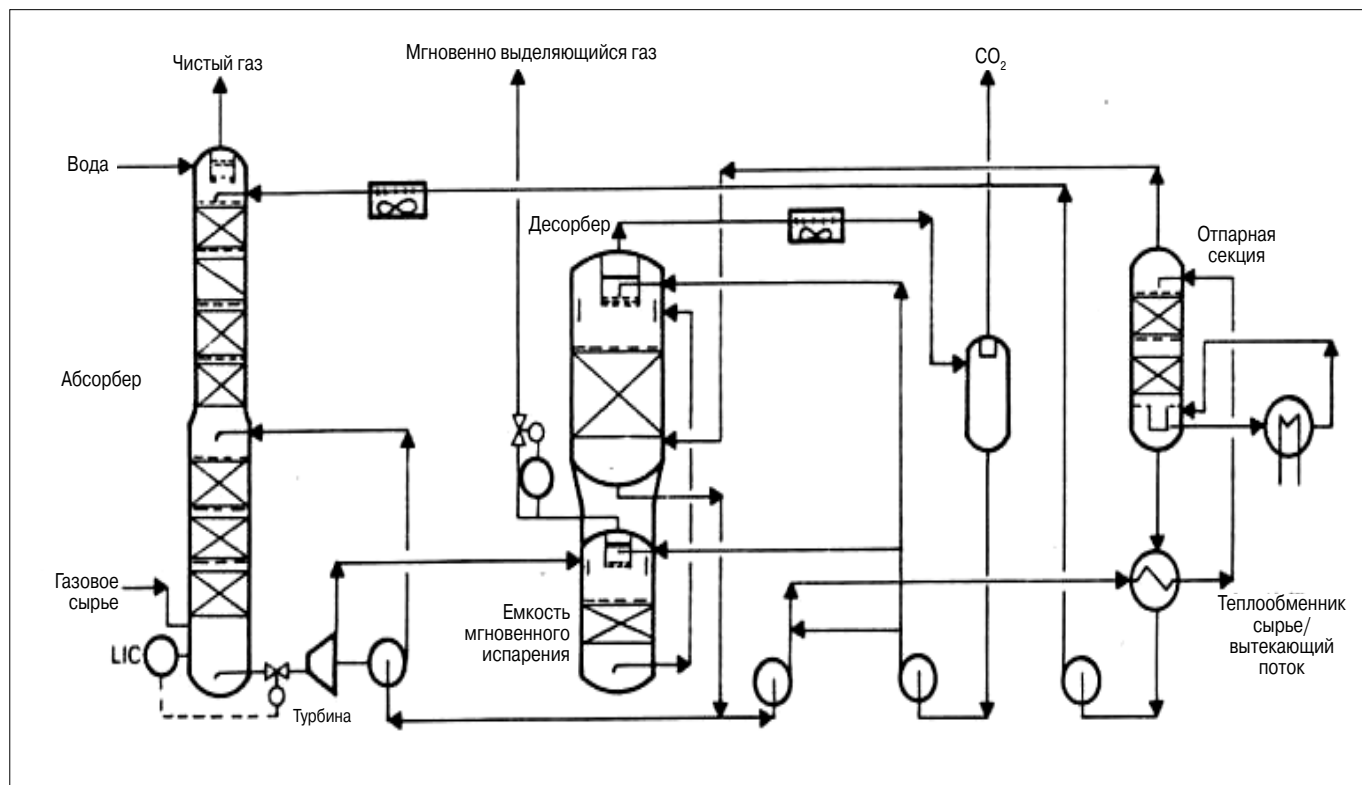


Рис. 3. Процесс BASF с метилдиэтаноломином

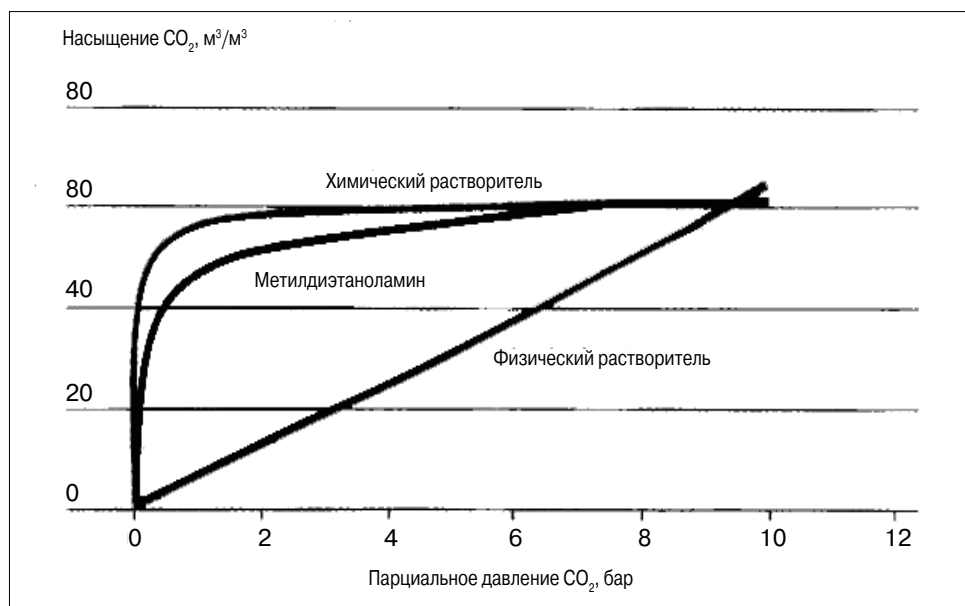


Рис. 4. Производительность растворителя с насыщенным CO₂

расходования энергии и регулирования коррозии. Раствор состоит из метилдиэтанолamina, третичного амина, пиперазина, циклического амина в качестве активирующих добавок и воды.

Абсорбция CO₂ чистым метилдиэтанолamiном очень низкая, но она усиливается присутствием активирующих добавок и различная концентрация этих добавок позволяет менять термодинамический режим от более физического к более химическому (рис. 4).

При низком насыщении раствора метилдиэтаноламин ведет себя как химический растворитель, а когда насыщение усиливается, он ведет себя как физический растворитель. Скорость абсорбции в значительной степени зависит от концентрации активирующих добавок. Подобно другим аминам высокая концентрация метилдиэтанолamina в растворе возможна и, следовательно, она способствует более высокому насыщению CO₂. Кроме того, способные селективно абсорбировать кислые газы при различных условиях температуры и концентрации, амины не влияют негативно на окружающую среду вследствие их повышенной гибкости разложения под действием бактерий при частичном обновлении других систем. Такое обновление возможно путем простой замены раствора в отсутствие каких-либо модификаций на установке.

Эксплуатационные условия достаточно мягкие и снижение потребления энергии возможно вплоть до 30 % по сравнению с традиционными процессами. Требования к теплу полностью удовлетворены от входящего газового сырья до абсорбера и таким образом весьма незначительны или не требуется наружный пар.

Насыщение CO₂ до 0,5 мол/мол метилдиэтанолamina на установках обычно достигается и требования к паровому ребойлеру заключаются в 1,3–1,7 кг/м³ циркулирующего растворителя в зависимости от конструкции системы. Имеются случаи интенсивной коррозии оборудования,

требующей применения ингибиторов коррозии и пассивации оборудования. В отличие от метилдиэтанолamina и диэтанолamina неспособность третичного амина реагировать с двуокисью углерода для образования амида может быть причиной того, почему третичные амины менее корродирующие. Растворы аминов обычно склонны к пенообразованию, но такая тенденция не относится к метилдиэтаноламину и сдерживать пенообразование несложно за счет применения слабой дозы антипенного агента.

С растворами также не испытывают проблем деградации и они не нуждаются в сложных аналитических методах. Возможно загрязнение

системы из присутствующих во входящем потоке газа загрязняющих веществ, таких как углеводороды и насыщенных кислородом компонентов в виде муравьиной кислоты, метанола и т.д., которые способствуют образованию коррозии. Однако теплоустойчивые соли амина должны быть на уровне 0,5 % и ниже для оптимальной эффективности процесса. Вследствие очень низкого давления паров потери метилдиэтанолamina минимальны, и, следовательно, требования к ним также минимальны. Что касается требований к составу раствора, производитель может составить новую рецептуру раствора или стремиться к созданию собственных смесей. Разработчик дает гарантированную характеристику с определенным диапазоном параметров.

НАСАДОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ КОЛОННЫ

Эффективность различных процессов в значительной степени увеличивается с применением совершенного насадочного материала в колонне. Лучшая оптимизация (исходя из перепада давления и характеристик захлебывания) может быть достигнута благодаря тщательному выбору насадочного материала и правильного решения об эксплуатационных условиях. В отличие от тарельчатых колонн колонны с насадкой менее чувствительны к изменению скорости потока, все поперечное сечение колонны имеет хорошую массопередачу, паровая фаза становится непрерывной. Кроме того, перепад давления — минимальный, поскольку расположенная ниже жидкость задерживается и оказывает небольшое сопротивление газовому потоку.

МАТЕРИАЛ КОНСТРУКЦИИ

Для оборудования установки и трубопроводной системы используют углеродистую сталь, поскольку

это связано с относительно низкими капитальными затратами. Скорость коррозии при этом замедляется путем использования комбинации методов, включающих соответствующий контроль раствора и управление ингибиторами коррозии. В принятой практике рекомендуется применять нержавеющую сталь для снижения влияния коррозии в следующем оборудовании: в насадках отпарных секций колонн; насосных системах для раствора; трубопроводных системах для насыщенных растворов; в изгибах труб, ребойлерах и в верхних внутрикорпусных устройствах отпарных колонн. Большинство повреждений в аминных установках вызваны общей коррозией, хотя в некоторых случаях трещины, обнаруженные в оборудовании, возникают под воздействием коррозии от напряжения (stress corrosion cracking – SCC).

ПЕРЕБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМЫ

Существуют два вида переоборудования установки. Один из них включает замену раствора и является наименее сложным способом. Другой вид — это модификация или даже изменение конструкции системы наряду с изменениями в технологии процесса. Разработчик обычно выполняет экспертизу на месте, в то время как окончательное решение о выборе вида переоборудования выносит инженерная служба.

ДИРЕКТИВЫ НА БУДУЩЕЕ

Разработка процесса по удалению двуокиси углерода в настоящее время сосредоточена полностью на экономических показателях процесса и охране окружающей среды. Кроме исследований, направленных на достижение наилучших термодинамических и кинетических условий процесса абсорбции и регенерации, также подвергаются значительным изменениям и физическое оборудование и эксплуатационная философия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kohl, Arthur and Nielsen, Richard B, Gas Purification, 5th Ed, Gulf Publishing Co, Houston, 1997.
2. Oostwouder, S. GAS/SPEC, Ineos LLC, The advantages of GAS/SPEC CS-2000 for the Ammonia Producer, Fertilizer Focus, May 2001.
3. Furukawa S.K and Bartoo R.K, Improved Benfield Process for Ammonia Plants, UOP, 1997.
4. Successful MDEA conversion, Oostwouder S. The Dow Chemical Company, Hydrocarbon Engineering, May 2000.
5. Stewart E.J. and Lanning R.A. Reduce amine plant solvent losses, Hydrocarbon Processing, Gulf Publishing Co, May, 1994.
6. Dupart Mike, Kuroda Randy and Sargent Andy, A New Deep CO₂ Removal Solvent for Ammonia Industry, Ineos LLC, Gas/Spec Technology Group, Texas USA, 2001.
7. Abry R.F.G. and DuPart M.S. Amine Plant Troubleshooting, Hydrocarbon Processing, Gulf Publishing Co, April, 1995.
8. Meissner H. Advanced Applications of BASF's aMDEA technology—The Customised Process for Acid Gas Removal, BASF, Germany, 1996.
9. Dupart M.S., Bacon T.R. and Edwards D.J. Understanding Corrosion in Alkanolamine Gas Treating Plants, Hydrocarbon Processing, Gulf Publishing Co, April, 1993.
10. Tomasi L. CO₂ removal: better performance for less energy, Nitrogen No 199, British Sulphur Publishing, Sept-Oct, 1992.

11. Coker A.K., Unserdtand the Basics of Packed Column Design, Chemical Engineering Progress, Nov 1991.

12. Takpere A.R and Agarwal R, Problem of Heavy Corrosion in Benfield CO₂ Removal Section in Ammonia Plant, Fertiliser News Vol 45 (11), Nov 2000.

13. Nair, Sukumaran.M.P. Use Monitoring Programs to Improve Ammonia Plant Uptime, Hydrocarbon Processing, Gulf Publishing Co, February, 2000.

14. Abdy M.A., Golkar M.M and Meisen A. Improve Contaminant Control in Amine Systems, Hydrocarbon Processing, Gulf Publishing Co, Oct 2001.

15. Cullinane J.T and Rochelle G.T, Carbon dioxide absorption with aqueous potassium carbonated promoted by Piperazine, Dept of Chemical Engineering, University of Texas, Texas, USA.

16. Trivedi C.N. Overcoming operating problems in gas sweetening unit, Hydrocarbon Asia, AP Energy Business Publications Pte Ltd, Singapore, Sept 2002.



Dr. M. P. Sukumaran Nair (М. П. Сукумаран Наир) Специальный секретарь администрации шт.а Керала, и Председатель Chemical Engineering Division Board, Institution of Engineers (Индия). Ранее г-н Sukumaran Nair возглавлял государственную компанию Travancore-Cochin Chemicals (TTC) Ltd., Кочин, шт. Керала, Индия. Более тридцати лет г-н Sukumaran Nair проработал в обрабатывающей промышленности в

ведущей индийской компании Fertilizers and Chemical Travancore (FACT), инженеринговой и консалтинговой организации (fertilizers engineering design organization — FEDO) и в Travancore-Cochin Chemicals (TTC) Ltd.

Г-н Sukumaran Nair имеет ученую степень бакалавра в области химии и химических технологий и является кандидатом на получение ученой степени в области экологии и окружающей среды. Он также имеет степень магистра делового администрирования и степень доктора в области управления. Д-р Sukumaran Nair опубликовал более 90 работ по технологии и управлению. Он имеет большой опыт в области эксплуатации технологических установок, проектирования процесса, поиска и устранения неисправностей и управления в химической обрабатывающей промышленности. Д-р Sukumaran Nair является членом Института инженеров в Индии, Председателем его центра в Кочине (шт. Керала, Индия), а также членом Американского института инженеров-химиков (American Institute of Chemical Engineers — AIChE) и Европейской Федерации химической технологии (European Federation of Chemical Engineers — EFCE). Он также связан с различными профессиональными организациями и институтами Индии и выступает в роли экспертного советника на правительственном уровне. Г-н Sukumaran Nair внесен в книгу Marquis «Who is Who» и в список Международного биографического центра (International Biographical Centre), Кембридж, Англия.

Ознакомиться с работами г-на Sukumaran Nair можно на сайте: www.drmpksukumaranair.com.

Связаться с д-ром Sukumaran Nair можно по адресу: mpsn@dataone.in.

СНИЖЕНИЕ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА

Anand Kumar, директор Индийской нефтяной корпорации

До июля 1998 г. Индия покупала сырую нефть для нефтеперерабатывающих заводов стоимостью 10 долл./брл. В августе 1998 г. цены на сырую нефть начали подниматься и в течение мая подскочили до 137 долл./брл. За десять лет цены на нефть увеличились более чем в 13 раз.

В настоящее время рост мировой экономики и промышленности ошеломляет растущими ценами на нефть, образующимися еженедельно новыми пиками и увеличивающимся разрывом между спросом и снабжением. По прогнозированию специалистов цены на нефть скоро достигнут 150 долл./брл и даже 200 долл./брл.

Другой мировой проблемой является изменение климата вследствие эмиссии парниковых газов, которые будут диктовать применение типа, качества и количества. Мы нуждаемся в энергии для стабильного существования, в то же время необходимо сокращать производство, связанное с эмиссией парниковых газов. Мы знаем, что топлива и эмиссия всегда прямопропорциональны. Больше топлива — больше эмиссии. Проблемой является снижение эмиссии в соответствии с тем же количеством топлива, даже при большем его потреблении, эмиссия должна быть ниже, чем она есть в настоящее время.

Одним из направлений по снижению следов углерода является повышение эффективности установок, оборудования и технологий и, как можно быстрее того, что мы имеем в настоящее время. Сегодня 80–85 % требований к транспортному топливу удовлетворяется ископаемыми топливами, обеспечиваемыми нефтяными компаниями, у которых почти 99 % жидких топлив, являющихся переработанными продуктами на индийских заводах.

Расходование нефти в Индии к 2030–2031 гг. может оставаться на сегодняшнем уровне. Мощность переработки в Индии к 2015 г. может возрасти от текущего уровня 2,98 млн брл/сут до 4,83 млн брл/сут. Следовательно, нефтеперерабатывающие заводы и их технологии должны играть важнейшую роль в улучшении эффективности процессов и топлив.

В будущем спрос на топливо высокого качества и необходимость в более дешевых процессах высокосернистого и тяжелого сырья потребуют от нефтепереработчиков выбирать такие технологические установки, которые в дальнейшем повысят энергетическую интенсивность всего завода. Существует большое разнообразие вариантов снижения расхода энергии при одновременном поддержании или даже повышении производительности установок. Однако

выбор наиболее благоприятных вариантов эффективности энергии должен быть специфическим на основании детального исследования и анализов.

Большую часть топлив на нефтеперерабатывающих заводах используют в печах и бойлерах. Несмотря на то, что эффективность бойлеров достигается 92–93 %, эффективность углеводородных печей распространяется на дальнейшее улучшение продукции. Большинство заводов готовы выполнять систему АРН, особенно для печей на установке перегонки сырой нефти, чтобы увеличить эффективность приблизительно от 75 до 90 %.

Технологии должны работать с более эффективными системами АРН, эффективными горелками для печей и бойлеров. Можно даже предусмотреть изменение выпускных труб наряду с увеличением рекуперации тепла из топочных газов.

Необходимо продолжать поддерживать систему на определенном уровне эффективности и продолжать совершенствование системы. Наилучшей практикой для поддержания эффективности печь/бойлер на проектном уровне является следующее.

- Регулярная очистка воздухоудовки от сажи.
- Периодическая и регулярная химическая очистка боковых поверхностей, соприкасающихся с отходящими газами, от отложений в конвекционной и радиационной зонах.
- Применение соответствующего типа фильтров для жидких топлив и нагревателей для лучшей работы горелок.
- Обеспечение хорошей системы автоматизации на все время.

Максимизация предварительного нагрева сырья в технологическом процессе — это то, что постоянно должен контролировать обслуживающий персонал.

Наилучшей практикой является следующее.

- Периодический мониторинг режима работы теплообменников и холодильников.
- Периодическая химическая очистка теплообменников.
- Изоляция и очистка загрязненных теплообменников.
- Поддержание скорости воды в конденсаторах и холодильниках.
- Поддержание качества охлажденной воды с применением программы эффективного управления охлаждением воды.
- Обратная промывка холодильников и конденсаторов всякий раз, когда это необходимо.

Поддержание оптимального отношения орошения, низкого давления в процессе (везде, где только возможно), оптимальных параметров — это некоторые из условий, которые могут способствовать снижению расхода энергии. На многих нефтеперерабатывающих заводах для оптимизации выхода продукции и расхода энергии применяют современные методы регулирования процессов.

При производстве водорода на нефтеперерабатывающих заводах можно значительно снизить эксплуатационные затраты так же, как и расходование энергии. Использование отходящих газов, насыщенных водородом, на установках гидропроцессов, где возможно, или регенерация водорода из отходящих газов посредством системы PSA является экономически доступным выбором для нефтепереработчиков.

Современные проекты установок каталитического крекинга предусматривают **турбины с регенерацией энергии** или турбодетандеры для пуска компрессоров/воздуходувов. На установках гидрокрекинга всегда устанавливают турбины с регенерацией энергии.

Применение пустотелых лопастей вентилятора FRP в градирнях и воздушных охладителях значительно снижает расходование энергии. В воздушных охладителях/вентиляторах ID/FD для экономии энергии применяют частотно-регулируемые приводы. Необходимо идентифицировать насосы на предмет определения более высокого давления, чем требуется для уменьшения величины рабочих колес.

Снизить эмиссию летучих компонентов применением в насосах двойных механических уплотнений для легких углеводородов. Это должно стать правилом для повышения надежности систем.

Повышение эффективности в системе производства пара, распределении и конечном использовании обеспечивает основную экономию энергии. Пар можно экономически выгодно получать путем регенерации тепла отходящих газов и совместного производства тепловой и электрической энергии из газовых турбин. Совместно произведенный пар может в дальнейшем быть использован для привода паровых турбин в качестве дополнительной энергии. Снижение давления путем применения редуционных клапанов (PRV) следует избегать. Применение турбин с противодавлением должно быть рассмотрено особо для систем, где трубопроводы предпочтительны. Установка ряда конденсаторов для улучшения коэффициента мощности также приведет к повышению энергетической эффективности.

Регенерация конденсата является одним из способов, которым пренебрегают на большинстве нефтеперерабатывающих заводов. Регенерация конденсата при различных значениях давления позволит получить дополнительный пар, образовавшийся при мгновенном испарении, и горячий жидкий конденсат может быть использован непосредственно для деаэраатора. Это даст дополнительные выгоды и снижение

энергии при производстве подпиточной воды (DM). Применение правильно выбранных конденсационных горшков и их технического обслуживания является ключевым источником экономии пара.

Двойные уплотнения на резервуарах с плавающими крышами, регенерация паров из цистерн вагонов и грузовых автомобилей — это некоторые из критериев, которые должны быть приняты для минимизации эмиссии летучих компонентов. Применение регулирующих клапанов нулевых утечек (класс VI) позволит значительно уменьшить число заводских факелов.

Регенерация газа в факелах и новая система зажигания с низким расходом экспериментального газа может значительно снизить количество сжигаемого в факелах газа.

Правильный выбор изоляции: для низких температур изоляция заводского изготовления и для высоких температур изоляция с кремнекислым кальцием.

Широко распространенная программа управления энергией — весьма важная для создания основы, заключающейся в улучшении и обеспечении системы управления энергией. Под этим обычно подразумевается энергетическая политика, которую проводит перекрестно-функциональная группа, разрабатывающая схемы по улучшению характеристик процесса и оборудования, экономии энергии и оценке характеристик путем регулярных проверок. Периодическая проверка энергии на непосредственно своем предприятии и использование консультантов со стороны необходимо, чтобы быть на уровне лучших в мире. «Кредиты» углерода можно также выгодно использовать в некоторых из проектов по сохранению энергии, которые в противном случае не жизнеспособны.

Функционирование заводов в будущем рассматривается по многим другим факторам, но основным критерием будет снижение следов углерода. Необходимо начинать преобразование наших нефтеперерабатывающих заводов с применения низкоуглеродистых процессов и технологий, поддержания транспорта и автомобильного сектора, чтобы довести до минимума следы углерода. Это будет касаться не только нефтепереработчиков, но также и участников купли-продажи нефтепродуктов и оборудования.

Источник: *Petrofed*

Petroleum Federation of India

PHD House, Third Floor, 4/2, Siri Institutional Area,
August Kranti Marg, New Delhi-110 016

Tel.: + 91-11-2653 7069

Fax: + 91-11-2696 4840

E-mail: petrofed@petrofed.org

Website: www.petrofed.org

СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР: ОБЗОР ПУБЛИКАЦИЙ¹

Зейналов Э. Б., Ибрагимов Х. Д., Сеидов Н. М.-И., Институт Нефтехимических Процессов
Национальной Академии Наук Азербайджана

Ищенко Н. Я., Институт Полимерных Материалов Национальной Академии Наук Азербайджана

В статье приводится краткий обзор основных методов синтеза различных углеродных нанотрубок (УНТ) и нановолокон (УНВ). Обсуждается интересная публикация, посвященная синтезу наноалмаза. Описываются работы по синтезу фуллеренов и УНТ из ископаемых органического происхождения — горючих сланцев, нефтяных фракций, природного асфальта

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время углеродные наноструктуры и материалы на их основе являются одними из наиболее востребованных объектов исследования в естествознании и материаловедении. Уникальные химические и физические свойства углеродных нанотрубок, нановолокон и других наноструктур различной геометрии позволяют создать на их основе материалы с комплексом особых свойств и качеств. Разработка и применение этих наноматериалов легли в основу создания новой научнотехнической дисциплины — нанотехнологии, которая станет причиной революционных изменений устоявшихся представлений о свойствах материалов и областей их использования [1].

Углеродным наноструктурам, методам их синтеза, очистки, областям применения и получению производных на их основе посвящено значительное число работ, которые периодически публикуются, освещают последние достижения в этой области науки и технологии. В частности, можно отметить обзор методов получения и областей применения углеродных нанотрубок (УНТ) [2]. Авторы обзора, акцентируя внимание на методе осаждения химических паров (chemical vapor deposited — CVD) в процессе пиролиза углеродного сырья, кратко излагают историю и современное состояние развития синтеза УНТ, направленного для их массового производства. Особенно отмечаются перспективы производства двустенных углеродных нанотрубок (ДУНТ). Авторы также описывают методы эффективной очистки, которые не приводят к повреждению структуры УНТ, обсуждают применение трубок в электрохимии, в составе композиционных материалов и в медицине [2].

В одном из обзоров приводится общая картина методов приготовления и очистки различных наноуглеродных материалов (нанотрубок, нанобочек, наноклоб и т. д.) из осадка, образующегося в процессе получения фуллерена [3].

Приведен обзор, в котором обсуждаются катализаторы, основы (подложки), углеродные прекурсоры, время реакции и скорость потока газа, то есть все то, что исполь-

зуется при получении УНТ методом CVD. В статье также рассматриваются методы очистки синтезированных УНТ и способы снижения стоимости этой процедуры [4].

Еще один обзор описывает синтез одностенных (ОУНТ) и многостенных (МУНТ) углеродных нанотрубок с использованием электродугового метода. Указывается, что МУНТ могут быть выделены из катодных наростов, образующихся при испарении чистых графитовых стержней под действием электродугового разряда [5]. Подчеркивается, что атмосфера газа, где происходит процесс получения, УНТ играет важную роль и, что чистый водород является лучшим газом для получения МУНТ с высокой кристалличностью. При этом, в кристаллических МУНТ самая узкая, находящаяся в самой глубине, трубка имеет диаметр меньше 0,4 нм, формируя углеродные нанопроволоки и нанонити, состоящие из углеродной цепочки. Авторы отмечают важное значение Раман-спектроскопии с целью анализа МУНТ, так как появляются новые формы радиального колебания молекул с частотой выше 300 см^{-1} и новая полоса около 1850 см^{-1} . Авторы указывают, что в случае синтеза ОУНТ методом электрического дугевого разряда необходимо внедрить частицы металлического катализатора в графитовый анод. В этом случае, в составе углеродной сажи в реакционной камере можно обнаружить и ОУНТ. При использовании метода плазменно-дугевого разряда, где два электрода расположены под острым углом, выход сажи, которая содержит ОУНТ, возрастает с уменьшением доли катодных отложений. В качестве примера, испарение графитового стержня в электрической дуге в присутствии катализатора Fe и смеси газов «водород + инертный газ» является эффективным методом получения большого количества ОУНТ. Такие ОУНТ образуют, как правило, сетчатые структуры, которые легко очищаются термическим воздействием или обработкой соляной кислотой [5]. Каждый из подготовленных обзоров по-своему оригинален и, безусловно, вносит свой вклад в банк данных по углеродным соединениям нанометрового диапазона.

Данная статья направлена на получение некоторой информации по углеродным наноструктурам, которые еще, возможно, не известны ученым, экспертам и специалистам, работающим в этой области.

МЕТОДЫ И ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР

Описывается процесс получения ОУНТ путем каталитического разложения этанола при атмосферном

¹ Работа выполнена в рамках проекта по гранту EIF-2011-1(3) Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики.

давлении в присутствии катализаторов Fe — Co/MgO в специально сконструированной камере для осаждения химических паров [6]. Полученный углеродный материал состоял из пучка ОУНТ с небольшими структурными дефектами и малым количеством аморфного углерода. Посредством изменения концентрации спирта авторам данного исследования удалось добиться контроля над распределением ОУНТ по диаметру. По этим результатам в работе поддерживается положение, что вода и конструкция установки играют важную роль для контролируемого роста ОУНТ. После комбинированного метода очистки, состоящего из обработки соляной и азотной кислотами, а также окисления кислородом воздуха авторам работы удалось получить ОУНТ со степенью чистоты 98 % [6].

В другой работе было исследовано влияние температуры и продолжительности реакции на рост ОУНТ в присутствии катализатора Fe/MgO в лабораторном реакторе с кипящим слоем [7]. В качестве источника углерода использовался метан. Углеродные нанотрубки были охарактеризованы туннельной (просвечивающей) электронной микроскопией (ТЕМ), термогравиметрическим анализом (ТГА) и Раман-спектроскопией. Было установлено, что при слишком низких температурах катализатор неактивен, а при слишком высоких — происходит дезактивация катализатора. Оптимальное значение температуры составляет 900 °С. Было установлено, что ОУНТ высокого качества образуются лишь в течение первых десять минут. При длительной реакции параллельно с ОУНТ образуется и аморфный углерод [7].

Хотелось бы отметить интересную работу по получению необычных, бамбукообразных ОУНТ (Б-ОУНТ) с высоким выходом из этанола в плазме, полученной под действием электродугового разряда при атмосферном давлении в присутствии ферроцена, используемого в качестве катализатора [8]. Полученный продукт был охарактеризован ТЕМ высокого разрешения (ВРТЕМ). Наиболее оптимальные условия получения Б-ОУНТ включают:

- время — 120 с;
- давление — атмосферное;
- сила постоянного тока 220 — 240 А;
- напряжение 140 — 150 В;
- скорость впрыска смеси этанол с ферроценом (100:1 по весу) 50 мл/мин.

Было определено, что сырой Б-ОУНТ с лестничной (елочной) структурой стенки имеет одинаковый внешний диаметр (примерно 20 нм) и длину несколько микрон. Однако нанотрубки размещены хаотично и находятся в перемешанном состоянии. Чистота полученного продукта оценивалась более чем 90 %. В продуктах также были обнаружены некоторые разветвленные Б-ОУНТ-структуры. Авторы этой работы полагают, что рост Б-ОУНТ является непростым процессом и включает несколько этапов. При инъекционном впрыске смеси «этанол + ферроцен» в плазменный реактор этанол разлагается, образуя активные углеродные частицы, яв-

ляющиеся составными фрагментами (блоками) Б-ОУНТ. Вместе с этим одновременно разлагается и ферроцен, образуя агрегированные частицы железа, действующие как катализаторы роста Б-ОУНТ. Образующиеся углеродные частицы мгновенно адсорбируются или растворяются внутри частиц катализатора в момент их образования («in situ»); графеновые плоскости собираются (аккумулируются) на поверхности катализатора и в конечном итоге вырастают в бамбукообразные трубчатые структуры. Предполагается, что образование таких структур происходит в результате различной подвижности частиц катализатора и графитовых углеродных структур при диффузии последних внутрь катализатора [8].

МУНТ была синтезирована пиролизом тетрагидрофурана в присутствии никелецена. Пиролиз смеси прекурсоров был осуществлен при температуре 600 °С без использования газа-носителя. Выход очищенных МУНТ составил более 65 %. Идентификация и описание сырых и очищенных МУНТ был проведен методами рентгеновской дифракции, SEM, HRTEM и Раман-спектроскопии [9].

Также был описан метод синтеза углеродных нановолокон (УНВ) разложением некоторых углеродсодержащих газов (CH_4 , C_2H_4 или CO) в присутствии железа и железоникелевого сплава, используемых в качестве катализаторов [10]. Было показано, что структура, кристалличность и текстура полученных УНВ, включая порядок расположения графеновых слоев, зависят от состава катализатора и типа используемого углеродного сырья. Были получены три типа УНВ с различной микроструктурой: пластинчатой (Fe-Co), елочной (газы CH_4 , C_2H_4 или CO в присутствии Ni-Fe сплава на подложке) и трубчатой (Ni-Co сплав на подложке). Все полученные УНВ были сильно графитизированными мезопористыми углеродными материалами с высокоразвитой поверхностью (86,6 — 204,7 м²/г). В работе описано проведение очистки УНВ с использованием кислот-оснований и высокотемпературной обработки. Было установлено, что указанная очистка удаляет остатки катализаторов без изменения базовой структуры УНВ. Однако при высокотемпературной обработке существенно уменьшается площадь поверхности УНВ за счет образования петлеобразных концов. Текстура и структура УНВ изучены методами ВЕТ, сканирующей электронной микроскопии (SEM), ТЕМ, рентгено-дифракционного анализа (XRD) и TGA-анализов [10].

Углеродные нанотрубки, содержащие несколько стенок (НУНТ), могут быть синтезированы пиролизом этанола на катализаторе с подложкой MgO с последующим осаждением образующихся химических паров. Однако указывается [11], что полученный таким образом материал, как правило, содержит значительное количество примесей и включений, образующихся в результате разложения этанола на используемой оксидной подложке. Это затрудняет процесс очистки и приводит к низкому выходу НУНТ. Авторы обзора сообщают об использовании смеси «этанол/метанол» (вместо этанола) в качестве источника углерода. Использование такого сырья неожиданно приводит к получению НУНТ,

который может быть легко очищен с помощью широко распространенного простого метода очистки. Тщательное исследование соотношения «этанол/метанол» выявило причину образования таких чистых образцов НУНТ. Оказывается, в условиях роста НУНТ, этанол действует как источник углерода, а метанол как очиститель углеродистых примесей, которые отлагаются на MgO и задерживают образование целевых нанотрубок [11].

Для синтеза УНТ-образцов суперчистого угля взамен графитовых электродов, наполненных металлическими катализаторами использовался метод электрического дугового разряда [12]. Отложения на катодах показали наличие ОУНТ, который общеизвестен, как образующийся только в присутствии катализаторов — переходных металлов и лантанидов. Таким образом, процесс получения ОУНТ из угля избавляет от необходимости проводить дополнительную очистку ОУНТ сильными кислотами, которые, как известно, используются для очистки нанотрубок от примесей металлических катализаторов. Использование суперчистого угля позволяет устранить нежелательные эффекты, вызываемые минеральными веществами, содержащимися в обычном угле. Суперчистый и обеззоленный уголь может быть получен очисткой и деминерализацией путем обработки обычного угля органическими веществами и далее использован для получения ОУНТ. Остатки угля, после обработки органикой, могут применяться как источник энергии для поднятия давления пара в силовых установках. Таким образом, уголь, кроме использования в качестве топлива для выработки энергии, может эффективно применяться и как дешевое сырье для получения ОУНТ [12].

В исследованиях описан метод получения и очистки различных углеродных материалов методом высокотемпературного импульсного дугового разряда с контролем катализатора и температуры [13]. Автор утверждает, что впервые получил уникальные материалы, которые трудно получить обычными методами. В частности, приводится описание процедуры получения высококачественных двустенных углеродных нанотрубок (ДУНТ) с узким распределением по внешнему диаметру, всего $1,8 \pm 0,2$ нм. Полученные ДУНТ демонстрируют значительно более высокую химическую стойкость к окислению и большую пригодность в качестве канала для транзисторов, чем ОУНТ. Автор объясняет это взаимодействием между стенками, составляющими ДУНТ, что не характерно для ОУНТ [13].

ДУНТ были синтезированы из технического углерода с использованием полунепрерывного метода испарения в электрической дуге в атмосфере водорода [14]. В результате, как показали снимки HRTEM, большинство нанотрубок были двустенными с внешним и внутренним диаметрами в интервале 2,67 — 4 нм и 1,96 — 3,21 нм, соответственно. Однако, большая часть ДУНТ, как это следует из данных ТГА, Раман-спектроскопии, SEM и TEM, находилась в форме пачек с диаметром 10 — 30 нм, со степенью чистоты 70 %. Дальнейшие эксперименты показали, что условия синтеза можно контролировать таким образом, чтобы получать один тип УНТ. Для очистки ис-

пользовалась простая комбинация процессов окисления и кислотной обработки без повреждения структур пучков ДУНТ. В обзоре также обсуждается структура исходного технического углерода как ключевого элемента, влияющего на образование пачек и чистоту ДУНТ [14].

ДУНТ были успешно синтезированы путем осаждения химических паров (метода CVD), образующихся при каталитическом пиролизе спирта над катализатором Fe/Co на мезопористом диоксиде кремния [15]. Сырые ДУНТ очищались многостадийной процедурой, включающей термическую обработку на воздухе с последующим щелочным и кислотным воздействием. Исходные ДУНТ и образцы после каждой процедуры очистки были охарактеризованы ТГА, ТЕМ, SEM и Раман-спектроскопией. Было выявлено, что большая часть мезопористого кремнезема и металлических частиц удаляются из ДУНТ в результате вышеуказанных обработок. Содержание углерода в очищенных ДУНТ составило более 90 мас. %.

Еще одно исследование освещает современные достижения в области приготовления ДУНТ высокой чистоты через комбинацию CVD-метода (осаждение химических паров, образующихся в результате каталитического пиролиза различных органических соединений — источников углерода) и оптимизированного двустадийного процесса очистки [16]. Синтезированные ДУНТ обладают маленьким диаметром (менее 2 нм) и сложены в ряд гексагональных структур. ДУНТ демонстрируют превосходные механические и электрические свойства, высокую термическую стабильность (вплоть до 2300 °C), которая происходит, как представляется, из коаксиальной структуры ДУНТ, а также доступную для функционализации поверхность и структурную целостность. Считается, что со временем ДУНТ с успехом могут заменить ОУНТ во многих областях промышленности и материаловедения [16].

В статье [17] описывается метод получения УНТ с использованием дугового разряда в атмосфере воздуха и исследование параметров этого синтеза. Показано, что даже без инертного газа, просто в атмосфере воздуха, можно получить указанным методом МУНТ — они обнаруживаются в составе осадков на катоде. В то же время, в саже ОУНТ практически не фиксируются, даже если проводить процесс в атмосфере инертного газа. Наиболее оптимальное давление воздуха, приводящее к самому высокому выходу МУНТ, составляет 300 тор. Кроме того, авторы выявили, что применяемая техника получения МУНТ приводит к значительному снижению количества побочного аморфного углерода и других наночастиц, поэтому сделали вывод, что используемый ими метод дугового разряда на воздухе может лечь в основу эффективного и доступного промышленного метода получения МУНТ [17].

Чрезвычайно интересной, на наш взгляд, является публикация, посвященная синтезу наноалмаза [18]. Авторы статьи отмечают, что присутствие больших количеств не алмазного углерода в наноалмазе (НА), синтезированном методом детонации, ограничивает применение этого

очень интересного наноматериала. Авторы сообщают о простом и экологически чистом способе селективного удаления углеродных атомов sp^2 из НА окислением кислородом воздуха. Термогравиметрический анализ и Раман-спектроскопия «in situ» показывают, что углеродные атомы sp^2 и sp^3 окисляются с различными скоростями в интервале температур 375–450 °C. Был зафиксирован узкий температурный интервал 400–430 °C, где происходит, в основном, окисление sp^2 -гибридизированных атомов углерода и почти не происходит потерь алмазных углеродов. Абсорбционный рентгеноспектральный анализ структуры НА фиксирует возрастание после окисления соотношения sp^3 -углеродов к sp^2 -углеродам более чем на два порядка. Содержание sp^3 -углеродов в окисленном НА составляет 96 %, что сравнимо с содержанием таких углеродов в мелкокристаллическом алмазе и является беспрецедентным для порошков НА. ТЕМ и инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье, а также аналитические исследования показали наличие наноалмазных частиц размером 5 нм, поверхность которых буквально усеяна кислородсодержащими функциональными группами. Степень функционализации поверхности, как указывают авторы, может быть отрегулирована соответствующей обработкой (например, гидрированием). В отличие от традиционных методов очистки, окисление кислородом воздуха не требует применения токсичных и агрессивных реагентов, катализаторов или ингибиторов и открывает перспективы широкого применения наноалмазных материалов [18].

Авторы публикации [19] представляют результаты своих последних исследований по углеродным нанотрубкам. Исследования выполнены в двух направлениях:

- синтез УНТ;
- получение композиций на основе УНТ, содержащих множество функциональных групп.

По состоянию на сегодняшний день, синтез УНТ базируется на трех основных способах получения, а именно:

- методах испарения углеродных источников в электрической дуге;
- под действием лазерного облучения;
- пиролитическом методе с последующим осаждением химических паров, т.е. CVD.

Авторы проанализировали преимущества и недостатки этих методов и показали, какой из них является наиболее приемлемым как коммерческий. Метод CVD по ключевым параметрам рассматривается как наиболее перспективный способ производства УНТ в больших количествах. Во-вторых, авторы сообщают о синтезе растворимой, высокофункционализированной композиции полианилин/УНТ и подчеркивают важное значение конформационных изменений для достижения надлежащего взаимодействия в системе «УНТ-полимерная матрица» [19].

ОУНТ были синтезированы в больших количествах каталитическим разложением метана в присутствии мелкодисперсных частиц железа на MgO в температурном

интервале 800–1000 °C [20]. ОУНТ, как показали микроскопический SEM и рентгенодифракционный анализы, имели мало дефектов и содержали небольшое количество аморфного углерода. Повышение температуры незначительно повлияло на повышение качества конечных целевых продуктов, но снижало их выход. Было также выявлено, что сырые ОУНТ могут легче отделяться от примесей подложки MgO простой обработкой кислотой, нежели термическим окислением. В конечном итоге, ОУНТ с чистотой более 94 % были получены комбинацией двухстадийного процесса — термического окисления кислородом воздуха и кислотной обработки без многоступенчатой фильтрации. Очищенные образцы ОУНТ были охарактеризованы SEM, рентгено-дифракционным методом XRD и Раман-спектроскопией [20].

Также в больших количествах и с высоким выходом ОУНТ были получены путем испарения угольного электрода, содержащего около 1 % катализатора Fe в электрической дуге в атмосфере смеси водорода с другими инертными газами (Ne, Ar, Kr, Xe, N₂) [21]. Как результат высокой температуры углеродной плазмы, полученные ОУНТ обладали высокой кристаллическостью. Частицы железного катализатора были обнаружены в составе аморфного углерода, как предполагается, из-за влияния водорода в момент образования ОУНТ («in situ»). Авторы предложили способ очистки больших количеств ОУНТ, состоящий из возвратного орошения материала раствором пероксида водорода с последующей обработкой соляной кислотой. Такая очистка позволяет полностью удалить примеси металлического катализатора и получить ОУНТ с чистотой более 90 % [21].

В работе [22] были оптимизированы методы синтеза ОУНТ и МУНТ с «плавающим» катализатором. Выход продукта был доведен до 6 г/ч для ОУНТ и до 20 г/ч для МУНТ, соответственно. Было проведено сравнение разных методов очистки УНТ и выявлено, что процедура, включающая броминирование при комнатной температуре, является наиболее эффективной. С помощью квазистационарного волюмометрического метода была определена способность различных целевых продуктов к поглощению (адсорбированию) водорода. В результате установили, что при комнатной температуре и давлении газа до 150 атм, как для ОУНТ, так и для МУНТ поглощение водорода не превышает 1,5 % и в незначительной степени зависит от чистоты продукта [22].

МУНТ высокой чистоты были синтезированы из ароматических углеводородов (бензол, толуол, ксилол и триметилбензол) с использованием в качестве катализатора ферроцена [23]. Пиролиз ароматического сырья при 675 °C, времени выдержки 14 с и соотношении Fe/C, равном 1,07 %, привел к конверсии углеводородного сырья 20–31 % и выходу углеродных нанотрубок 19,8–30,5 % или 5,3–8,3 г CNT/грамм катализатора. Полученные МУНТ были исследованы методами ТГА, SEM, ТЕМ и Раман-спектроскопией. Для различных видов сырья, качество полученных МУНТ достаточно высокое, но конверсия углерода и выход УНТ отличаются. Про-

ведение оптимизации процесса для толуола показало, что конверсия углерода в оптимальных условиях, т. е. при 800 °С, соотношении Fe/C = 0,47 % и времени выдержки 10–20 с может достигать более 39 %, выход УНТ составляет 38,7 %, а по катализатору — 18,3 % [23].

Крепкие и гибкие углеродные нанотрубки нашли новое применение с целью улучшения характеристик обычных волокон на полимерной основе. Исследования показали, что самым лучшим видом нанотрубки для усиления полимерной композиции являются многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ) маленького диаметра. В настоящей статье описывается разработка техники каталитического получения МУНТ диаметром менее 38 нм [24]. Исследования структурных характеристик УНТ с помощью методик SEM, ВРТЕМ, ТГА и Раман-спектроскопии, показали, что в зависимости от использованных катализаторов — Fe, Co и Ni кристалличность и размеры УНТ меняются. Результаты свидетельствуют, что самые маленькие частицы УНТ получают при каталитическом росте на никеле. Принципиально доказано, что при правильном и целесообразном подходе может быть получен целый ряд УНТ различного диаметра. Эти УНТ с оптимальным диаметром могут быть успешно использованы для материалов с целью улучшения механических свойств полимерных композиций. Композиции, усиленные нанотрубками, могли бы в конечном итоге служить базой для создания нового класса крепких и легких волокон с высокой электро- и теплопроводностью, т. е. обладающих свойствами, которые не характерны для обычных полимерных волокон [24].

Степень превращения метана и выход углерода при осаждении химических паров определяют следующие оптимальные условия реакции образования МУНТ: 50 мг нано-MgNi-сплава в качестве катализатора пиролиза чистого метана CH₄ при скорости течения газа 100–120 мл/мин, температуре 650 °С и времени реакции 30 мин. Раман-спектры показывают, что все образующиеся нанотрубки являются многостенными, так как нет никаких характерных для ОУНТ спектральных данных в диапазоне 200–400 см⁻¹. Эти данные находятся в хорошем согласии и с данными XRD и ТГА. При проведении синтеза в атмосфере водорода выход МУНТ достигает 31 %, а чистота 92 %. Предполагается, что присутствие водорода при пиролизе метана предотвращает дезактивацию катализатора и увеличивает степень графитизации УНТ. Кроме того, присутствие в сплаве металла Mg может предотвратить агрегирование Ni и способствовать образованию активной фазы Mg-Ni, интенсифицирующей пиролиз CH₄ с образованием УНТ. После процедуры очистки окислением на воздухе при 550 °С и обработкой HCl, выход УНТ достигает 73,2 %, а степень чистоты (98,04 ± 0,2 %) [25].

Работа [26] описывает применение УНТ в качестве биологических устройств. Описан синтез МУНТ методом CVD и исследовано влияние некоторых параметров реакции на конечный выход продукта. Очень интересно и важно, что тесты по биологической совместимости,

проведенные в данной работе показали, что очищенные НТ не токсичны. В завершение, описан процесс функционализации МУНТ с целью улучшения взаимодействия «НТ — биомолекула».

ОУНТ с узким разбросом по диаметру были синтезированы методом CVD на нити накала из ацетилена при 590 °С. В этом процессе в качестве катализатора без носителя использовались частицы железа размером 1,6; 2,0; 2,5; 5,0 и 10 нм (стандартное отклонение, приблизительно, до 10 %). Были получены ОУНТ диаметром 2 нм и менее. Соотношение полос поглощения G/D Раман-спектров выше 35 доказывает получение ОУНТ высокого качества. Установлена корреляция между диаметром полученных SWCNT и диаметром частиц, доказывающая рост ОУНТ контролируемого диаметра [27].

С помощью оптической абсорбционной спектроскопии и термогравиметрии исследована термическая стабильность исходных и очищенных образцов ОУНТ, полученных диспропорционированием оксида углерода в газовой фазе в присутствии частиц железа при высоком давлении (метод NiPCO) [28]. Анализ спектров оптической абсорбции показал, что термическое окисление исходного материала протекает достаточно быстро и равномерно, благодаря каталитическому действию, вызываемому присутствием частиц железа в образце. Деструкция сырых и очищенных образцов ОУНТ начинается при температурах около 250 и 300 °С, соответственно. Показано, что металлические ОУНТ (конфигурация «кресло») подвергаются более быстрому окислению по сравнению с полупроводниковыми ОУНТ (другие конфигурации) [28].

Поиск и нахождение правильного сочетания подложки и катализатора для синтеза УНТ хорошего качества и в достаточном количестве является активной темой современных исследований. В попытке достичь этой цели [29] в качестве подложки для смеси катализаторов Fe/Co использовался гидроксид алюминия, полученный различными способами и изучена активность указанной каталитической системы при получении УНТ. Реакции синтеза УНТ были выполнены с использованием метода CVD в горизонтальной печи при 700 °С, в присутствии азота как газа-носителя и ацетилена как источника углерода. Авторы отмечают, что выход и природа образующихся УНТ в значительной степени зависит от метода приготовления подложки и смеси «катализатор-основа». Так, выход полученного углеродного осадка менялся от 24 до 31,9 % от начального веса катализатора. SEM-анализ углеродного продукта показал, что УНТ образуются либо в виде плотных пучков, либо в виде сетчатых структур. ТЕМ-анализ углеродного продукта показал, что образующиеся УНТ по своей природе являются многостенными. Рентгенография XRD и ТГА каталитической системы позволила дать правильную интерпретацию результатов анализа по выяснению природы полученных УНТ. В работе также описан метод очистки сырой синтезированной углеродной сажи. Степень чистоты УНТ от остатков подложки отслеживали на приборе Al-27 MASNMR, с помощью

рентгенографии следили за содержанием Fe и Co, а по гамма-эмиссии — за содержанием Al [29].

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР ИЗ КАУСТОБИОЛИТОВ

Среди многочисленных публикаций по синтезу углеродных наноструктур особый интерес вызывают работы, где для синтеза привлекаются горючие ископаемые органического происхождения. В настоящее время публикаций на эту тему очень мало, но со временем, этот, весьма перспективный метод получения углеродных наноструктур получит интенсивное развитие.

Из опубликованных по этой теме работ можно отметить получение полиэдрических углеродных нанокластеров при сгорании бензина [30] или дизельного топлива [31]. В копоти от сжигания бензина, отобранной из отложений в глушителе автомобилей с различной длиной пробега (от 1600 до 120 000 км) были обнаружены фуллереноподобные структуры диаметром 20–40 нм. Идентификацию проводили с помощью методов ТЕМ, ВРТЕМ и рентгеноспектрального анализа по энергетической дисперсии (EDX). В саже также были обнаружены частицы металлов, главным образом, железа. Авторы считают, что эти частицы играют роль катализатора при образовании сферических углеродных образований, т. е., по существу, имеет место каталитический пиролиз бензина при температурах 1000–1200 °С [30].

Фуллерены могут быть получены также из нефтяных сланцев путем лазерного облучения продуктов пиролиза при 400 °С в атмосфере гелия. Авторы докладывают о принципиальной возможности получения фуллеренов из нефтяных сланцев на примере трех объектов:

- месторождения Кукерсайт (Эстония), относящегося по геологическому возрасту к ордовикскому периоду палеозойской эры;
- месторождения Торбанит (Австралия), относящегося к пермскому периоду палеозойской эры;
- месторождения Гойнюк (Турция), относящегося к олигоценовой эпохе палеогенового периода кайнозойской эры [32].

Структура образованных фуллеренов была подтверждена ион-циклотронно-резонансной масс-спектрометрией, инфракрасной спектроскопией с преобразованием Фурье и C^{13} -ядерным магнитным резонансом. Выявлена закономерность, что по мере увеличения возраста горючих сланцев их способность к генерации фуллеренов возрастает [32].

В работе [33] было показано, что нефтяные асфальтены могут являться прекурсорами для получения фуллеренов. Авторы провели ряд экспериментов с асфальтенами из мексиканской и канадской нефти и показали, что при облучении пучком электронов происходит разрушение алифатических составляющих асфальтенов, а оставшиеся ароматические структуры образуют фуллереноподобные «луковицы» и фуллереновые образования $C_{240}@C_{60}$. При этом в работе отмечалось, что наличие в составе асфальтенов гетероатомов (S, V и др.) вызывает метастабильность

образующихся фуллереновых структур. Для наблюдений за процессом формирования и трансформации структур были использованы методы ВРТЕМ и EDX [33].

Также описывалась принципиальная возможность синтеза УНТ из тяжелого нефтяного сырья, в частности, тяжелых углеводородов природного асфальта. Предварительно, перед использованием этих тяжелых нефтяных углеводородов в качестве модельного углеводорода был взят толуол. Толуол был подвергнут пиролизу. В результате УНТ были обнаружены в углеродной массе продуктов на внутренней стенке и при выходе из кварцевой трубки. Наличие УНТ подтверждено электронной SEM-спектроскопией и экспериментом по программированному окислению. Найденные на толуоле условия были перенесены на фракцию асфальтенов и мальтенов из природного асфальта. В результате, при выбранных условиях, заданной температуре и количестве катализатора были получены УНТ с диаметром 30–60 нм [34].

ВЫВОДЫ

Таким образом, суммируя результаты исследований, можно сделать вывод, что в качестве современных методов получения углеродных наноструктур используются в основном два метода — испарение углеродсодержащих материалов под действием электрического разряда и пиролиз углеводородного сырья. Оба метода включают осаждение углеродных газов, образующихся в результате указанных воздействий. Действию электродугового разряда подвергается графит, технический и электродный углерод, суперчистый каменный уголь. В качестве газовой среды используют инертные газы, водород и воздух. Для получения ОУНТ присутствие металлических катализаторов (железо, ферроцен) обязательно. Для пиролиза используют метан, этилен, ацетилен, оксид углерода, этанол, метанол, тетрагидрофуран, бензол, толуол, ксилол, триметилбензол, в качестве катализаторов — Fe, Co, Ni, Fe-Co, Fe-Ni, nano-Mg-Ni, Ni-Co, Fe/MgO (подложка), Fe-Co/MgO, Fe-Co/SiO₂, Fe-Co/Al(OH)₃, ферроцен.

Нефтяные системы являются перспективным объектом в качестве источника сырья для получения углеродных наноструктур. Однако исследования в этом направлении находятся пока на начальной стадии развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Endo M., Hayashi T., Kim Y.-A. **Large – scale production of carbon nanotubes and their applications** Pure and Applied Chemistry 2006; 78(9): 1703–13
2. Endo M., Hayashi T., Kim Y.-A., Muramatsu H. **Development and application of carbon nanotubes** Japanese Journal of Applied Physics Part 1-Regular Papers Brief Communications & Review Papers 2006; 45(6A): 4883–92
3. Alekseev N. I., Arapov O. V., Polovtsev S. V., Charykov N. A., Izotova S. G., Potalitsin M. G. **Methods for purification of carbon nanotubes obtained from fullerene production deposits** Russian Journal of Applied Chemistry 2005; 78(12): 2019–21
4. Oancel C., Yurum Y. **Carbon nanotube synthesis via the catalytic CVD method: A review on the effect of reaction parameters** Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures 2006; 14(1): 17–37
5. Ando Y., Zhao X.-L. **Synthesis of carbon nanotubes by arc – discharge method** New Diamond and Frontier Carbon Technology 2006; 16(3): 123–37
6. Wang Y.-U., Liu Y.-Q., Wei D.-C., Cao L.-C., Fu L., Li X.-L., Kajiwara H., Li Y.-M., Noda K. **Controlled growth of single - walled carbon nanotubes at**

atmospheric pressure by catalytic decomposition of ethanol and an efficient purification method *Journal of Materials Chemistry* 2007; 17(4): 357 – 63

7. Zhang Q-F., Yu H., Luo G-H., Qian W-Z., Wei F. **Synthesis of single – walled carbon nanotubes by chemical vapor deposition of methane in a fluidized bed reactor: temperature and reaction time effects** *New Carbon Materials* 2006; 21(4): 349 – 54

8. Zhou Y., Xiao N., Sun Y-F., Sun T-J., Zhao Z-B., Qiu J-S. **Mass production of high – purity bamboo – shaped carbon nanotubes from ethanol using a plasma jet** *New Carbon Materials* 2006; 21(4): 365 – 68

9. Mahanandia P., Vishwakarma P.N., Nanda K.K., Prasad V., Subramanyam S.V., Dev S.K., Satyam P.V. **Multiwalled carbon nanotubes from pyrolysis of tetrahydrofuran** *Materials Research Bulletin* 2006; 41(12): 2311 – 17

10. Zhou J-H., Sui Z-J., Li P., Chen D., Dal Y-C., Yuan W-K. **Structural characterization of carbon nanofibers formed from different carbon – containing gases** *Carbon* 2006; 44(15): 3255 – 62

11. Qi H., Qiang C., Liu J. **Synthesis of high – purity few – walled carbon nanotubes from ethanol/methanol mixture** *Chemistry of Materials* 2006; 18(24): 5691 – 95

12. Mathur R.B., Lal C., Sharma D.K. **Catalyst – free carbon nanotubes from coal – based material** *Energy Sources Part A – Recovery Utilization and Environmental Effects* 2007; 29(1): 21 – 7

13. Sugai T. **Production and purification of nanocarbon materials by high-temperature pulsed arc discharge** *New Diamond and Frontier Carbon Technology* 2006; 16(3): 151 – 62

14. Chen Z.G., Li F., Ren W.C., Cong H.T., Liu C., Lu G.Q., Cheng H.M. **Double – walled carbon nanotubes synthesized using carbon black as the dot carbon source** *Nanotechnology* 2006; 17(13): 3100 – 04

15. Ramesh P., Okazaki T., Sugai T., Kimura J., Kishi J., Sato K., Ozeki Y., Shinohara H. **Purification and characterization of double – wall carbon nanotubes synthesized by catalytic chemical vapor deposition on mesoporous silica** *Chemical Physics Letters* 2006; 418(4 – 6): 408 – 12

16. Kim Y.A., Muramatsu H., Hayashi T., Endo M., Terrones M., Dresselhaus M.S. **Fabrication of high – purity, double – walled carbon nanotube buckypaper** *Chemical Vapor Deposition*. 2006; 12(6): 327 – 30

17. Kim H.H., Mm H.J. **Preparation of carbon nanotubes by DC arc discharge process under reduced pressure in an air atmosphere** *Materials Science and Engineering B – Solid State Materials for Advanced Technology* 2006; 133(1 – 3): 241 – 44

18. Osswald S., Yushin G., Mochalin V., Kucheyev S.O., Gogotsi Y. **Control of sp (2)/sp (3) carbon ratio and surface chemistry of nanodiamond powders by selective oxidation in air** *Journal of the American Chemical Society* 2006; 128(35): 11635 – 42

19. Bentio A.M., Maser W.K., Martinez M.T. **Carbon nanotubes: from production to functional composites** *International Journal of Nanotechnology* 2005; 2(1 – 2): 71 – 89

20. Kim J-S., Kim G-H., Kim C. **Synthesis and purification of single – walled carbon nanotubes by methane decomposition over iron – supported catalysts** *Journal of Vacuum Science & Technology* 2006; 24(4): 1314 – 17

21. Zhao X.L., Ohkohchi M., Inoue S., Suzuki T., Kadoya T., Ando Y. **Large – scale purification of single – wall carbon nanotubes prepared by electric arc discharge** *Diamond and Related Materials* 2006; 15(4 – 8): 1098 – 1102

22. Fan Y.Y., Kaufmann A., Mukasyan A., Varma A. **Single- and multi- wall carbon nanotubes produced using the floating catalyst method: Synthesis, purifications and hydrogen up – take** *Carbon* 2006; 44(11): 2160 – 70

23. Das N., Dalai A., Mohammadzadeh J.S.S., Adjaye J. **The effect of feedstock and process conditions on the synthesis of high purity CNTs from aromatic hydrocarbons** *Carbon* 2006; 44(11): 2236 – 45

24. Mohamed N.M., Chech T.Y., Masrom A.K. **Narrow diameter carbon nanotubes (CNTs) for polymer composite reinforcement** *Functional Materials and Devices. Book Series: Materials Science Forum*. 2006; 517: 129 – 34

25. Chen C.M., Dai Y.M., Huang J.G., Jehng J.M. **Intermetallic catalyst for carbon nanotubes (CNTs) growth by thermal chemical vapor deposition method** *Carbon* 2006; 44(9): 1808 – 20

26. Garcia A., Bustero I., Munoz R., Goikotxea L., Obieta I. **Carbon nanotubes for biological devices** *Physica Status Solidi A-Applications and Materials Science* 2006; 203(6): 1117 – 23

27. Kondo D., Sato S., Awano Y. **Low – temperature synthesis of single – walled carbon nanotubes with a narrow diameter distribution using size – classified nanoparticles** *Chemical Physics Letters* 2006; 422(4 – 6): 481-87

28. Gevko P.N., Okotrub A.V., Bulusheva L.G., Yushina I.V., Dettlaff-Weglikowska U. **Effect of annealing on the optical absorption spectra of single – walled carbon nanotubes** *Physics of the Solid State* 2006; 48(5): 1007 – 11

29. Kathyayini H., Willems I., Fonseca A., Nagy J.B., Nagaraju N. **Catalytic materials based on aluminium hydroxide, for the large scale production of**

bundles of multi – walled (MWNT) carbon nanotubes *Catalysis Communications* 2006; 7(3): 140 – 7

30. Lee T.H., Yao N., Chen T.J., Hsu W.K. **Fullerene-like carbon particles in petrol soot** *Carbon* 2002; 40(12): 2275 – 79

31. Ishiguro T., Takatori Y., Akihama K. **Microstructure of diesel soot particles probed by electron microscopy: First observation of inner core and outer shell** *Combustion Flame* 1997; 108(1 – 2): 231 – 4

32. Fisher K., Largeau C., Derenne S. **Can oil shales be used to produce fullerenes?** *Organic Geochemistry* 1996; 24(6 – 7): 715 – 23

33. Camacho-Bragado G.A., Santiago P., Marin-Almazo M., Espinosa M., Romero E.T., Juan Murgich, Rodriguez Lugo V., Lozada-Cassou M., Jose-Yacamana M. **Fullerene structures derived from oil asphaltene** *Carbon* 2002; 40(15): 2761 – 66

34. Kiden K., Kamiyama Y., Nomura M. **A possibility of the production of carbon nanotubes from heavy hydrocarbons** *Fuel Processing Technology* 2008; 89(4): 449 – 54



Зейналов Эльдар Багадур оглы, профессор, член Международной Академии Творчества (1990 г.) и Американского Химического Общества (2009 г.). В 1971 г. г-н Зейналов окончил с отличием химический факультет Азербайджанского Государственного Университета им. С.М. Кирова. В 1971 – 1976 гг. учился в аспирантуре Института Химической Физики АН СССР, Москва. В 1976 г.

получил ученую степень кандидата, а в 1989 г. — доктора химических наук, с 2010 г. — профессор. С 1995 г. по настоящее время — заведующий лабораторией «Жидкофазное окисление углеводородов» Института Нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева, Национальной Академии Наук Азербайджана. Область научных интересов включает окисление углеводородов, полимеров и нефтяных систем, кинетика цепных реакций окисления, кинетический анализ антиоксидантов, деструкция и стабилизация полимерных материалов и композиций, фуллерены, углеродные нанотрубки и нановолокна, фуллеренолы, функционализированные углеродные наноструктуры, нано-диоксиды титана в реакциях окисления и этерификации. Связаться с г-ном Зейналовым можно по адресу: elzey@mail.ru.



Ибрагимов Хикмет Джамал оглы, кандидат технических наук (1979 г.), доктор технических наук (2011 г.), заместитель директора Института Нефтехимических процессов им. акад. Ю. Г. Мамедалиева Национальной Академии Наук Азербайджана. Окончил химический факультет Азербайджанского Государственного Университета им. С.М. Кирова в 1973 году. С 2010 г. заведующий лабораторией

«Алкилирование», с 2011 г. заведующий лабораторией «Каталитический крекинг» Института Нефтехимических процессов. Область научных интересов включает пиролиз нефтепродуктов, получение наноструктурированных катализаторов содержащих металл, каталитический крекинг, алкилирование, высокомолекулярные соединения. Связаться с г-ном Ибрагимовым можно по адресу: ibragimov-hikmet@rambler.ru.



Сейдов Надир Мир-Ибрагим оглы, доктор химических наук (1971 г.), профессор (1972 г.), действительный член Национальной Академии Наук Азербайджана (2001 г.), академик-секретарь Отделения Химических Наук Национальной Академии Наук Азербайджана, главный научный сотрудник Института Нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева Национальной Академии Наук

Азербайджана. Область научных интересов включает химию и технологию высокомолекулярных соединений. Связаться с г-ном Сейдовым можно по адресу: keb-chemistry@rambler.ru.



Ищенко Нелли Яковлевна, заведующая лабораторией «Модификация Полиолефинов» в Институте Полимерных Материалов НАНА. Кандидат химических наук, доцент. Связаться с г-жой Ищенко можно по адресу: nelly1949@yandex.ru.

КОНЕЦ ДЕШЕВОГО УГЛЯ

R. Heiberg, D. Friedly, Post Carbon Institute



Мировая политика в области энергетики охвачена заблуждением — идеей о том, что уголь еще много десятилетий будет оставаться дешевым. Такое предположение поддерживает инвестиции в «чистые угольные» технологии и перевешивает серьезные усилия по повышению экономии энергии и разработке ее альтернативных источников. Это достаточно серьезное предположение относительно нашей будущей энергетики, требующее более тщательного рассмотрения (см. рис.).

Существуют две причины предполагать, что цены на уголь могут в будущем в значительной степени повыситься.

Во-первых, большое число современных исследовательских проектов [1 — 5] наводит на мысль о том, что имеющийся в распоряжении полезный уголь может оказаться не таким обильным, как предполагалось. В действительности, пик мировой добычи угля может быть достигнут уже через несколько лет. Одно из пессимистических исследований, опубликованных в 2010 г. [1], привело к выводу, что пик мировой энергии, полученной из угля, может достигнуть максимума уже в 2011 г.

Во-вторых, мировой спрос на уголь, в значительной степени подгоняемый Китаем, быстро растет. В 1990-х годах спрос сдержанно увеличивался (на 0,45 % в год), но с 2000 г. он подскочил до 3,8 % в год. Китай является и крупнейшим мировым регионом, добывающим уголь (40 % мировой добычи), а также и его главным потребителем. Его влияние на будущую цену на уголь нельзя недооценивать.

Экономические потрясения от повышения цен на уголь почувствуют все слои общества. Лучшие данные о мировых запасах угля давно просрочены, а энергетическая политика, предполагающая наличие бездонной угольной шахты, требует безотлагательного пересмотра.

Прогнозирование будущих поставок угля — туманное дело, в основном из-за низкой надежности национальных оценок. Китай заявляет о наличии достаточного количества угля для поддержания текущих темпов роста его экономики. Согласно данным, собранным в 2000 — 2010 гг. в ходе национального исследования ресурсов, проведенного Министерством земли и ресурсов Китая, суммарные доказанные запасы угля в этой стране составляют 187 млрд т, т.е. находятся на втором месте после США. Для Китая это означает почти 62 года обладания углем на уровне потребления 2009 г. (приблизительно 3 млрд т/год). Такой простой расчет «ресурса» пользуется спросом среди промышленников и политиков, но может создавать ложное чувство безопасности в отношении фактического состояния ресурсов. «Доказанными и извлекаемыми запасами» называется оценка национальных запасов угля, добыча которого, по мнению геологов, технически и экономически целесообразна. Новые технологии ведения горных работ и более высокие цены на уголь, в принципе, способны увеличить размеры таких запасов. Но, как показывают национальные исследования месторождений угля последних десятилетий, существует глобальная непреодолимая тенденция, заключающаяся в сокращении разведанных запасов стран по мере обнаружения геологами ограничений (местоположение, глубина, мощность и качество пла-



ста) на уголь, который можно было бы на самом деле извлечь.

Например, за период 2003 — 2008 гг. запасы угля Германии и ЮАР снизились более чем на треть. Проведенное в девятнадцатом веке первое исследование запасов угля в Великобритании предположило, что стране хватит угля на 900 лет. Временной ресурс современных запасов равен всего 12 годам [6], а угольная промышленность Великобритании составляет крошечную часть от ее прошлых объемов. Точно так же первое официальное исследование угольных запасов США, проведенное в начале двадцатого века, предположило, что стране хватит угля на 5000 лет. В 1974 г. эти оценки сократились примерно до 400 лет, а сегодня остановились на 240 годах. Существуют исключения из этой тенденции: оценки запасов в Индонезии и Индии увеличились. Тем не менее, в целом, данные оценки мировых запасов угля в последние годы снизились с большими темпами, чем можно было объяснить только лишь одной разработкой месторождений.

ОПТИМИСТИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ

Запасы угля Китая последний раз исследовались в начале 2000 годов, а запасы США — в 1970-х годах. В отличие от США Китай не располагает огромными месторождениями угля, добываемого в открытых карьерах. Более 90 % китайского угля поступает из подземных разработок, находящихся на глубине до 1000 м и связанных со все более сложными техническими проблемами. Мы обоснованно полагаем, что сегодняшние показатели запасов угля слишком оптимистичны. Там, несомненно, есть уголь, но, как и в большинстве случаев при проведении анализа всех регионов мира становится ясно, что большей части этого угля, вероятно, суждено остаться на месте. Один из способов оценки будущей добычи заключает-

ся в изучении тенденции суммарной добычи на данный момент. Этот способ разработал геофизик King Hubbert, использовавший данные нефтяной промышленности США 1950-х годов, чтобы предсказать возможность пика нефтедобычи в начале 1970-х годов. Это сработало. Вычерченные Hubbert графики изменения добычи в зависимости от времени принимают форму искаженной кривой нормального распределения с коротким пиком и постепенным снижением. Применяв анализ Hubbert по отношению к углю, китайские академики Тао и Ли [7] прогнозировали еще в 2007 г., что добыча Китая достигнет пика и начнет снижаться задолго до простой 62-летней оценки, и пик может быть зарегистрирован уже в 2025 г. Во время и по окончании периода максимальной добычи качество запасов будет снижаться, а себестоимость добычи увеличится, что приведет к повышению цен на уголь, как это уже начало происходить с азиатско-тихоокеанским углем.

Для принятия решения о размещении пика между 2025 и 2032 гг. Тао и Ли использовали последние официальные данные китайского правительства о запасах в объеме 187 млрд т.

Другие прогнозы оказались более оптимистичными. По прогнозу, составленному в 2007 г. берлинской компанией Energy Watch Group на основе объема запасов в 114,5 млрд т (по данным доклада Китая на Всемирном Энергетическом Совете в 1992 г.), пик добычи приходится на 2015 г., а ее быстрое снижение начинается в 2020 г. Аналогичное беспокойство, возникшее в 1998 г. относительно конца дешевой нефти [8], оказалось пророческим. С тех пор цены на нефть значительно выросли, так же как и затраты на обнаружение и извлечение новых запасов. Сегодняшняя цена на нефть, превышающая 80 долл/бэрл, почти в три раза выше верхней границы официального прогноза на 2010 г., опубликованного в конце 1990-х годов [9]. Новые технологии обеспечили доступ к незначительным запасам нефти, а глубоководное бурение и

разработка нефтеносных песков влекут за собой высокие затраты и риски.

Точно так же новые технологии (подземная газификация угля) могут, в конечном счете, обеспечить доступ к минимально эффективным запасам угля, но потребуют много времени и значительных вложений в широкомасштабное налаживание промышленной разработки. Тем временем с ростом спроса на топливо исчезают наиболее качественные и доступные мировые запасы угля.

Потребление угля быстро ускоряется, особенно в Китае. Такие уровни потребления лишают смысла все попытки определить показатели временного ресурса запасов, вычисленные на основе ровного спроса. По прогнозам, приведенным в 2009 г. в докладе китайского Научно-исследовательского энергетического института, спрос на уголь может увеличиться на 700 млн т и достигнуть к 2020 г. 1 млрд т, сократив временной ресурс запасов примерно до 33 лет. Если спрос на уголь будет расти одновременно с намеченным экономическим ростом Китая, то временной ресурс запасов может снизиться до 19 лет [10].

ЗАВИСИМОСТЬ ОТ УГЛЯ

У Китая мало шансов снизить свою зависимость от угля. В этом регионе уголь более распространен в промышленности, чем в США, где он используется в основном в топливной энергетике. Примерно половина китайского угля обеспечивает 80 % электроснабжения этой страны, другие 16 % используются в целях получения кокса для крупнейшей в мире черной металлургии. Сотни миллионов жителей северного Китая потребляют еще 6 % угля в целях обеспечения зимнего теплоснабжения. Оставшиеся 28 % используются главным образом промышленностью (цементной, химической и цветной металлургией). Несмотря на то, что Китай быстро увеличивает поставки природного газа, только замена угля, используемого на отопление, удвоила бы суммарное потребление газа.

Урбанизация тоже влияет на повышение спроса на уголь. В настоящее время менее половины населения Китая проживает в городах (по сравнению с 80 % в США и Евросоюзе). Чтобы обеспечить гражданам улучшение жизненных условий и возможностей в последующие 15 лет правительству необходимо приостановить рост (в этот период) городского населения до не более чем в 350 млн человек. Причем всем городским жителям потребуется инфраструктура (жилье, энергия, транспорт, водоснабжение и водоочистка). Это неизбежно повлечет за собой устойчивые поставки таких строительных материалов как цемент, сталь, алюминий и медь, производство которых зависит от угля. При условии одновременной реализации активных планов энергоэффективности и использования альтернативных видов энергии ожидается, что в течение следующего десятилетия для экономического роста и урбанизации потребуется как минимум 700 млн т угля [7].

Может ли Китай обратиться к кому-либо за углем? США обладают крупнейшими в мире официальными запасами, но почти все объемы добываемого в настоящее время угля (1 млрд т) используются внутри страны. Крупнейшие экспортеры угля, такие как Австралия, Индонезия и ЮАР, имеют гораздо меньшие запасы и объемы добычи — приблизительно от 250 до 400 млн т/год. В 2008 г. вся морская торговля первичным углем (используемым в основном на электростанциях) составляла около 630 млн т. Даже если бы она выросла (за счет увеличения объемов поставок из Австралии, России и Индонезии), то рост был бы ограничен, а цены повысились бы из-за необходимости сооружения шахт, железных дорог и портов.

Россия имеет большие, но неосвоенные запасы угля в Сибири. Они располагаются вдалеке от центров спроса, а затраты на транспортировку угля железнодорожным транспортом достаточно высоки (вот почему крупнейшие экспортеры находятся в прибрежной зоне, а перевозка осуществляется морем).

Несмотря на это России было бы проще экспортировать сибирский уголь в Китай, чем в Европу, особенно если бы Китай оказал помощь в строительстве железных дорог.

Один только Китай при текущих темпах роста импорта мог бы за три года поглотить весь сегодняшний азиатско-тихоокеанский экспорт. Остальные страны региона тоже зависят от угля, поэтому Китай, безусловно, не может забирать все, но конкуренция за импорт ведет к повышению цен. Кроме того, существует Индия, импорт которой к 2012 г. может почти удвоиться до 100 млн т. Индия — одна из немногих стран, недавно пересмотревших оценки своих запасов в сторону увеличения, но ее высококачественные запасы ограничены, а объемы импорта постоянно увеличиваются.

Неизбежным результатом быстро растущего спроса и сокращения поставок станет всеобщее повышение цен на уголь, которое охватит даже страны, независимые в настоящее время от ресурсов.

Неточность данных о запасах угля в мировом масштабе означает, что любой прогноз затуманивается неопределенностью. Даже при условии наличия передовых с точки зрения специалистов технологий США (называемых иногда «Саудовской Аравией» угля) большинство экспертов полагаются на исследования запасов угля десятилетней давности. Их обычно истолковывают как подтверждающие то, что государство обладает запасами угля на 250 лет. Для стратегического планирования в области энергетики эта цифра недостаточно надежна.

С учетом выработки энергии пик добычи угля в США пришелся на конец 1990-х годов (объемы продолжали расти, но снизилось энерго содержание угля). В 1995 г. Геологическая служба США (US Geology Survey — USGS) обещала провести новое национальное исследование угля, но пока не чувствуется, что эта организация или Конгресс установили этому проекту высокий приоритет. Самые последние исследования [11] и [12] двух важнейших горнодобывающих

регионов показывают быстрое истощение высококачественных запасов. В США еще имеется огромное количество угля, но даже с учетом новых горнодобывающих районов в бассейнах штатов Аляска, Монтана и Иллинойс будущее увеличение выработки электроэнергии сомнительно.

ОГРАНИЧЕННОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ

USGS следует, как минимум, безотлагательно провести новое национальное исследование запасов угля. Для безопасности мировых энергоресурсов необходимо лучше понимать внутреннюю добычу угля в Китае и определить время ее возможного снижения.

Мы полагаем, что после 2020 г. мировые энергоресурсы вряд ли смогут соответствовать запланированному спросу. Поэтому для всех секторов промышленности, включая сельское хозяйство, транспорт и производство, будут необходимы новые ограничения потребления энергии, налагаемые ценами на энергоносители и дефицитом, возникающим в случае отсутствия действенных мер в планировании и политике.

Ограничения запасов тоже имеют последствия с точки зрения развития чистых угольных технологий. Такие технологии, известные еще под названием «улавливание и хранение углерода» (УХУ), являются единственным предложением по сокращению выбросов парниковых газов при одновременном увеличении поставок энергоносителей. Поддержание экономического роста наряду с повсеместным исключением угля из уравнения энергии будет затруднительно, и практический каждый человек предполагает, что уголь в далеком обозримом будущем будет оставаться дешевым, поэтому идея состоит в том, чтобы предотвращать попадание в атмосферу углекислого газа, образующего в больших количествах при сжигании угля.

Но существуют две загвоздки:

- трудность увеличения масштабов такого предприятия;
- воздействие на стоимость электроэнергии.

Как отмечали многие аналитики, масштабы и стоимость чистой угольной инфраструктуры будут огромными [13]. Энергетические аналитики соглашались с тем, что при этом повысятся цены на электроэнергию, но программа может сработать при условии, что цены на уголь останутся низкими. Если этого не произойдет, в строительстве новых угольных электростанций (традиционных или чистых) мало практического смысла, за исключением случаев замены стареющей неэффективной инфраструктуры.

Государствам нужно немедленно начинать планирование с учетом высоких цен на ископаемые виды топлива и делать максимально возможные вложения в энергоэффективность и инфраструктуру возобновляемых источников энергии. Даже в этом случае миру придется принять снижение темпов экономического роста.

Источник: www.postcarbon.org/eog | carbon.org/eog |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Patzek, T. W. & Croft, G. D. Energy 35, 3109—3122(2010).
2. Mohr, S. H. & Evans, G. M. Fuel 88, 2059—2067(2009).
3. Zittel, W. & Schindler, J. Energy Watch Group, Paper No. 1/07 (2007); available at <http://go.nature.com/jngfsa>
4. Rutledge, D. Hubbert's Peak, The Coal Question, and Climate Change (2007); available at <http://rutledge.caltech.edu>
5. Höök, M., Zittel, W., Schindler, J. & Aleklett, K. Fuel 89, 3546—3558 (2010).
6. 2010 Survey of Energy Resources (World Energy Council, 2010); available at <http://go.nature.com/hde5r7>
7. Tao, Z. & Li, M. Energy Pol. 35, 3145—3154 (2007).
8. Campbell, C. J. & Laherrère, J. H. The End of Cheap Oil. Sci. Am. (March 1998).
9. Energy Information Administration. Annual Energy Outlook 1998 (DOE/EIA, 1997).
10. 2050 China Energy and CO2 Emissions Report (in Chinese) Science Press, 2009).
11. Luppens, J. A. et al. Assessment of Coal Geology, Resources, and Reserves in the Gillette Coalfield, Powder River Basin, Wyoming. Pen-File Report 2008-1202 (USGS, 2008).
12. Coal Reserves of the Matewan Quadrangle, Kentucky — A Coal Recoverability Study. US Bureau of Mines Circular 9355 (USGS, 2003).
13. Strategic Analysis of the Global Status of Carbon Capture and Storage. (Global CCS institute, 2009).

ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СЛАНЦЕВ И ЗАПАСОВ УГЛЯ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ ПРОТИВОРЕЧАЩИХ ДРУГ ДРУГУ ИССЛЕДОВАНИЙ



J. D. Hughes, Post Carbon Institute

Не так давно были опубликованы два противоречащих друг другу исследования по полному объему выбросов парниковых газов, выделяющихся в процессе разработки сланцевых месторождений: одно исследование было опубликовано учеными Корнельского университета (Cornell University), а другое — ученым Национальной лаборатории энергетических технологий (National Energy Technology Laboratory — NETL). В исследовании Корнельского университета, опубликованном в рецензируемом специалистами журнале, приводится вывод, что полный объем выбросов парниковых газов при разработке запасов сланцевых газов, на 20 — 100 % выше, чем для угля (в пределах 20-летнего периода). При этом предполагается, что 70 % потребляемого природного газа используется не для производства электроэнергии. В исследовании NETL, представленном на семинаре в Корнельском университете и позднее опубликованном на веб-сайте NETL (на основе сравнительных данных по производству электроэнергии) сделан вывод о том, что разработка запасов и использование природного газа дает на 48 % меньше выбросов парниковых газов, чем уголь за 20-летний рамочный период. Однако в сравнении NETL, не выделяется специально сланцевый газ, который выбран Информационным агентством США по энергетике (Energy Information Agency — EIA) в качестве основного ресурса для роста поставок природного газа, а также не рассматриваются общие выбросы при производстве электроэнергии за счет сжигания природного газа. Вместо этого акцент ставится на использование более эффективной парогазовой составляющей.

При детальном изучении предположений, приведенных в исследовании NETL, и при сравнении с инвентаризацией 2009 г. выбросов парниковых газов по природному газу Агентства по защите окружающей среды США (Environmental Protection Agency — EPA), вероятно, так же как и для масштабной добычи из скважин сланцевого газа, итоговые выводы не отличаются существенно от исследования Корнельского университета. Выбросы парниковых газов за эксплуатационный цикл для сланцевых газов выше аналогичных показателей для угля при сравнении обоих существующих комплексов производства электроэнергии и наилучших в своем

классе технологий, разработанных для этих двух видов топлива (в пределах 20-летнего периода), но ниже для угля (при учете в рамках 100-летнего периода).

ВВЕДЕНИЕ

В апреле 2011 г. ученые Корнельского университета Robert Howarth, Renee Santoro и Anthony Ingraffea опубликовали доклад под названием «Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations», в котором, среди прочего, содержится заключение [1] о том, что:

«С точки зрения выбросов парниковых газов последствия от использования сланцевых газов более существенные по сравнению с традиционным природным газом или нефтью (при рассмотрении с точки зрения любого периода времени, но чаще превышающего 20 лет). При сравнении с использованием угля выбросы парниковых газов при использовании сланцевого газа, по крайней мере, на 20 % больше и примерно в два раза больше в рамках 20-летнего периода и становятся аналогичными при оценке в рамках 100-летнего периода».

Это заключение оказалось неприемлемым для многих, особенно для сторонников использования природного газа, как «переходного» топлива после нефти и угля.

12 мая 2011 г. ученый из NETL, Timothy Skone, выступил в Корнельском университете с лекцией под названием «Life Cycle Greenhouse Gas Analysis of Natural Gas Extraction & Delivery in the United States» [2]. Позже г-н Skone модифицировал несколько исходных параметров и разместил скорректированную версию на веб-сайте NETL [3]. Хотя г-н Skone не ссылался на недавно опубликованный доклад Howarth и др. по анализу выбросов на протяжении эксплуатационного цикла парниковых газов непосредственно по газу и углю [4], некоторые считают, что его положения могут рассматриваться как контрдоводы против заключений Howarth и др. Michael Levi из Совета по международным отношениям, например, заявил [5], что:

«...оценив потенциал глобального потепления с точки зрения 100-летнего периода и принимая в расчет среднюю электростанцию, мы получим результат, что нетрадиционный газ дает на протяжении эксплуата-

ционного цикла на 54 % меньше выбросов парниковых газов, чем уголь. Даже с точки зрения потенциала глобального потепления в рамках 20-летнего периода, как в противоположность аргументирует Howarth, преимущество от замены угля на нетрадиционный газ составляет почти 50 %».

Признавая важность понимания истинного значения выбросов парниковых газов в течение эксплуатационного цикла, особенно по сланцевому газу, который, как планируется, должен стать основным источником роста поставок газа в США к 2035 г. [5], важно изучить содержание положений Timothy Skone, NETL, и проверить достоверность заявлений, которые можно соотнести с выводами Howarth и др. Наиболее критичными базовыми элементами для сравнения являются:

- достоверность исходных параметров;
- оценка максимальной величины неорганизованных выбросов метана, которые в наибольшей степени влияют на увеличение объемов выбросов парниковых газов по сланцевому газу до его сжигания;
- оценка потенциала глобального потепления по метану и предельный период, для которого она выполняется;
- оценки, выполненные при сравнении сжигания природного газа и угля, использующихся в качестве топлива для производства электроэнергии.

ДОСТОВЕРНОСТЬ ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Достоверность исходных параметров — это критичный элемент, так как в зависимости от оценки исходных параметров каждый может получить любой желательный ответ из результатов аналитического процесса.

Источники использованных исходных параметров, которые применялись Howarth и др. для подготовки оценок, изложены в их рецензированном специалистами докладе, хотя авторы признают, что эти данные менее точные, чем хотелось бы. Американское Агентство ЕРА уведомило, что необходимы более развернутые данные по неорганизованным выбросам метана и ввело ряд новых нормативов, которые должны вступить в силу в марте 2012 г. [7].

Анализ Skone, который был представлен на слайдах в PowerPoint и который не рецензировался специалистами, включает много исходных параметров по обычному и нетрадиционному газу (слайды 21–23); тем не менее, по многим введенным значениям в презентации ссылки отсутствуют. Однако в своем электронном сообщении Skone указывает, что:

«...в исследовании NETL использовались коэффициенты выбросов из перечня ЕРА от февраля 2011 г., применимые к инвентаризации парниковых газов для природного газа (а не результаты инвентаризации ЕРА по извлечению и обработке — в модели NETL). Получение результатов базировалось на эксплуатационном цикле (30-летний период), с учетом коэффициентов выбросов в комбинации с другими коэффициентами

выбросов, для определения наглядного профиля по выбросам парникового газа для природного газа» [8].

Несмотря на это заявление, в презентации отсутствуют ссылки на перечень коэффициентов выбросов, выпущенный ЕРА в феврале 2011 г. (February 2011 Emission factors). Документ, на который существуют ссылки в презентации, как на источник этих данных — это, вероятно, выпущенный ЕРА «Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume I: Stationary Point and Area Sources, AP-42» [9], однако изучение этого документа не выявило ни одного из многих исходных параметров, перечисленных Skone в презентации (слайды 21–23). Пересмотренные коэффициенты выбросов для заканчивания и ремонта обычных и нетрадиционных скважин, приведенные в документе ЕРА [10], скорее всего, использовались, однако это явно не указано. Более того, в случае использования нетрадиционного газа, коэффициенты выбросов ЕРА представляют собой усредненные значения выбросов от добычи метана из угольных пластов, газа из плотных пород и сланцевого газа для всей отрасли. Выбросы метана из подвергнутых гидроразрыву горизонтальных скважин, из которых добывается сланцевый газ, обычно намного больше выбросов метана из угольных пластов или вертикальных скважин добычи газа из плотных пород. Следовательно, использование усредненных значений не позволяет получить точную оценку составляющей по сланцевому газу.

Как будет отмечаться ниже, конечные извлекаемые запасы или добыча сланцевого газа в течение всего эксплуатационного цикла (estimated ultimate recovery — EUR) из скважин — это также очень важный показатель при определении процента общих неорганизованных выбросов метана и здесь отмечается существенное расхождение между значением Skone, используемым для средней газодобывающей скважины Barnett Shale, и тем, которое используют Howarth и др.

ОЦЕНКИ МАКСИМАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ НЕОРГАНИЗОВАННЫХ ВЫБРОСОВ МЕТАНА

Если не принимать во внимание вопросы, касающиеся достоверности исходных параметров, может возникнуть вопрос, как Skone оценивает неорганизованные выбросы метана в сравнении с последними данными инвентаризации, опубликованными ЕРА в 2009 г. [11]? Skone полагает, что определенный процент неорганизованных выбросов метана сторае, что уменьшает уровень выбросов парникового газа, полагая, что более высокий потенциал по глобальному потеплению приходится на метан, выводимый системами вентиляции, за короткий временной период. В табл. 1 приведены основные параметры, взятые Skone в качестве оценки неорганизованных выбросов метана, за минусом процента стораения, с использованием его оценок по средней газодобывающей скважине на Барнетт Шейл.

Принципиальный метод, который использовали Howarth и др. для определения максимальной вели-

Таблица 1. Неорганизованные выбросы метана для средней газодобывающей скважины Барнетт Шейл, взятые из работы Skone (все неорганизованные выбросы измеряются в фунт/тыс. фут³ метана и конвертированы в тыс. фут³ для всего цикла эксплуатации, исходя из веса метана 44,7 фунт/тыс. фут³ в условиях стандартных температуры и давления)

Параметр	Показатель
Расчетные конечные извлекаемые запасы (EUR), млрд фут ³	3,0
Процент сжигания на факеле, %	15
Выбросы при ремонте, тыс. фут ³	11,643
Число капитальных ремонтов на скважину	3,5
Общие выбросы при ремонте, тыс. фут ³	40,751
Выбросы при заканчивании скважины, тыс. фут ³	11,643
Общие выбросы при заканчивании и ремонте, тыс. фут ³	52,394
Вентиляция при заканчивании и ремонте скважины, тыс. фут ³ при 85 %	44,534
Выгрузка жидкой фазы (не учитывалось)	–
Пневматическое добывающее оборудование, неорганизованные выбросы, тыс. фут ³	7,383
Другое добывающее оборудование, неорганизованные выбросы, тыс. фут ³	2,886
Пневматическое обрабатывающее оборудование, неорганизованные выбросы, тыс. фут ³	20
Другое обрабатывающее оборудование, неорганизованные выбросы, тыс. фут ³	2,013
Неорганизованные выбросы при транспортировке на 604 мили, тыс. фут ³	12,081
Общие неорганизованные выбросы, тыс. фут ³	68,917

чины неорганизованных выбросов метана на единицу выработанного тепла, заключался в определении в процентах диапазона величин неорганизованных выбросов метана. По сланцевому газу Howarth и др. оценили, что в пределах 3,6–7,9 % от общей выработки было потеряно в виде неорганизованного выхода метана. Сюда входят сводные потери при извлечении, обработке, передаче, хранении и распределении.

В табл. 2 приведены величины неорганизованных выбросов метана, оцененные Skone по всем источникам поставки природного газа, с использованием параметров из табл. 1. В работе Skone показано, что неорганизованные выбросы метана по всем источникам поставки природного газа составляют 0,51–2,3 % для добычи на протяжении эксплуатационного цикла, со средневзвешенной величиной по всем источникам в 1,52 %, за исключением выбросов при распределении. Это сравнимо с 2,19 %, за исключением выбросов при распределении, для всей системы добычи газа в США по оценке EPA в 2009 г. при инвентаризации выбросов парникового газа по природному газу (табл. 3) [12].

Хотя Skone признает, что неорганизованные выбросы метана по сланцевому газу (как представлено в его расчетах по Барнетт Шейл) значительно выше, чем по обычному газу, на уровне 2,3 %, он оценивает общие неорганизованные выбросы метана по всем источникам примерно в 1,52 %, или примерно на 31 % ниже, чем в соответствии с данными инвентаризации, выполненной EPA.

На рис. 1 показано сравнение различных компонентов неорганизован-

ных выбросов метана по каждому источнику поставки в соответствии с презентацией Skone и данными инвентаризации EPA за 2009 г., которые являются осредненными по неорганизованным выбросам метана (в соответствии со всеми источниками поставки природного газа в США). Это становится причиной возникновения очень важных вопросов, например: Почему оценка Skone неорганизованных выбросов метана намного ниже аналогичной в соответствии с данными инвентаризации EPA? Необходимо отметить, что Бюджетно-контрольное управление США (Government Accounting Office – GAO) оценивает неорганизованные выбросы еще выше, примерно в 4,2 % в год в период 2006–2008 гг. по всем источникам [14].

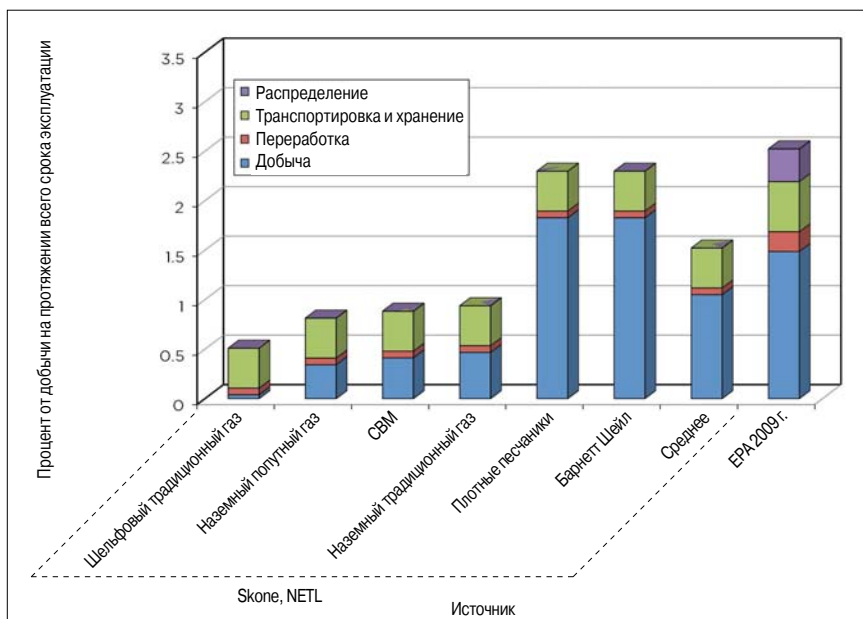


Рис. 1. Неорганизованные выбросы метана по различным источникам поставки в работе Skone, NETL в сравнении с данными инвентаризации EPA за 2009 г.

Таблица 2. Неорганизованные выбросы метана (на регион) для каждого из источников поставки, перечисленных в работе Skone, NETL

Показатель	Источник добычи					
	Шельф, традиционный газ	Наземные месторождения, сопутствующий	Метан из угольных пластов	Наземные месторождения, традиционный газ	Плотные песчаники	Барнетт Шейл
Процент от общей добычи в США	13	7	9	23	32	16
Общая добыча на скважину, млрд фут ³	67,7	4,4	0,2	8,6	1,2	3,0
Средняя добыча за 30 лет, тыс. фут ³ /сут	6,179	399	20	782	110	274
Заканчивание и ремонт скважины, тыс. фут ³ /экспл. цикл	25	3	139	25	17,813	44,534
Выгрузка жидкой фазы, тыс. фут ³ /экспл. цикл	10,709	?	?	10,709	?	?
Добыча: неорганизованные выбросы по пневматическому оборудованию, тыс. фут ³ /экспл. цикл	151	10,828	492	21,163	2,953	7,383
Добыча: неорганизованные выбросы по другому оборудованию, тыс. фут ³ /экспл. цикл	15,145	4,233	192	8,273	1,154	2,886
Обработка: неорганизованные выбросы по пневматическому оборудованию, тыс. фут ³ /экспл. цикл	454	30	1	58	8	20
Обработка: неорганизованные выбросы по другому оборудованию, тыс. фут ³ /экспл. цикл	45,436	2,953	134	5,772	805	2,013
Транспортировка на 604 мили, тыс. фут ³ /экспл. цикл	272,617	17,718	805	34,631	4,832	12,081
Общие неорганизованные выбросы метана, тыс. фут ³ /экспл. цикл	344,539	35,764	1,764	80,630	27,566	68,917
Неорганизованные выбросы метана от общей добычи, %	0,51	0,81	0,88	0,94	2,30	2,30

Если оценки Skone по неорганизованным выбросам скорректировать так, чтобы общие осредненные величины выбросов соответствовали данным инвентаризации ЕРА, то процентная составляющая будет такой же, как показано на рис.2.

Здесь выбросы сланцевого газа по Барнетт Шейл оказываются меньше нижнего предела, соответствующего оценке Howarth и др. по сланцевому газу — 3,31 % против 3,6 %.

Следующим шагом в оценке процента неорганизованных выбросов метана в общей добыче являются расчетные конечные извлекаемые запасы (EUR) по скважинам сланцевого газа. Для случая сланцевого газа из Барнетт Шейл, Skone в среднем оценил EUR в 3 млрд фут³. Это выше, чем 2,8 млрд фут³ по оценке операторов [17] и намного выше оценки Управления по энергетической информации (EIA) США. EIA полагает, что средние расчетные конечные извлекаемые запасы (EUR) Барнетт Шейл составляют 1,42 млрд

фут³, а средние EUR по всем действующим источникам сланцевого газа в США составляют 1,02 млрд фут³ [18]. Аналитик Arthur Berman полагает, что средние EUR скважины Барнетт Шейл могут быть еще меньше. Он заявил [19], что;

«...в 2007 г. я определил EUR для почти 2 тысяч горизонтальных скважин в Барнетт Шейл (World Oil, ноябрь 2007 г.). В настоящее время подлежат оценке только горизонтальные скважины с достаточным сроком эксплуатации. В настоящее время, с двумя дополнительными годами эксплуатации, я пересмотрел графики истощения для той же контрольной группы из 1977 горизонтальных скважин. Общие EUR уменьшились на 30 % по сравнению с моей предыдущей оценкой, а средние EUR на скважину уменьшились с 1,24 млрд до 0,84 млрд фут³».

Оценка общей добычи сланцевого газа по скважинам (EUR) — это критичный параметр в определении вентилируемого метана как процентной составляющей в общей добычи. В табл. 4 приведены величины

Таблица 3. Неорганизованные выбросы метана (2009 г.) при добыче, обработке, передаче, хранению и распределении природного газа в США [13]. Суммарная добыча природного газа в США в 2009 г. составила 20,580 млрд фут³

Процесс	Масса CH ₄ (Gg)	Объем CH ₄ при стандартных температуре и давлении	Процент от общей добычи в США
Добыча на месторождении	6,205	306	1,49
Обработка	834	41	0,20
Доставка и хранение	2,115	104	0,51
Распределение	1,381	68	0,33
Всего	10,535	519	2,52

неорганизованных выбросов метана по региону Барнетт Шейл и их процентное содержание в общей добыче, как функции EUR, на основе оценок неорганизованных выбросов метана Skone. На рис. 3 показаны процентные величины неорганизованных выбросов метана, как функции EUR по оценкам Skone, выполненным по региону Барнетт Шейл и откорректированным для сопоставления с данными EPA по общим выбросам. При расчетных конечных извлекаемых запасах в 1,24 млрд фут³ на скважину Skone оценивает добычу из скважины Барнетт Шейл в 4,4 % от общей добычи. Однако когда расчеты Skone по общему показателю корректируются для сопоставления с данными инвентаризации EPA за 2009 г., величина приближается к 6,35 %. Если использовать средние EUR равные 0,84 млрд фут³, то оценки Skone по скважине Барнетт Шейл составят 6,1 и 8,8 % соответственно.

Это сопоставимо с оценками Howarth и др., которые определили EUR в 1,24 млрд фут³ для осредненной скважины Барнетт Шейл и общие неорганизованные выбросы метана по сланцевому газу от 3,6 до 7,9% (включая выбросы при распределении, которые не были учтены Skone).

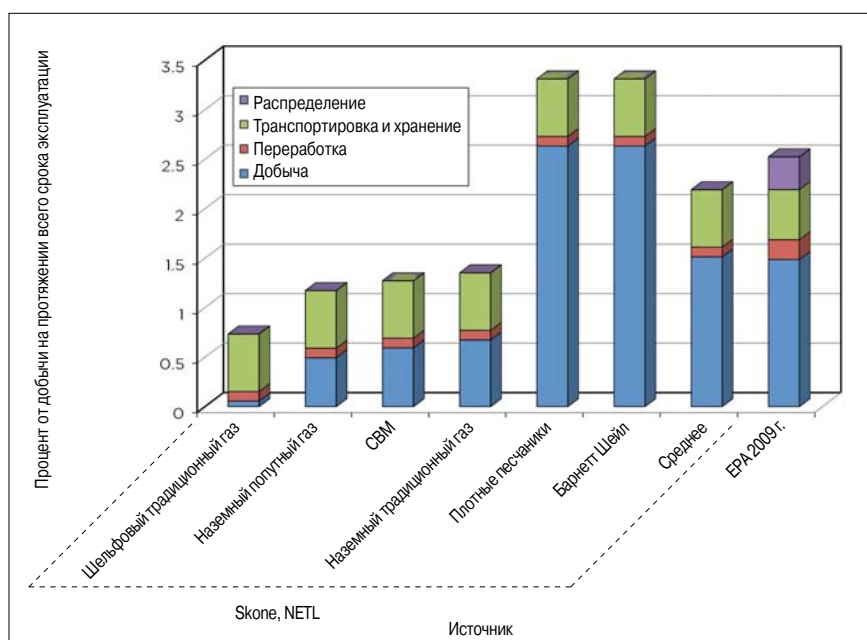


Рис. 2. Неорганизованные выбросы метана по различным источникам поставки в работе Skone, NETL в сравнении с данными инвентаризации EPA за 2009 год, скорректированные так, осредненные значения от Skone можно сопоставить с аналогичными из инвентаризации EPA [18]

Таким образом, можно увидеть, что в работе Skone величина неорганизованных выбросов метана, как процента от общей оцениваемой добычи из скважин сланцевого газа, занижается. Когда детали использованных исходных положений были тщательно рассмотрены и оценены в сравнении с известными

Таблица 4. Величины неорганизованных выбросов метана по Barnett Shale с использованием параметров Skone, как функции расчетной добычи за срок эксплуатации EUR для средней скважины Барнетт Шейл, демонстрирующие влияние расчетной EUR на проценты от добычи за срок эксплуатации, вентилирования в виде неорганизованных выбросов метана

EUR – Общая добыча за срок эксплуатации, млрд фут ³	Вентилируемые выбросы метана, млрд фут ³	Вентилируемый газ, процент от общей добычи	Вентилируемый газ (процент от добычи), скорректированный для сопоставления с данными инвентаризации EPA
3	68,917	2,30	3,31
2,5	64,853	2,59	3,74
2	60,790	3,04	4,38
1,5	56,726	3,78	5,45
1,24	54,613	4,40	6,35
1	52,662	5,27	7,59
0,84	51,362	6,11	8,80

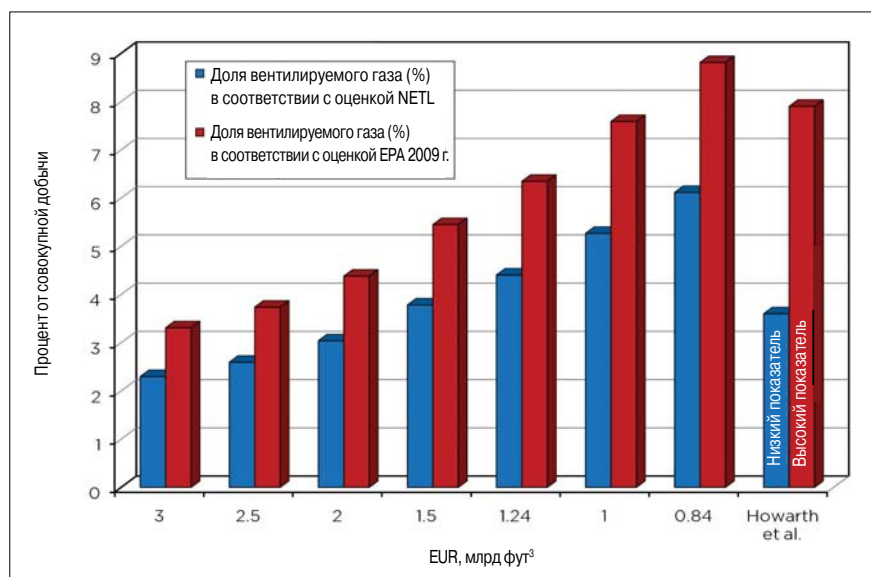


Рис. 3. Неорганизованные выбросы метана, как функция EUR по Барнетт Шейл. Это оценки Skone для различных EUR и скорректированные для сопоставления с данным инвентаризации EPA по неорганизованным выбросам метана за 2009 г. Оценка EUR в 1,24 млрд фут³ была использована Howarth и др., а оценка EUR в 0,84 млрд фут³ — это последнее определение Bergman для средней скважины Барнетт Шейл [20].

ми реальными данными о средних EUR добычи на Барнетт Шейл и общих выбросах метана при добыче газа (как следует из документов EPA), то стало ясно, что результат незначительно отличается от заключений Howarth и др. На рис.4 показано сравнение общих выбросов парниковых газов, полученных в результате проведения двух исследований в рамках

как в регионе Хейнесвилл, значительно выше. Следовательно, выбросы при заканчивании и ранних ремонтах скважин сланцевого газа будут, вероятно, значительно выше, чем при поздних ремонтах, как и объем газа, полученный в первые несколько лет (из-за постепенного снижения уровня добычи). Это отражает необходимость уточнения полученных данных, что признает EPA. Од-

нако наиболее важный момент этого анализа заключается в том, что оценки Howarth и др. по проценту неорганизованных выбросов метана из скважин сланцевого газа соответствуют действительности и соответствуют работе Skone, после корректировки под инвентаризацию выбросов EPA и корректировки с целью сравнения с, вероятно, осредненными EUR газовых скважин Барнетт Шейл.

ФАКТОР ПОТЕНЦИАЛА ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ ПРИ СРАВНЕНИИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА И УГЛЯ

Метан — это активный парниковый газ с относительно коротким периодом существования в атмосфере в сравнении с двуокисью углерода. Потенциал глобального потепления (global warming potential – GWP) метана, в соответствии с IPCC (2007 г.) — в 25 и 72 раза превосходит потенциал двуокиси углерода для 100- и 20-летнего периода, соответственно. Эти оценки GWP были

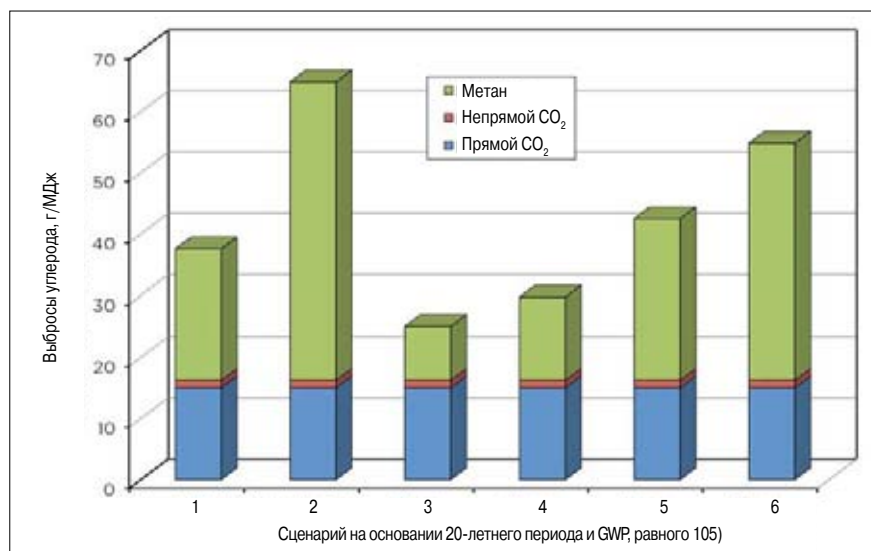


Рис. 3. Сравнение выбросов парникового газа по общей добыче сланцевого по Howarth и др. для Барнетт Шейл и по Skone после корректировки до оцененных конечных ресурсов в 1,24 млрд фут³ с- и без корректировки для сопоставления с инвентаризацией EPA. Здесь в расчет брался 20-летний период с потенциалом глобального потепления для метана 105. Необходимо отметить, что оценки Howarth и др. включают потери при распределении, которые в оценках Skone не учтены:

1 – Howarth: сланцевый газ (низкая оценка); 2 – Howarth: сланцевый газ (высокая оценка); 3 – Skone: средний показатель по всей добыче газа в США; 4 – Skone: сланцевый газ при EUR = 3,0 млрд фут³; 5 – Skone: сланцевый газ при EUR = 1,24 млрд фут³; 6 – Skone: сланцевый газ при EUR = 0,84 млрд фут³ и в сравнении с данными EPA.

недавно пересмотрены Shindell и др. (2009 г.) и получилось превышение в 33 и 105 раза относительно двуокиси углерода для 100- и 20-летнего периода, соответственно [22].

Howarth и др. отмечают (как сторонники перехода на природный газ, включая ряд групп защитников окружающей среды) незначительное влияние природного газа, как «переходного» топлива на парниковый эффект; краткосрочность воздействия конверсии по природному газу на выбросы парникового газа является наиболее важным показателем. Если краткосрочные выбросы по сланцевому газу (основной надежде на увеличение поставок в США) фактически ухудшат ситуацию по выбросам в течение следующих двух или трех десятилетий, значительное увеличение добычи сланцевого газа будет контрпродуктивным по отношению к усилиям на национальном уровне по сокращению выбросов парниковых газов.

На рис. 5 (на основании данных, взятых из доклада Hughes от 2011 г.) показано влияние [23] исходных положений по потенциалу глобального потепления на сравнение угля и сланцевого газа с использованием оценок Howarth и др. Оценки сланцевого газа по выбросам парникового газа в рамках 20-летнего периода, проводимые с использованием оценок IPCC или Shindell по GWP, превышают аналогичные по карьерному и шахтному углю. Однако для 100-летнего периода выбросы по углю становятся больше, или, в случае более высокой оценки, примерно сравниваются с выбросами по сланцевому газу.

Дебаты по поводу использования в оценках 20- или 100-летнего периода, а также относительно конкретного источника по коэффициентам GWP для определения влияния метана на выбросы парникового газа, высоко поляризованы: сторонники природного газа, в основном, возражают как против 20-летнего оценочного периода, так и против использования более высоких значений GWP, определенных Shindell и др. [24].

Hughes (2011 г.) также подчеркивает [25], что независимо от предполагаемых преимуществ по парниковому газу (или отсутствия таковых) и перспектив применения сланцевого газа, основными вопросами являются: способность сланцевого газа удовлетворить потребности сторонников природного газа и смягчить воздействие на окружающую

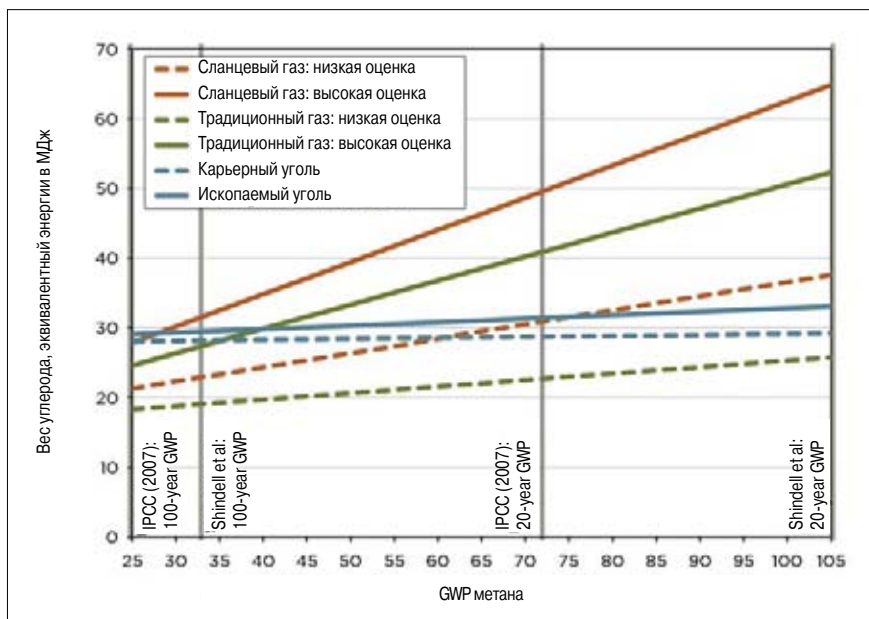


Рис. 5. Сравнение оценок Howarth и др. по сланцевому газу, обычному газу и углю в отношении выбросов углеводородного эквивалента на единицу тепла в зависимости от GWP, с использованием оценок IPCC27 и Shindell28 в 20- и 100-летних рамках.

среду в процессе реализации этих восторженных прогнозов роста применения. Нет ни одного серьезного заявления о том, что природный газ не будет в перспективе важным компонентом топливно-энергетического комплекса США.

СРАВНЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПРИ СЖИГАНИИ ГАЗА И УГЛЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Другое критическое замечание по докладу Howarth и др. заключается в том, что до сих пор не проведено

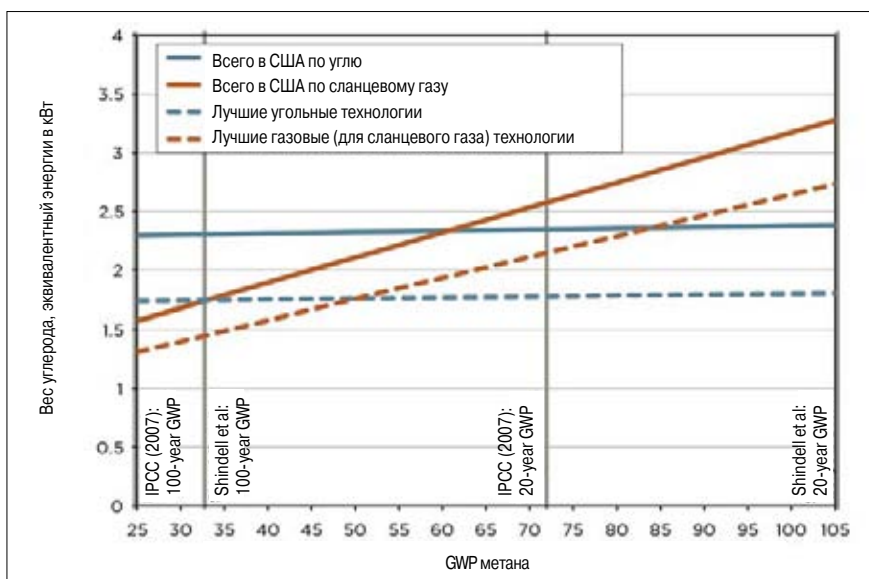


Рис. 6. Сравнение выбросов эквивалента CO_2 на кВт·ч для среднего значения выбросов по сланцевому газу по Howarth и др. с карьерным углем как для существующих электрогенерирующих мощностей, газовых и угольных, так и для перспективных, на базе лучших технологий. Это сравнение охватывает диапазон GWP, показывая оценки IPCC [35] и Shindell [36] для 20- и 100-летнего периода.

четкого сравнения выбросов, образующихся при сжигании природного газа и угля, используемых для производства электроэнергии, из расчета на один кВт·ч. Хотя только 30 % потребления собственного природного газа в 2009 г. пошло на производство электроэнергии, угля было использовано 93 %. При сжигании природный газ дает на 44 % меньше CO_2 на единицу тепла, чем уголь [29]. Более того, производство электроэнергии при сжигании природного газа более эффективно по сравнению с углем. Существующие в США электрогенерирующие мощности, работающие на угле, имеют средний удельный расход тепла на один кВт·ч электроэнергии 10,414 БТЕ/кВт·ч, который обеспечивает КПД 32,8 %, тогда как существующие электрогенерирующие мощности, работающие на газе, имеют средний удельный расход тепла на один кВт·ч электроэнергии 8,157 БТЕ/кВт·ч, который обеспечивает КПД 41,8 % [30]. Skone использовал высокое среднее значение КПД (41,7 %) для производства электроэнергии за счет сжигания газа, за исключением станций с показателем менее 40 %. Это означает, что он не учитывал большую часть газовых электрогенерирующих мощностей, включая низкоэффективные газовые турбины, которые, в основном, используются при пиковых нагрузках на сеть.

Очевидно, если будут вводиться новые газовые или угольные электрогенерирующие мощности, то, скорее всего, будут использоваться наиболее эффективные, практически реализуемые, технологии. Для газа — это использование комбинированного цикла с удельным расходом тепла на один кВт·ч электроэнергии 6,800 БТЕ/кВт·ч [31], который соответствует КПД 50,2 %, тогда как существующие электрогенерирующие мощности, работающие на газе имеют средний удельный расход тепла на один кВт·ч электроэнергии 8,157 БТЕ/кВт·ч, который соответствует КПД 43,3 % [32].

Hughes (2011 г.) сравнил осредненные оценки выбросов Howarth и др. по сланцевому газу и углю из расчета на один кВт·ч для обоих видов существующих электрогенерирующих мощностей и наиболее эффективных технологий в зависимости от коэффициентов потенциала глобального потепления, как показано на рис.6 [33]. Hughes использовал при этом сравнении оценки Howarth и др. по карьерному углю, как самому распространенному топливному ресурсу. Месторождения низкосернистого угля, расположенные в бассейне Паудер Ривер, предпочитались высокосернистому шахтному углю из Иллинойса, включенному в работу Skone (который часто превышает нормативные уровни по сере и поэтому не может использоваться в тепловых генерирующих мощностях).

Этот анализ показывает, что в рамках 20-летнего периода выбросы существующих газовых генерирующих мощностей США превышают выбросы существующих угольных на 9 — 27 %, в зависимости от использования оценок потенциала глобального потепления, полученных от IPCC или Shindell. В рамках 20-летнего периода, выбросы по наиболее эффективным газовым техноло-

гиям превышают выбросы по наиболее эффективным угольным технологиям на 17 — 34 %, в зависимости от использования оценок потенциала глобального потепления, полученных от IPCC или Shindell.

Однако в рамках 100-летнего периода выбросы существующих угольных генерирующих мощностей США превышают выбросы существующих газовых на 46 — 33 %, в зависимости от использования оценок потенциала глобального потепления, полученных Shindell или IPCC. В рамках 100-летнего периода, выбросы по наиболее эффективным угольным технологиям превышают выбросы по наиболее эффективным газовым на 32 — 20 %, в зависимости от использования оценок потенциала глобального потепления, полученных от IPCC или Shindell.

Hughes (2010 г.) также рассмотрел эффект улучшения захвата неорганизованных выбросов метана на 40 % при добыче газа, как предположительно оценило Бюджетно-контрольное управление США [34]. Это уменьшает сравниваемые выбросы по газу и по углю, но по газу остается превышение или равенство с углем, в зависимости от использованного коэффициента потенциала глобального потепления, в рамках 20-летнего периода.

ВЫВОДЫ

Расчеты неорганизованных выбросов метана, представленные Skone, показали, что они, скорее всего, недооценены примерно на 31 % и ниже тех, что даны в инвентаризации 2009 г. EPA. Дальнейший анализ влияния принятых EUR для Барнетт Шейл, использованного Skone, на процент неорганизованных выбросов метана за цикл эксплуатации показал, что они, вероятно, переоценены, примерно 3 млрд фут³, при сравнении с другими последними анализами, в которых принимается, что EUR должны быть намного меньше. Это способствует еще большему увеличению процента неорганизованных выбросов для работы Skone. Необходимо отметить, что пока рано окончательно останавливаться в определении, так как EUR многих источников поставки сланцевого газа будет снижаться, при этом срок эксплуатации месторождений Барнетт Шейл будет достаточно большим.

Коррекция оценок выбросов Skone для сопоставления с данными инвентаризации EPA и коррекция для средних EUR в Barnett Shale, показывает, что они сравнимы с оценками Howarth и др. Учитывая все, и признавая, что 70 % природного газа используется вне области производства электроэнергии, можно заключить, что сланцевый газ дает больше выбросов, чем уголь в рамках 20-летнего периода, и является причиной равных или немного меньших объемов выбросов в рамках 100-летнего периода.

При сравнении угля и газа по объемам выбросов на кВт·ч, Skone не учел в составе газовых электрогенерирующих мощностей широко используемые для пиковых нагрузок газовые турбины (обычно невысокой

эффективности), которые способствуют снижению среднего КПД газовых генерирующих мощностей США до 41,8 % вместо 47,1 % – данных, использованных Skone. Он, видимо, не учел такой аргумент, что сравнение перспективных газовых и угольных электрогенерирующих мощностей должно основываться на применении наиболее эффективных технологий для каждого вида топлива.

При сравнении по среднему КПД газовых и угольных генерирующих мощностей США и при использовании наиболее эффективных технологий, как газовых, так и угольных, сланцевый газ дает больше выбросов в рамках 20-летнего периода и меньше выбросов в рамках 100-летнего периода. Независимо от GWP уголь, вероятно, дает меньше выбросов парникового газа, чем сланцевый газ, для существующих мощностей на протяжении 40–50 лет, при использовании наиболее эффективных технологий, как для газовых, так и угольных генерирующих мощностей.

Очевидно одно: и уголь, и газ, при необходимости, будут оставаться важными компонентами производства электроэнергии в США. Природный газ, также является важным и незаменимым элементом для промышленности, торговли и в частном секторе, что не присуще углю. Следуя перспективам политики в отношении выбросов парникового газа, сравнение угля и газа в рамках следующих 20–30 лет важно, но в действительности это будет только одним из нескольких положений. Общий вопрос о росте поставок газа, который, по прогнозу ЕИА, будет обеспечен в основном сланцевым газом, решается и с точки зрения влияния на окружающую среду, при сравнении с добычей и использованием угля. С другими заключениями по этим вопросам можно ознакомиться в работе Hughes (2011 г.) [37].

Источник: <http://www.postcarbon.org/report/390308-report-life-cycle-greenhouse-gas-emissions>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Robert W. Howarth, Renee Santoro, and Anthony Ingraffea, «Methane and the Greenhouse Gas Footprint of Natural Gas from Shale Formations», Climatic Change Letters, DOI: 10.1007/s10584-011-0061-5.
- Timothy J. Skone, «Life Cycle Greenhouse Gas Analysis of Natural Gas Extraction & Delivery in the United States», oral presentation at Cornell University, May 12, 2011, http://cce.cornell.edu/EnergyClimateChange/NaturalGasDev/Documents/PDFs/SKONE_NG_LC_G_HG_Profile_Cornell_12MAY11_Final.PDF.
- Timothy J. Skone, «Life Cycle Greenhouse Gas Analysis of Natural Gas Extraction & Delivery in the United States (updated May 23, 2011)», National Energy Technology Laboratory, May 23, 2011, http://www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/NG_LC_GHG_PRE_12MAY11.pdf.
- Robert W. Howarth, Renee Santoro, and Anthony Ingraffea, «Methane and the Greenhouse Gas Footprint of Natural Gas from Shale Formations», Climatic Change Letters, DOI: 10.1007/s10584-011-0061-5.
- Michael A. Levi, «Rebutting the Howarth Shale Gas Study», Council on Foreign Relations blog posted on May 20, 2011, <http://blogs.cfr.org/levi/2011/05/20/rebutting-the-howarth-shale-gas-study>.
- U.S. Energy Information Administration, Annual Energy Outlook 2011 Early Release Overview, Table 14: Oil and Gas Supply (Washington, DC 2010), http://www.eia.doe.gov/forecasts/aeo/excel/aeotab_14.xls.
- U.S. Environmental Protection Agency, Petroleum and Natural Gas Systems Final Rule: Subpart W of 40 CFR Part 98 Information Sheet (Washington, DC, 2010).
- Электронное сообщение от 26 мая 2011 г. Автор: Timothy Skone. Адресат: Robert W. Howarth.
- «Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume I: Stationary Point and Area Sources, AP-42.» U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. 1995. <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42>.
- U.S. Environmental Protection Agency, Greenhouse Gas Emissions Reporting from the Petroleum and Natural Gas Industry: Background Technical Support Document (Washington, DC, 2010), http://www.epa.gov/climatechange/emissions/downloads10/Subpart-W_TSD.pdf, pg. 9.
- U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Greenhouse Gas Inventory Report: Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2009 (April, 2011), (Washington, D.C., 2011), <http://www.epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html>.
- U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Greenhouse Gas Inventory Report: Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2009 (April, 2011), (Washington, D.C., 2011), <http://www.epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html>.
- U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Greenhouse Gas Inventory Report: Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2009 (April, 2011), (Washington, D.C., 2011), <http://www.epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html>.
- U.S. Government Accounting Office, FEDERAL OIL AND GAS LEASES — Opportunities Exist to Capture Vented and Flared Gas Which Would Increase Royalty Payments and Reduce Greenhouse Gases (Washington DC, 2010), <http://www.gao.gov/new.items/d1134.pdf>, see in particular pages 10-13 and 38-39.
- U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Greenhouse Gas Inventory Report: Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2009 (April, 2011), (Washington, D.C., 2011), <http://www.epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html>.
- U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Greenhouse Gas Inventory Report: Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2009 (April, 2011), (Washington, D.C., 2011), <http://www.epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html>.
- Paul Kralovic, «North American Natural Gas Market Dynamics: Shale Gas Plays in North America — A Review», Canadian Energy Research Institute, (Calgary, Alberta, February, 2011), <http://www.ceri.ca/index.php/component/content/article/3-newsflash/66-north-american-natural-gas-market-dynamics-shale-plays-in-north-america-a-review>.
- U.S. Energy Information Administration «Review of Emerging Resources: U.S. Shale Gas and Shale Oil Plays», U.S. Department of Energy, Washington, D.C., July, 2011, page viii, <http://www.eia.gov/analysis/studies/usshalegas/pdf/usshale-plays.pdf>.
- Arthur Berman, «Lessons from the Barnett shale suggest caution in other shale plays», Association for the Study of Peak Oil & Gas — USA, August 10, 2009, <http://www.aspousa.org/index.php/2009/08/lessons-from-the-barnett-shale-suggest-caution-in-other-shale-plays/>.
- Arthur Berman, «Lessons from the Barnett shale suggest caution in other shale plays», Association for the Study of Peak Oil & Gas — USA, August 10, 2009, <http://www.aspousa.org/index.php/2009/08/lessons-from-the-barnett-shale-suggest-caution-in-other-shale-plays/>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, (Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2007) see Chapter 2, page 212.
- D.T. Shindell et al. «Improved Attribution of Climate Forcing to Emissions». Science vol 326: pp. 716-718 (30 October 2009).
- J.D. Hughes «Will Natural Gas Fuel America in the 21st Century?», Post Carbon Institute, Santa Rosa, California, May 2011, <http://www.postcarbon.org/naturalgas>.
- America's Natural Gas Alliance, «Revisiting Robert Howarth», May 25, 2011, <http://www.anga.us/media-room/blog/2011/5/25/revisiting-robert-howarth>.
- J.D. Hughes «Will Natural Gas Fuel America in the 21st Century?», Post Carbon Institute, Santa Rosa, California, May 2011, <http://www.postcarbon.org/naturalgas>.
- Robert W. Howarth, Renee Santoro, and Anthony Ingraffea, «Methane and the Greenhouse Gas Footprint of Natural Gas from Shale Formations», Climatic Change Letters, DOI: 10.1007/s10584-011-0061-5.

27. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and

Vulnerability. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, (Cambridge, UK; Cambridge University Press, 2007) see Chapter 2, page 212.

28. D.T. Shindell et al. «Improved Attribution of Climate Forcing to Emissions.» Science vol 326: pp. 716-718 (30 October 2009).

29. «How Much Carbon Dioxide (CO₂) is Produced per Kilowatt-Hour When Generating Electricity with Fossil Fuels?», U.S. Energy Information Administration, <http://tonto.eia.doe.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=74&t=11>

30. U.S. Energy Information Administration, Electric Power Annual, Table 5.3: Average Operating Heat Rate for Selected Energy Sources, 2001 through 2009 (Washington, DC 2010), <http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/epa/epat5p3.html>

31. National Petroleum Council, Power Generation Efficiency Subgroup of the Demand Task Group of the NPC Committee on Global Oil and Gas, Topic Paper # 4: Electric Generation Efficiency (Washington, DC 2007), http://www.npc.org/Study_Topic_Papers/4-DTG-ElectricEfficiency.pdf

32. Massachusetts Institute of Technology, The Future of Coal: Options for a Carbon-Constrained World, An Interdisciplinary MIT Study, (Cambridge, MA 2007), http://web.mit.edu/coal/The_Future_of_Coal.pdf

33. J.D. Hughes «Will Natural Gas Fuel America in the 21st Century?», Post Carbon Institute, Santa Rosa, California, May 2011, <http://www.post-carbon.org/naturalgas>.

34. U.S. Government Accounting Office, FEDERAL OIL AND GAS LEASES — Opportunities Exist to Capture Vented and Flared Gas Which Would Increase Royalty Payments and Reduce Greenhouse Gases (Washington DC, 2010), <http://www.gao.gov/new.items/d1134.pdf>, see in particular pages 10-13 and 38-39.

35. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, (Cambridge, UK; Cambridge University Press, 2007) see Chapter 2, page 212.

36. D.T. Shindell et al. «Improved Attribution of Climate Forcing to Emissions.» Science vol 326: pp. 716-718 (30 October 2009).

37. J.D. Hughes «Will Natural Gas Fuel America in the 21st Century?», Post Carbon Institute, Santa Rosa, California, May 2011, <http://www.post-carbon.org/naturalgas>.

J. David Hughes (Дж. Дэвид Хьюз) — геофизик, который занимается исследованием энергетических ресурсов Канады уже около сорока десятилетий, в том числе 32 года в качестве ученого и руководителя исследованиями в Геологической службе Канады (Geological Survey of Canada). Он разработал Национальный реестр запасов угля (National Coal Inventory) для определения ограничений по доступности и влиянию на окружающую среду, связанных с угольными ресурсами Канады. В качестве руководителя группы по нетрадиционным газовым ресурсам в Комитете по изучению потенциала газовых ресурсов Канады (Canadian Gas Potential Committee) он координировал недавнюю публикацию развернутой оценки потенциала нетрадиционных ресурсов природного газа Канады.

На протяжении последнего десятилетия г-н Hughes занимался исследованиями, публиковался и выступал с лекциями в различных странах. Его исследования, публикации и лекции касались вопросов мировой энергетики и рационального использования ресурсов в Северной Америке и во всем мире. Он является членом совета Ассоциации по изучению предельных возможностей добычи нефти и газа (Association for the Study of Peak Oil and Gas) от Канады и научным сотрудником Института Post Carbon Institute. Недавно в качестве автора он принимал участие в выпуске антологии Carbon Shift, под редакцией Thomas Homer-Dixon, занимаясь двумя взаимосвязанными вопросами — предельными возможностями потребления энергетических ресурсов и изменением климата. Его работа освещалась в Canadian Business, Walrus и других журналах, а также в популярной прессе, на радио, телевидении и в Интернете. Он является действующим руководителем консультационного органа по вопросам исследования энергетических ресурсов и их рационального использования.

НАДЕЖНЫЕ РОТОРЫ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

Производство лопастей для ветряных турбин — развивающийся сектор, поскольку специалисты стремятся к сокращению числа крупных береговых турбин с высокими требованиями к характеристикам композитных материалов. Ситуацию осложняет ценовая напряженность на рынке возобновляемых источников энергии, требующем более дешевых решений, поэтому здесь экономически нецелесообразны технологии, применяемые в аэрокосмической промышленности. В конце 2010 г. г. мировые производители объединились в единую организацию. Выставка «Производство лопастей для ветряных турбин 2011», запланированная на 6-8 декабря 2011 г., будет проходить в отеле Maritim Hotel в г. Дюссельдорф (Германия).

В конструкции ветряного ротора следует учитывать множество факторов: аэродинамику, сопротивляемость молнии и обледенению, а также восприятие нагрузок. Конструкция

новой системы Vesta рассчитана на легкие лопасти с высокой долговечностью в экстремальных условиях: в производстве используется уникальный полуавтоматизированный процесс. Специалисты также концентрируют внимание на исследованиях конструкции тонких лопастей. Благодаря новому подходу Dassault Systemes разработала программное обеспечение, которое не только удобно для проектирования, но благодаря технологии, называемой цифровым производством, может использоваться при планировании производственного процесса.

Контроль качества и испытания помогут сократить эксплуатационные расходы энергетических компаний, и позволят измерять множество характеристик. Germanischer Lloyd - передовой мировой сертификационный центр - будет устанавливать общие эксплуатационные требования к лопастям.

На этой конференции соберутся специалисты из авторитетных инсти-

тутов (Институт энергии ветра и энергетических систем общества имени Фраунгофера (IWES), Штутгартский университет) и такие производители лопастей для ветряных турбин как Euros Entwicklungsgesellschaft Fuer Windkraftanlagen обсудят широкий спектр испытательного оборудования и методов контроля. Во множестве докладов, в том числе работах Force Technology, рассматриваются неразрушающие методы испытаний.

Dr. Sally Humphreys

Менеджер по коммерческому развитию
Applied Market Information Ltd,
AMI House,
45-47 Stokes Croft, Bristol,
BS1 3QP, UK
Tel. + 44 117 924 9442
Fax: + 44 (0) 117 311 1534
sh@amiplastics.com
www.amiconferences.com

ЭКОНОМИЯ: ДРУГИХ ВАРИАНТОВ НЕТ¹



R. Heinberg, Post Carbon Institute

Экономия энергии — наилучшая стратегия для подготовки к неминуемым ограничениям, связанным с энергоресурсами. Возможно, это наш единственный значимый выбор для предотвращения краха экономики, общества и экологии (рис. 1). Какие бы пути использования энергии ни выбрали те, кто определяют политику, в ближайшие десятилетия мир столкнется с ограничениями в производстве энергии. Рассмотрим два диаметрально противоположных варианта — с высоким и низким уровнем потребления углерода.

Если, пытаясь справиться с изменениями климата, мы перестроим инфраструктуру мировой энергетики так, чтобы снизить выбросы углерода, это будет означать смещение приоритетов (стимулирующих факторов и дотаций) с нефти, угля и газа на возобновляемые источники солнечной, ветряной и геотермальной энергии. Там, где по-прежнему используется ископаемое топливо, нам придется заниматься улавливанием и утилизацией выделяемого углекислого газа.

Некоторые говорят, что мы могли бы в поисках поддержки одновременно рассматривать вариант ядерной энергетики, но, скорее всего, это не даст большого эффекта. Более того, происходящая сегодня в Японии ядерная катастрофа указала на массу нерешенных вопросов безопасности, в том числе на хранение отработанного топлива и уязвимость в отношении длительных отключений подачи электроэнергии. Даже без учета этих проблем атомная энергия является дорогой, а запасы высококачественной урановой руды ограничены.



Рис. 1. Лучшая стратегия — экономия энергии

Вариант с низким потреблением углерода усеян другими преградами. Недостатком солнечной и ветряной энергии является непостоянство, от которого можно избавиться только за счет значительных капиталовложений в хранение энергии или ее передачу на большие расстояния. Современные возобновляемые источники энергии составляют крошечную часть мировой энергетики, поэтому путь минимального потребления углерода требует высоких темпов роста этой дорогостоящей отрасли, т. е. интенсивных инвестиций. Правительствам пришлось бы резко начать перемещение субсидий, что совсем непросто в мире с напряженной финансовой обстановкой и недостатком инвестиционного капитала.

Для транспорта вариант с низким потреблением углерода вызывает еще больше трудностей. Сектор производства биотоплива страдает от проблем высокой стоимости и необходимости привлечения сельскохозяйственных земель, а переход на электромобили займет десятилетия и будет опять же дорогим (жаль, но электрические авиалайнеры нереальны).

Улавливание и хранение углерода тоже будет затратным и точно так же потребует десятилетий на внедрение. Кроме того, затраты энергии на строительство и эксплуатацию новой огромной инфраструктуры насосов, трубопроводов и компрессоров для CO₂ будут значительными. Это означает, что нам придется добывать все больше ископаемого топлива только лишь для выработки того же количества пригодной для общества энергии, и, так или иначе, представляет серьезную проблему при повышении стоимости этого топлива (особенно в ближайшее время).

Так что, в конечном счете, будущее с низким потреблением углерода — это, почти несомненно, будущее с низким потреблением энергии.

Хорошо, а если забыть о климате? Такой путь может показаться линией наименьшего сопротивления. В конце концов, ископаемое топливо было когда-то дешевым и распространенным, а у нас уже есть инфраструктура для его сжигания. Если смягчение последствий изменения климата будет таким дорогим и спорным с политической точки зрения, то почему бы просто не удвоить наши ставки на вариант с высоким потреблением углерода, который мы уже используем? К черту экологию! Полный вперед!

Это не выход. Проблема в том, что мир ископаемого топлива быстро меняется.

¹ Статья подготовлена на основании материалов книги *The End of Growth: Adapting to Our New Economic Reality* (New Society Publishers, 2011).

Затруднительное положение, с которым мы сталкиваемся на пути энергетики с высоким потреблением углерода, может быть выражено метафорой низко висящего плода. Сначала мы извлекли самые высококачественные, наименее затратные в производстве и наиболее доступные углеводородные ресурсы, а низкокачественные, дорогие в производстве и менее доступные ресурсы отложили на потом. Так вот это потом уже наступило. Под землей по-прежнему остается огромное количество угля, нефти, газа и другого ископаемого топлива, но извлечение каждой новой порции обходится значительно дороже (как с точки зрения финансовых затрат, так и с точки зрения энергетических затрат).

Это затруднение наиболее очевидно на примере нефти. После аварии на буровой установке Deepwater Horizon в 2010 г. и государственных переворотов на Ближнем Востоке и в Северной Африке в начале 2011 г. почти никто не верит в то, что нефтяной поток и дальше будет таким же дешевым и изобильным, каким он был хотя бы десять лет назад.

Тревожный звонок в отношении угля прозвучал из Китая, сжигающего сегодня почти половину мировых объемов и начинающего импортировать его в огромных количествах, вызывая рост мировых цен. Тем временем последние исследования наводят на мысль о том, что мировая добыча угля в ближайшие несколько лет достигнет максимальной точки и начнет снижаться.

Новые технологии добычи природного газа (горизонтальное бурение и гидравлический разрыв пласта) на время повысили поставки этого топлива в США, но компании, специализирующиеся на «нетрадиционном» газе, по-видимому, существуют за счет капиталовложений: сегодняшние цены на газ слишком низки, чтобы они могли получать большую прибыль от производства. Издержки производства и темпы истощения скважин высоки, поэтому оптимистические прогнозы 40-летнего ресурса типовой скважины, скорее всего, весьма нереалистичны, если только цены на газ сильно не повысятся. Мы можем медленно извлечь из земли весь этот газ по высокой цене, а можем получить короткий выброс по низким ценам из наиболее перспективных объектов. Чего мы не можем получить, так это высокой выработки по низким ценам в течение многих десятилетий, хотя именно это и было обещано.

Промысел таких экзотических углеводородов, как газогидраты, битум и кероген потребует необыкновенных усилий и инвестиций, а также будет сопряжен с гораздо более высокими экологическими рисками, чем добыча традиционного ископаемого топлива. Это означает более дорогую энергию.

Но если существуют молекулы углеводорода, а обществу нужна энергия, почему бы просто не стиснуть зубы и добиться такого уровня инвестиций, который необходим для продолжения роста энергетических потоков? Это не обязательно. Продвигаясь в направлении менее качественных ресурсов (обычных или нетрадиционных), мы вынуждены затрачивать на получение энергии больше



Рис. 2. Экономия станет ключевым элементом энергетической политики

энергии. С падением полезного выхода чистой энергии как энергию, так и капиталовложения придется отнимать у других слоев общества, чтобы поддержать расширение процесса добычи. В любом случае, после определенной точки, даже при условии подъема производства валовой энергии, количество фактически полезной для общества энергии начнет снижаться. С этого момента повысить количество доступной для общества полезной энергии будет невозможно, на какие бы жертвы мы не пошли. Судя по всему, мы недалеко от этой точки.

В некотором смысле это подчеркивает важность выбора варианта с низким или с высоким потреблением углерода: в первом случае мы закладываем фундамент устойчивого (при условии скромности) энергетического будущего, а во втором дестабилизируем климат Земли, еще более прочно приковывая себя к источникам энергии, которые могут с течением времени лишь загрязняться и дорожать. Однако, в другом смысле, выбор пути совершенно не важен: в любом случае мы сожжем меньше энергии. Этот вывод остается справедливым для любого сценария, расположенного между экстремумами с низким и высоким потреблением углерода.

Это означает меньше энергии на транспорт, сельское хозяйство, отопление и охлаждение жилых помещений. Меньше энергии на производство и использование электронных устройств. Меньше энергии на строительство и содержание городов.

Исследования, направленные на поиск способов сокращения энергопотребления во всех видах процессов и деятельности, велись десятилетиями. Всего лишь один пример: количество электроэнергии, необходимое для освещения, снизилось почти на 90 % за счет внедрения компактных люминесцентных ламп, а затем светодиодных светильников.

Проблема в том, что усилия по повышению эффективности подчиняются закону сокращающегося дохода: мы не можем производить и транспортировать товары без энергии, и каждый шаг в направлении повышенной

эффективности обычно обходится дороже предыдущего. Достижение стопроцентного КПД теоретически потребовало бы бесконечных усилий. Поэтому пока мы способны повышать эффективность и сокращать общее потребление энергии, мы не можем делать это при одновременном обеспечении непрерывного экономического роста.

Мы стоим на перепутье. До сих пор дешевая и обильная энергия подпитывала непрерывный рост экономики. Единственным существенным вопросом для управленческих элит было то, как обеспечить рост экономики, будь то плановым или внеплановым способом, с учетом влияния на окружающую среду или без учета этого влияния.

Теперь разговор сконцентрирован на том, как сократить экономику. К сожалению, эта дискуссия радиоактивна — никто не хочет к ней прикасаться. Трудно представить более самоубийственную для политика стратегию, чем использовать в основе избирательной кампании обещание снизить экономическую активность. Вместо этого, дискуссии в политических кругах стремятся свестись к тому, как поддерживать иллюзию роста. Отрицание очевидного имеет глубокие корни, но рано или поздно реальность даст о себе знать.

Рано или поздно мы должны будем сделать экономию центральным элементом экономической и энергетической политики. Ограничение подразумевает «эффективность» в обычном понимании — производство автомобилей и устройств, потребляющих меньше энергии. Кроме того, оно означает исключение несущественного использования энергии. Вместо того чтобы продолжать увеличивать экономические требования, стимулируя запросы людей, мы должны начать задумываться о том, как удовлетворить основные человеческие потребности при минимальном потреблении ресурсов, одновременно противодействуя расточительству.

Это, несомненно, подразумевает глубокие перемены в нашей экономической системе и не будет реализовано без необходимости. Но необходимость неминуемо приближается. Нравится нам это или нет, но количество энергии уменьшится. А при меньшем количестве энергии мы уже не сможем управлять растущим обществом потребления.

Я почти уверен, что общество, которым мы сможем управлять, будет точно так же отличаться от индустриального общества последних десятилетий, как современное общество отличается от аграрного общества 19-го века.

По мере нашего движения в сторону возобновляемых и непостоянных источников энергии, значительная доля усилий общества должна затрачиваться на процессы улавливания энергии. Производство энергии потребует больших площадей, а также большей части общих трудовых ресурсов общества и финансовых вложений. Нам потребуется большее количество производителей продовольствия, но меньше менеджеров и продавцов. Мы будем менее мобильными, и каждый из нас будет владеть меньшим количеством промышленных товаров (хотя, надеюсь, более высокого качества), которые мы будем как можно дольше восстанавливать и повторно использовать до их замены.

Такой переход может пройти гораздо проще, если мы будем планировать его и заранее приспособимся к низкоэнергетическому режиму мировой экономики. Тем не менее, такое планирование маловероятно просто потому, что чуть ли не каждый человек (от инвестора до высокопоставленного политика и обычного потребителя) желает, чтобы первобытный праздник маниакального топливного потребления длился как можно дольше. Так что, скорее всего, нас ждет болезненный переход.

Тем не менее, везде, где возможна предварительная адаптация в быту и обществе и где разумные люди способны продемонстрировать инновационные пути удовлетворения человеческих потребностей при минимальном потреблении, будут и преимущества, которыми можно будет воспользоваться и разделить с другими. В конечном счете, начав измерять успех не по объему нашего потребления, а по качеству нашей культуры, красоте преобразованной человеком среды и благополучию наших экосистем, мы сможем перестать быть такими безответственными как сегодня, несмотря на то, что мы будем поглощать намного меньше даров Земли.

Источник: www.postcarbon.org/article/415728

РЕГИСТРАЦИЯ УЧАСТНИКОВ V РОССИЙСКОГО КОНГРЕССА ПЕРЕРАБОТЧИКОВ ПЛАСТМАСС НАЧАЛАСЬ

14—15 ноября 2011 года в здании Правительства Москвы пройдет V Конгресс переработчиков пластмасс. Организаторами мероприятия выступают Правительство Москвы, Российское объединение переработчиков пластмасс, Мессе Дюссельдорф Москва и информационно-аналитическое агентство RCC Group.

Телефон/факс: (499) 767-19-06, (499) 729-66-94. Горячая линия: 8-926-202-7805. E-mail: Plast@rccgroup.ru

ОТ ПЛЕЙСТОЦЕНА ДО ГОРОДОВ: ПЕРЕВОРОТ В ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА¹



post carbon institute

S. Mills, Post Carbon Institute

ВВЕДЕНИЕ

И снова наступил День Земли. Многие из нас перелетели или проехали до этого экстравагантного оазиса тысячи миль. Так давайте же выплатим наш углеродный долг, решившись отправиться в путь с возрожденным чувством крайней необходимости в правильной экологической роли человечества вместе с вновь приобретенными коллегами и настроим на работу. Может быть, те, кто сегодня отправляется в путь, «сорвут большой куш» и поделятся удачей с коллегами. Всем от микромира до вселенной не помешает немного удачи.

Я прибыла на конференцию как сотрудник исследовательского центра Post Carbon Institute. Наша рабочая предпосылка такова: «мы достигли пределов роста и должны подготовиться к скачкам по ухабистому склону истощения ископаемых видов топлива, пресной воды, пахотного слоя и биологического разнообразия. Наши надежды на получение информации, анализ и дальновидность, подсказывают методику разработки таких планов, действий и перемен, которые обеспечат достойное выживание человека и переход общества к жизни в условиях ограничений наших экосистем.

Как видно из названия организации Post Carbon Institute (пост-углеродный институт), основным рассматриваемым им вопросом является истощение запасов нефти и природного газа, постепенное прекращение добычи углеводородов и климатические последствия мирового сжигания ископаемого топлива. Недолгая, но экологически разрушительная эра развития ископаемого топлива гарантировала интенсивную промышленную революцию и взрывоподобный рост в 20-м веке, коренным образом изменив человеческое сообщество, не говоря уже о нарушении климата, от стабильности которого зависит цивилизация и текущий биоценоз.

Сегодня говоря о том, что мы вступили в новую геологическую эру — антропоцен, стратиграфы отмечают последствия огромной неоднородности, возникшей в результате деятельности человека. Какой будет теперь экология человека?

Кажется, что за те недели и месяцы, что я провела в работе над этим докладом, история, точнее даже геологическая история, ускорила. Сначала я со-

биралась оглянуться назад и отдать дань уважения американскому биологу, ученому и писателю Paul Shepard, который помог отыскать эту непокорную дисциплину и всегда был первым в изучении экологии человека.

Но жизнь становится все более беспокойной. Меняется власть административная и политическая. В моем биорегионе даже имели место политические восстания, и сегодняшние события, по-видимому, также заслуживают комментариев. Появилась возможность взглянуть на некоторые соответствующие работы в Детройте (шт. Мичиган). Поэтому я решила на реализацию двойной идеи: обсудить проведенный Paul Shepard радикальный анализ глубокого прошлого и сообщить о революционных выводах из работы некоторых специалистов из Детройта по перевоспитанию себя и усовершенствованию своего города; также я хочу представить Grace Lee Boggs, лидера этого движения. Отсюда и название статьи «От плейстоцена до городов: переворот в экологии человека».

По-видимому, уместно было бы начать с обсуждения идей Shepard. Его эрудированное и дерзкое исследование человечества по-прежнему возвращает нас к истокам бытия. «Человек живет в мире, и его экология есть суть этой принадлежности, — писал он. — Человек находится в мире, как в комнате. Что же он делает здесь, в природе, — спрашивает автор. — И что природа делает с ним?» Такие вопросы лежат в основе нашего интереса [1].

В работе «Place and Human Development» (Развитие места и человека) Shepard фантазировал по поводу неловкости, неотъемлемой для созданий плейстоцена в постиндустриальном мире. «Несмотря на алчные планы лесных баронов 19-го века и корпоративных энергетических магнатов 20-го века по гомогенизации континента, значительная часть дикой природы сохраняется; текучесть общества как таковая, возможно является путем к осмыслению утверждения Roxu Gordon о том, что настоящая эволюция возникает из генетических воспоминаний о древней реальности» [2].

Революции в экологии человека в основном эффективно основываются и возникают (с точки зрения глубокого прошлого человечества) на том основании, что началось распределение власти. В работах Paul Shepard исследуется палеоистория человеческой при-

¹ Текст основного доклада, прочитанного 22 апреля 2011 г. на XVIII конференции «Общество за экологию человека»



Рис. 1. Город машин: «Чьяпас Северной Америки» [7]

роды. Он жил с 1925 по 1996 гг. Изучал английскую литературу и биологию дикой природы в университете Миссури (University of Missouri). В 1950 г. он посещал аспирантуру Йельского университета, учился у Paul Sears и G. Evelyn Hutchinson, написал докторскую диссертацию о взаимоотношениях экологии и искусства в американской культуре. Он работал лектором в Индии по программе Fulbright и получал стипендию от фондов Guggenheim и Rockefeller Foundations. Преподавал в колледжах Нокса, Смита, Дартмута, Питцера и аспирантуре Клэрмонта [3]. Судя по отзывам, Paul Shepard был учителем, глубоко приверженным педагогике.

Кроме того, он был еще и необычайно ярким писателем, проза которого узнаваема, лирична, замечательна и замысловата. Самое главное, Paul Shepard с самого детства был заядлым натуралистом, который мог бы пуститься в пожизненное изучение природы нашего вида только из-за его привлекательности и актуальности.

«Почему люди продолжают разрушать свой ареал, — спрашивал он. — Невозможно довольствоваться теорией о том, что люди глупы и недалковы и всегда будут совершать худшие поступки».

Как многие экологические активисты, я сначала обнаружила, а затем нашла в работе Paul Shepard «Subversive Science» (Подрывная наука) подтверждение антологии 1969 г. В районе залива Сан-Франциско,

где я жила в 70-х годах, экологическая революция витала в воздухе, а некоторые из ее вариантов даже опускались на землю в форме экологического мировоззрения. В те времена, как и сегодня, многие организации и их парадигмы казались требующими ниспровержения, а экологическое мировоззрение и есть ниспровергатель централизации, единообразия, авторитаризма и человеческой исключительности.

В своих многочисленных книгах Paul Shepard исследовал естествознание, культурные и эволюционные пути ментальности нашего вида. Его работа по сознанию предшествовала моде на нейробиологию. Она была не механистической и инструментальной, а философской и основанной на наблюдении. Выдающийся и жадно впитывающий мыслитель, он не погнался за более значительными возможностями манипулирования собой, другими существами или окружающей средой, а пошел в направлении собственной биотической концепции.

Психология подсознательного, детское развитие, история древнего мира, антропология, теология, приматология, мифология и искусство — все это он изучал и использовал в своей работе. Эту совокупность знаний он переварил до сильного, гибкого сознания человеческого вида. Paul Shepard понимал, что наш экзистенциально дикий и родовой вид сформирован охотой и собирательством.

Он писал, что «все основные особенности человека (размеры, метаболизм, сексуальное и репродуктивное поведение, интуиция, разум) пришли в бытие и были ориентированы на то, чтобы охотиться» [4]. Также он рассматривал человечество в качестве особых созданий, онтогенез которых может быть разрушен в аграрной или промышленной среде. Если деформирующие деформации нашей психики оживляют наш экоубийственный путь, значит, мы полностью допустили и творчески преодолели эти факты.

Мы — «существа дикой природы плейстоцена, нуждающиеся в пространстве», вид, возникший из «мелких групп, неторопливо добывающих продовольствие в естественной среде», — писал Paul Shepard. В данной точке истории мы существуем «при превышенной плотности в опустошенных и упрощенных экосистемах».

В работе «The Tender Carnivore and the Sacred Game» (Ласковое плотоядное животное и священная игра) Paul Shepard критиковал начавшуюся около 10 000 лет назад аграрную революцию как биологическую катастрофу и осуждал ее разрушительное влияние, повлекшее уничтожение ареала, социальную стратификацию, ухудшение здоровья, запуск программы стремительного роста населения и массу других подобных напастей, уничтожающих основу цивилизации. Несмотря на то, что человечество не приручило самих себя, в то же время, одомашнивая растения и животных, мы обращались с теми, кто нас окружает, как с детьми. Это была убедительная экология человеческого падения.

«Сегодняшний миф о прогрессе и госпел о радикальных переменах, ориентация на завтрашний день и неистовый обмен старого на новое — все это современно только в разрезе всего человеческого периода, предшествовавшего им. Хотя мы можем изображать себя весьма не похожими на древних обывателей, именно в сельском духе начинается современная жизнь» [5].

Разбирая нечто такое же прошлое, как земледелие, Paul Shepard определил аркадское видение будущего человека. Мы включаем в себя сотни тысячелетий в дикой природе. Наши врожденные эволюционные процессы зависят, скорее всего, от взаимности, чем от доминирующего отношения к остальным диким существам. А наши жизни лучше всего раскрываются в малых группах.

Как эти принципы могут нам сегодня послужить?

Если, как признает Paul Shepard, первая загвоздка заключается в праздновании жизни плейстоцена и состоит в «отсутствии универсалий», то вторым препятствием в признании плейстоцена как модели служит «невозможность вернуться назад». Будучи студентом, я задумывалась о стреле времени и эволюции. Распространение их на социальный процесс кажется просто естественным. Это беспокоило меня в течение долгих лет. В конце концов, до меня дошло, почему это неверно. «Совершенно не обязательно «возвращаться» во времени, чтобы стать тем, кто ты есть, — говорит Paul Shepard. — В нас отзываются гены прошлого. Я прошу людей изменять не свои гены, а общество, чтобы добиться гармонии с уже имеющимся наследием» [6].

А теперь перейдем к следующему.

Революции, возникающие время от времени в различных регионах мира, принуждают к изменению общества. И, что удивительно, в некоторых странах, например Эквадоре и Боливии, права природы признаются основными.

Возможно, эпоха низовых революций лишь только началась.

Даже в том регионе, где я живу, в верхней части Среднего Запада США, начались возмущения обществственности в ответ на захват власти реакционными правителями и политиками. Итогом этих корпоративных переворотов стало пробуждение, по крайней мере, части обычно дремлющего общества. Может это еще не площадь Тахир, но тысячи граждан хлынули на улицы, наводнили столицы и протестовали против разработки вопиющих законов. Предвещает ли это революционные преобразования и рост народной мощи в сердце Америки — вопрос открытый. Эти события, несомненно, свидетельствуют о расширяющемся системном распаде и повышают вероятность трансформационных перемен.

Когда-то общеизвестно черный, деиндустриализованный и безнадешный Детройт в наши дни видится передним краем борьбы низов за построение экономической самодостаточности.

Тогда как будущее неопределенно, учитывая последствия пика добычи нефти и других ограничений роста, даже в наиболее развитых странах и городах мира повседневная жизнь, похоже, становится более охваченной практическими стремлениями к обеспечению основных потребностей. Большинство людей просто борются с тем, с чем им приходится мириться. Во все больше урбанизированной и почти полностью монетизированной человеческой цивилизации проблема обеспечения сытости предваряется борьбой за получение достаточного количества продовольствия (рис. 1).

У меня на кухне есть банка меда с пасеки, расположенной в 8 милях от Детройта (Мичиган). Ее подарили активисты местного сообщества, пригласившие меня посетить Детройт, бывший когда-то арсеналом демократии и эпицентром автомобильного и потребительского этапа индустриализма. Этот мощно преуспевавший и процветающий в свое время город, похвалившийся грандиозной архитектурой зданий, украшен и построен, по-видимому, на века. Его высокооплачиваемое, хотя и тяжелое, производство гарантировало самые высокие цены на жилье в США. Я приехала туда с разведывательной целью, чтобы выяснить, какие перспективы для будущего человека могут быть в разоренном, постиндустриальном и постглобализованном мегаполисе.

Учитывая затруднительное финансовое положение, существующая ситуация в администрации Детройта не очень-то напоминала роскошь хинтерланда поздней Римской империи. Политика администрации города достаточно упадочна. Производственные предприятия давно уже передислоцировались на рынки более дешевой рабочей силы. Почти 20 % из 138 квадратных миль площади Детройта свободны. В настоящее время некоторые части города рассматриваются застройщиками как потенциальные площадки для реализации грандиозных проектов, обещающих постепенные выгоды. Для их сооружения с этих насиженных мест придется выселить постоянных жителей, а процветать будут лишь немногие хорошо подготовленные.

Незамысловатая стратегия спасения заключается в реконструкции деловой части города или же в строительстве крупного медицинского центра, а может быть, еще одного стадиона. Гигантские, сияющие, неуклюжие театры, гостиницы, стадионы и административные здания деловой части города поворачивают к улице свои пустые невыразительные «лица». Среди них, притаившись поближе к земле, стоят старые и прочные каменные и кирпичные здания — изощренные и богато украшенные, но в настоящее время заброшенные. За пределами этой небольшой зоны — сплошь пустующие участки, соседствующие с прочными и красивыми высотными жилыми зданиями и большими индивидуальными домами. В некоторых частях города преобладает стопроцентная безработица, да еще и стоимость коммунальных услуг чрезмерно высока. Десятки тысяч домов испытывают недостаток воды

и электричества. Здания в некоторых районах разрушаются, краска со стен в подъездах обваливается, на пустырях разбросана выброшенная мебель с промокшей и гниющей обивкой, попадаются сложенные груды булыжников, множество мелких предприятий разрушено и укрыто фанерой. Достаточно неприглядная картина.

Поэтому зачастую возникают другие фантазии о будущем Детройта. Территория района насчитывает не менее 800 общественных садов. Они были разбиты множеством покровителей, от членов общин до монашеских орденов и школ, а также в рамках программы «Лето Детройта», инспирированной Boggs. Начатая в 1992 г. программа призывает молодежь со всей территории США приехать и перестроить Детройт, а также узнать о состоянии и возможностях города. Работая рука об руку с местными жителями по созданию стенной живописи, молодежь оказывает помощь в содержании зданий, создает общественные сады и попутно развивает организаторские способности [8].

Холодным и ветреным первоапрельским днем я совершила стремительную экскурсию по некоторым районам, чтобы ознакомиться с подобными «фресками» и садами, расположенными в восточной части города. Я стала лишь одной из тысяч посетителей Детройта, приехавших туда, чтобы проверить возможность существования другого мира, как гласит лозунг Всемирного общественного форума. Среди разрушенных заводов автомобильной эпохи поднимаются взращенные гением непреклонного многонационального сообщества побеги совершенно иного людского будущего, а совсем не того, что пророчили охваченные алчностью правительства со своими антидемократическими планами приватизации, ликвидации и извлечения выгод из любых человеческих или экологических затрат.

Скромная пригородная ферма, составляющая около одного акра, с недавнего времени не имеющая изгороди, специально создана для лучшего смиренного будущего (рис. 2). Разработанная в рамках капуцинской миссии, программа нацелена на выращивание овощей и фруктов для бесплатной столовой и создание нескольких молодежных программ по привлечению детей и подростков к садоводству. Вдоль сада располагаются «благоухающие» компостные кучи в человеческий рост. В довольно большой арочной теплице выращивается рассада для надвигающейся весны. При входе в сад установлена изящная арка из снопов соломы с табличкой, на которой написана молитва к покровителю фермеров св. Исидору. Другая табличка гласит: «Мы добиваемся справедливой и прекрасной пищевой системы для всех».

Неподалеку находится другой небольшой сад, созданный «Друзьями Детройта», еще нуждающийся в защите, которую ему обеспечивает изгородь с колючей проволокой по верхнему краю. По всем окрестностям располагаются сотни фруктовых деревьев,

посаженных членами движения. Сад снабжает маленький город, находящийся напротив центра коммуны и бизнес-инкубатора под названием «Club Tech» (Клуб технологии). Один из многих общественных предпринимателей Детройта и руководитель группы Michael Wimberly рассказал нам, как работает садовая система подачи дождевой воды, и еще много другого. По словам Wimberly, первый прилив дождевой воды, несущий скапливающиеся на крыше загрязнения, пропускают через гравийную подушку, окаймляющую цветник. Реализация цветов на Восточном рынке Детройта является кустарным промыслом. В условиях окружающей безработицы и невозможности использования энергоносителей основой для выживания может стать полученный на дождевой воде урожай, фруктовые деревья и разведение овощей на продажу. Парадокс заключается в том, что отказ промышленности и властей от таких соседей заставляет их освобождать зоны, вызывающие буйство общественной фантазии.

СЛЕДУЮЩАЯ АМЕРИКАНСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Революции в экологии человека накатывались на постиндустриальные пустоши из древней реальности дикости. В настоящее время в Детройте городская степь и устойчивое скопление крестьян. В этой разнородной среде следует отметить еще одного мыслителя, работы которого стоят упоминания. Grace Lee Boggs — политический философ и уже более пятидесяти лет активист движений за власть черных, гражданские права и труд, феминизм и экологическое правосудие.

За эти годы Grace Lee Boggs и ее покойный муж Jimmy «воспитали» руководство детройтской общины, положившей начало огромной сети сообществ, связывающей разные поколения. Jimmy Boggs как и десятки тысяч других афроамериканцев в начале 40-х годов переселился в Детройт с Далекого Юга в поисках работы на недавно созданных оборонных предприятиях. «Jimmy был органичным интеллектуалом, человеком, чьи идеи выходят не из книг, а главным образом из размышлений об опыте собственной жизни и жизни таких же людей», — вспоминает Grace Lee Boggs. Рядовой солдат, работавший на конвейере огромного предприятия Chrysler в восточной части Детройта, он появился «чтобы взглянуть на себя как на продолжение тысячелетней борьбы человека за свободу и самоопределение» [9].

Способность четы Boggs вникнуть в потребность личности в реальном вкладе в общество и принесении жертвы — яркая особенность их работы и влияния. «Для нас самое главное увидеть в угнетенном не только жертву или объект, а творческий субъект», — пишет Grace Lee Boggs в последней книге «The Next American Revolution» (Следующая американская революция) [10]. Их философией была и остается взаимопомощь, ответственность за свои действия и непрерывная борьба за создание будущего путем создания нового человека.

Grace Lee Boggs писала, что уже в 60-е годы их друзья понимали, что «мы приближаемся к концу относительно короткой индустриальной эпохи и что США уже тогда находились в процессе перехода к новому способу производства, основанному на новых информационных технологиях. Возможно, это станет освобождением человечества от индустриальной эпохи, отдаляющей нас от Земли и друг от друга, поэтому культурные и политические результаты имеют такие далеко идущие последствия, как и те, что были связаны с переходом от охоты и собирательства к земледелию или от земледелия к промышленности» [11].

Прагматическая и проникательная, увлеченная Grace Lee Boggs (американка китайского происхождения), родилась в г. Провиденс (Род-Айленд). После учебы в колледжах Barnard и Bryn Mawr, где она в 1940 г. получила степень доктора философии, Grace Lee Boggs организовывала движение за права нанимателей. Она приобщилась к активизму и процессу формирования и защиты идей, никогда не поддавалась цинизму или догмам и придерживалась решительного сосредоточения на «творении реальной истории в противоположность созерцательным сценариям».

Я разговаривала с ней в ее квартире в восточной части Детройта, расположенной в нижнем этаже Центра Boggs, обсуждая вечный, но неизменно насущный вопрос «как нам жить?».

«Я приветствую деиндустриализацию и разорение, которые заставят нас жить просто, — сказала она. — Люди пытаются найти способ, чтобы прожить безопасную и счастливую жизнь, и создают необходимые им условия и способы. Здесь, в США у нас больше шансов на влияние, чем когда-либо. У нас есть возможность обновить мир, и мы именно те люди, кто собирается это сделать. То, что происходит в Детройте, можно назвать созданием параллельных структур. Я считаю себя подходящим человеком для реализации этого замысла» [12].

На Общественном форуме США, проходившем в Детройте в июне 2010 г., Grace Lee Boggs сказала: «Детройт становится национальным и международным символом общества нового типа, общества, в котором преодолена пропасть между промышленной и аграрной эпохой. Не потому, что кто-то задумался о такой целесообразности, а потому, что жизнь за счет земли, жизнь за счет других людей подвела нас к краю пропасти» [13].

А в конце нашего визита Grace Lee Boggs отметила, что «миру срочно необходимы люди, обладающие чувством взаимосвязи с планетой, страной и местом, в котором они живут» [14].

Основополагающее понимание Paul Shepard нашего вида наводит на мысль о том, что мы рождены для жизни в динамическом равновесии с естественными сообществами. Основанное на охоте и собирательстве



Рис. 2. Идея «модернизации» окраин Детройта

плейстоценовое бытие и взаимосвязь с местом сделали из нас тех, кто мы есть, и определили характер человеческой индивидуализации и зрелости. Эта зрелость включает знание о том, что жизнь личности в устройстве природы не должна брать верх над благополучием класса или своей местности.

Серьезное обещание относительно возвращения этой зрелости и взаимосвязи мы находим в отрывке из работы Paul Shepard, который гласит, что «путешествие под покров цивилизации вскроет не наше варварство, а наши «романтические» воспоминания о родovitости, богатом урожае и животном мире, о принятии пищи как дара, а не продукта. Живущий в нас обычный человек знает, как танцевать с животными, знает силу принадлежности к клану, а также глубокие претензии и освобождение насущного ритуала благодарения. Этот тайный субъект существует в каждом из нас и может быть возрожден самыми обыкновенными событиями» [15].

Если мы согласны обратить внимание на гибкость природы и вновь обретенная людьми смиренность уже сталкивается с запросами бытия, то мы можем разглядеть новые основания для надежды.

В мире существуют бесчисленные проекты, в которых приверженность месту и возлюбленному обществу, далеко не погашенные давлением антропоцена, предлагают основу для возможного будущего человека и экологии. Более того, многие из них прислушиваются, хотя и слабо, к социальной матрице малой группы плейстоцена, с ее самодостаточностью, дружелюбностью и взаимопомощью. Повсюду обнаруживаются отзывчивые, изобретательные и многообещающие действия по удовлетворению основных потребностей, восстановлению среды обитания и перестройке способностей личности и общества к самоуправлению.

Благодаря таким как Paul Shepard, моя душа распахнулась, и я приехала в Детройт, чтобы хоть мельком

взглянуть на начало революции в экологии человека, чтобы стать свидетелем попыток тех людей, кто не бросает свою местность, кем не движет жадность или стремление к послушанию. Как и миллионы других людей во всем мире они устанавливают границу антропоцена. Не исключено, что благодаря такой надежде и настойчивости, благодаря ответственности за свои действия и самоопределению могут развиваться условия, предусматривающие некое дальнейшее развертывание человеческой натуры.

Источник: <http://www.postcarbon.org/article/318114-from-the-pleistocene-to-the-motor>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Paul Shepard. «Introduction: Ecology and Man—A Viewpoint.» The Subversive Science: Essays Toward an Ecology of Man (Boston: Houghton Mifflin, 1969) p. 1.
2. Shepard. «Place and Human Development.» Traces of an Omnivore (Washington, DC and Covelo, CA: Island Press/Shearwater Books, 1996) p. 92.
3. «Paul Shepard.» Wild Duck Review. Vol. III, No. 3, p. 2.
4. Shepard. «Ten Thousand Years of Crisis.» The Only World We've Got (San Francisco: Sierra Club Books, 1996) p. 193.

5. Ibid. p.190.
6. Ibid. «Preface» p. xiii.
7. Grace Lee Boggs. The Next American Revolution (Berkeley: University of California Press, 2011) p. 75.
8. Boggs. Living for Change (Minneapolis: University of Minnesota Press, 1998) p. 232.
9. Boggs. Next Revolution. p. 65.
10. Ibid. p. 59.
11. Ibid. p. 70.
12. Grace Lee Boggs. Interview by the author, 1 April 2011.
13. Boggs and Immanuel Wallerstein. A Conversation: US Social Forum, Detroit, June 24, 2010 (Detroit: James and Grace Lee Boggs Center to Nurture Community Leadership) p.7.
14. Boggs Interview.
15. Shepard. "Preface." The Only World We've Got. p.xx.
16. Boggs. Next Revolution. p. 76.

Stephanie Mills (Стефани Миллс) известный автор и лектор по биорегионализму, экологическому восстановлению и т.д. Ее книги включают Tough Little Beauties (2007 г.), Epicurean Simplicity (2002 г.) и Turning Away from Technology (1997 г.). Г-жа Mills — экологический активист на протяжении 30 лет. Помимо книг ею написано бесчисленное множество статей и отредактирован ряд публикаций, в том числе Earth Times и CoEvolution Quarterly. Г-жа Mills читала лекции во многих учреждениях, включая E.F. Schumacher Society, Chicago Academy of Sciences, и Harvard Graduate School of Design.

ШАГИ К СОКРАЩЕНИЮ ВЫБРОСОВ

28 марта Европейская комиссия обнародовала «План развития единой европейской транспортной зоны». В случае принятия Европейским парламентом этот доклад станет политикой Евросоюза в области транспорта, обязательной для всех государств-участников. Разногласия вызывает поставленная в документе задача «наполовину сократить к 2030 г. использование в городском транспорте автомобилей на «традиционном топливе»; постепенно вывести их из городов к 2050 г.; обеспечить в основных городских центрах преимущественное использование транспорта без выбросов углекислого газа к 2030 г.».

Будут ли запрещены в городах Европы автомобили на традиционном топливе? Запретят ли все автомобили? А как же Канада? Основная причина поддержки предложений доклада касается нефти:

«...в ближайшие десятилетия нефти будет недоставать, и откуда она будет поступать, все более неясно. ...Если мы не задумаемся над зависимостью от нефти, то возможности перемещения людей и наша экономическая безопасность могут попасть под сильное влияние печальных последствий инфляции, торгового баланса и общей конкурентоспособности экономики Евросоюза».

Кроме того, вызывают беспокойство шум и выбросы, особенно в городах. Этот план — совсем не то, чем, кажется на первый взгляд. К автомобилям на тра-

диционном топливе также не относятся гибридные автомобили.

Гибридный автомобиль потребляет почти на 20 % меньше топлива, чем его аналог с одним только двигателем внутреннего сгорания. Таким образом, задача по устранению автомобилей на традиционном топливе не способна привести к сокращению выбросов и снижению потребления нефти.

Помимо гибридных автомобилей, доклад обращается к автомобилям с электроприводом, питающимся от сети и бортовых топливных элементов, но не к использующим биотопливо.

Топливные элементы можно считать непригодными для мобильного использования из-за их стоимости, ненадежности и неэффективности. Остаются автомобили, питающиеся от аккумуляторных батарей, заряжаемых от сети, и транспортные средства, получающие электроэнергию от электросети непосредственно в процессе движения. Вполне вероятно, что к 2050 г. этот способ будет использоваться из-за высокой эффективности и низких эксплуатационных расходов.

В данный момент использование автомобилей на аккумуляторных батареях кажется более осуществимым. Основной их недостаток — дальность пробега и стоимость.

Проблема, создаваемая дорожным транспортом любого типа, состоит в ожидаемом росте уличного движения. При отсутствии вмешательства пере-

мещения на автотранспорте вырастут к 2050 г. примерно на 30 %, что приведет к увеличению стоимости транспортных перевозок на 50 %.

Предпочтительным способом ограничения уличного движения считается дорожный сбор, аналогичный взимаемому в Лондоне и Стокгольме, где было зарегистрировано сокращение движения на 30 %.

Расположенная на востоке Канады Манитоба более зависима от нефти, чем Европа. Практически каждая используемая капля поступает из другой страны или транзитом. В отличие от таких европейских стран как Норвегия, восточная Канада не имеет доступа к нефтяным запасам. Шесть восточных провинций крайне чувствительны к повышению цен на нефть и перебоям в поставках. В начале 2011 г. цена за 1 брл нефти поднималась быстрее, чем когда-либо ранее.

Восточная Канада хорошо обеспечена электроэнергией, вырабатываемой из возобновляемых источников. Отказ от транспорта на традиционном топливе был бы целесообразен, а города могли бы стать лучшим местом для начала этого процесса. Сокращение движения автотранспорта в городских центрах вполне могло бы улучшить их работу.

Источник: <http://www.postcarbon.org/article/316589-will-the-eu-ban-fossil-fuel-cars>

ОГРАНИЧЕНИЯ ЗЕМЛИ. ПОЧЕМУ РОСТ НЕ ВЕРНЕТСЯ. ВОДА¹

Richard Heinberg, *Post Carbon Institute*

В статье проводится анализ влияния воды на экономический рост и другие факторы

ВОДА

Ограничение запасов пресной воды (рис. 1) может повлиять на сдерживание экономического роста, оказывая на общество влияние четырьмя основными способами:

- рост смертности и общей бедности ввиду того, что все большее число людей испытывают трудности в удовлетворении основных и неотъемлемых человеческих потребностей, связанных с питьем, купанием и приготовлением пищи;
- сокращение выпуска сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях;
- создание угрозы горным работам и производственным процессам, требующим подвода воды;
- снижение производства энергии с использованием воды.

Поскольку воды становится все меньше, попытки смягчения любого из этих четырех влияний, вероятно, только ухудшат положение хотя бы с одним из трех оставшихся факторов.

В настоящее время среди специалистов и сотрудников ответственных административных учреждений можно отметить серьезное беспокойство о том, что мировые запасы пресной воды слишком расточительно используются и быстро сокращаются, а к концу столетия нехватка воды значительно возрастет. Вычерпываются реки и ручьи, истощаются водоносные слои, загрязняются поверхностные и подземные воды, а источники проточной поверхностной воды (снежные массы и ледники) убывают в результате климатических изменений [36].

Согласно Глобальному экологическому обзору (Global Environment Outlook 4) за 2007 г., «к 2025 г. примерно 1,8 млрд человек будут жить в странах или регионах с абсолютным дефицитом воды, а две трети мирового населения будет находиться в состоянии водного стресса – порога удовлетворения потребностей в воде для нужд сельского хозяйства, промышленности, домашнего использования, энергетики и экологии...» [1].

Оценки, приведенные в последнем исследовании, группой ученых Международного центра анализа за-



Рис. 1. Вода – необходимый для жизни человека компонент

пасов подземных вод (Utrecht and the International Groundwater Resources Assessment Center – IGRAC) в Утрехте (Нидерланды), показывают, что мировые подземные воды истощились с 229,4 млн акрофут (55 миль³) в 1960 г. до 99,7 млн акрофут (примерно 29,5 миль³) в 2000 г. [2]. Извлечение и использование подземных вод, в конечном счете, сказывается на мировом океане, приводя к повышению уровня моря. Однако влияние подземных вод на повышение уровня моря в последующие десятилетия должно уменьшиться, поскольку, по мнению эксперта по воде Peter H. Gleick из Тихоокеанского института «с истощением бассейнов подземных вод в океан (через дождевые тучи) не будет поступать больших объемов воды» [3].

Американская река Колорадо (рис. 2), снабжающая водой такие города как Феникс, Тусон, Лос-Анджелес, Лас-Вегас и Сан-Диего, а также поставляющая основные объемы воды для орошения юго-западных земель, при сохранении современных тенденций через десять лет может просто пересохнуть [4]. Снежные массы в верховьях Колорадо убывают из-за климатических изменений, и в ближайшие годы могут сократиться на 40 % по сравнению со стандартной нормой. Тем

¹ Эта статья – третий отрывок из Главы 3 новой книги Richard Heinberg «The End of Growth», которая выходит в издательстве New Society Publishers в сентябре 2011 г.



Рис. 2. Река Колорадо (США)

временем с ростом населения региона отбор воды продолжает увеличиваться.

Важно определить различия между отбором и потреблением воды. Отбор воды представляет собой суммарный объем, извлеченный из источника, а потребление — количество отобранной воды, не возвращенное в источник в основном из-за потерь на испарение [5].

Три миллиарда жителей Южной Азии (почти половина мирового населения) сталкиваются с аналогичным кризисом: они испытывают сильную зависимость от воды в огромных речных системах, берущих свое начало в тающих ледниках и снегах Гималаев (Ганг, Инд, Брахмапутра, Янцзы, Меконг, Салуин, Красная река (Азия), Синьцзян, Чао Прайя, Иравади, Амударья, Сырдарья, Тарим и Хуанхэ). И в этом случае климатические изменения влияют на уменьшение объема ледников и сокращение древних ледников, в то время как растущее население и развивающаяся экономика способствуют постоянному увеличению спроса на эти ключевые водные ресурсы [6].

Угрожающая жизни нехватка воды уже отмечалась в некоторых регионах Африки. В 2009 г. Сомали охватила засуха, сильно ослабившая тысячи семей и их домашний скот из-за недостатка питьевой воды. Многие водяные колодцы совсем пересохли, а те, в которых все-таки осталась вода, вынуждены были обслуживать многочисленное население, включая примерно 100 000 человек, переехавших поближе к воде из-за засухи [7].

По данным Геологической службы США (US Geology Sur-

vey — USGS), сельскохозяйственное орошение (рис. 3) составляет 31 % отбираемого в этой стране объема пресной воды [8]. Влияние увеличения нехватки воды на сельское хозяйство продемонстрировало затруднительное положение фермеров Центральной равнины (Калифорния), которая является одним из наиболее продуктивных сельскохозяйственных районов Америки по урожайности на единицу площади. В 2009 г. фермеры округа Керн (в южной части Центральной равнины), преодолевшие муки другой изнурительной засухи, получили от федерального проекта водоснабжения и властей штата меньше половины обычной квоты на водопотребление. Местному сельскому хозяйству требуется довольно много воды: на выращивание одного апельсина фермерам округа Керн нужно 55 галл воды, а на каждый персик уходит 142 галл. В результате засухи десятки тысяч акров сельскохозяйственных земель округа Керн простаивали.

С исчезновением снежных масс фермеры, хозяева ранчо и города восполняют потери проточных поверхностных вод, выкачивая воду из скважин. Но в большинстве случаев это только заменяет одну долгосрочную проблему другой: истощением водоносного слоя. Показательным примером этой тенденции служит водоносный горизонт Огаллала, огромный, хотя и неглубокий подземный водоносный слой под американским плато Великие равнины, осушаемый с настораживающими темпами. Огаллала охватывает площадь примерно 174 000 м² на территории восьми штатов (Южная Дакота, Небраска, Вайоминг, Колорадо, Канзас, Оклахома, Нью-Мексико и Техас) и обеспечивает водой до 27 % площади орошаемых земель США

[9]. Районы, лежащие над водоносным слоем, используются для животноводства и выращивания кукурузы, пшеницы и сои. Кроме того, Огаллала обеспечивает питьевой водой до 82 % людей, живущих в границах водоносной зоны [10]. С углублением скважин многие фермеры высокогорных равнин Техаса уже отказываются от орошаемого земледелия. В большинстве областей, покрываемых водоносным слоем, уровень грунтовых вод упал за время забора воды из скважин на 10 — 50 фут (1 фут = 0,3048 м), а в нескольких районах зафиксировано падение более 100 фут.

В США для промышленного использования добывается примерно 50 % пресной воды [11]. Но эти объемы поддерживают промышленность, производящую, кроме прочего, металлы,



Рис. 3. Сельскохозяйственное орошение требует 31 % пресной воды, потребляемой в США

древесину и бумажные изделия, химикаты и бензин. Промышленная вода используется для производства, переработки, мойки, разведения, охлаждения или транспортировки продукции, а также для санитарной обработки производственного оборудования. В какой-либо части процесса производства практически каждого промышленного изделия применяется вода.

Воды становится все меньше, поэтому со стороны промышленности требуются все большие усилия для обеспечения иным способом тех действий, которые в настоящее время позволяет дешевая вода, и почти всегда с большими затратами. Это может означать перепроектирование технологических процессов или увеличение платы за воду, получаемую из отдаленных источников.

Но для транспортировки воды нужна энергия. Например, в Калифорнии водяные насосы ежегодно потребляют 6,5 % всей электроэнергии, расходуемой штатом [12]. На опреснение океанской воды для промышленности, сельского хозяйства и бытовых нужд тоже требуется энергия: наиболее эффективные опреснительные установки, использующие обратный осмос, потребляют для производства кубометра пресной воды около 2,5–3,5 кВт·ч электроэнергии [13].

Если из-за недостатка воды ее получение требует все больше энергии, то приходится использовать больше воды для получения энергии ввиду дефицита ее источников. И так образуется заколдованный круг.

Вернемся к предыдущему примеру с калифорнийским округом Керн. Помимо жизненно важной сельскохозяйственной экономики, на его территории располагаются нефтяные и газовые предприятия с оборотом 15 млрд долл., которые точно так же являются весьма интенсивными потребителями воды. Добываемая на нефтяных скважинах округа Керн сырая нефть может вытекать из скважин только при условии нагнетания бурильщиками огромных объемов воды и пара (примерно 320 галлонов на каждый баррель нефти, выкачанный на поверхность). Фермеры и нефтяные компании вынуждены бороться за одни и те же сокращающиеся источники воды [14].

Вода необходима промышленным предприятиям (рис. 4). Для производства электроэнергии тоже нужна вода. Около 49 % из 410 млрд галл ежедневно отбираемой в США воды (с учетом соленой воды) идет на охлаждение теплоэлектростанций, причем большая часть — на охлаждение электростанций на твердом то-



Рис. 4. Вода необходима промышленным предприятиям

пливе [15]. Атомным электростанциям тоже требуются значительные объемы воды для охлаждения реакторов. Вода нужна даже для производства фотоэлектрических солнечных батарей. В этом случае используется вода исключительно высокой чистоты, хотя и в относительно меньших объемах по сравнению с другими энергетическими технологиями. В соответствии с информацией, предоставленной журналистами и учеными, занимающимися программой возобновляемости воды под названием «Circle of Blue», борьба за воду на каждом этапе горных работ, производства, переработки, транспортировки и использования энергии становится все более беспощадной, более сложной и более трудноразрешимой [16].

Большинство стран проводят политику эффективного использования водных ресурсов, — то есть снижают ее потребление на единицу ВВП. Этим мы в основном обязаны переходу от аграрного водопотребления к промышленному, а также росту производительности. Но в отношении роста производительности можно пойти и дальше: эффективность использования воды в большинстве отраслей может быть легко удвоена и утроена.

Мировые конфликты вокруг скудных запасов пресной воды до сих пор множатся и углубляются. Существует ряд потенциальных очагов напряженности. Например, коалиция государств, возглавляемая Эфиопией, которая в настоящее время оспаривает старые соглашения, позволяющие Египту использовать более половины воды Нила. Без этой реки весь Египет превратился бы в пустыню [17]. Потребители воды соперничают за доступ к сокращающимся источникам, поэтому многие государства будут считать, что непрерывное экономическое развитие все в большей степени подвергает их риску.

Нехватка воды сама по себе вряд ли станет прямым фактором, ограничивающим экономический рост в США, по крайней мере, в ближайшие десятилетия. Но она уже стала серьезной проблемой для многих других стран, в том числе большинства африканских государств и большей части арабского мира [18]. Кроме того, недостаток воды незаметно ужесточает все остальные рассматриваемые нами ограничения.

Источник: <http://www.postcarbon.org/article/269759-earth-s-limits-why-growth-won-t-return>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. United Nations Environment Program, Global Environment Outlook 4 (Malta: Progress Press Ltd., 2007).
2. Yoshihide Wada, et al., «Global Depletion of Groundwater Resources», Geophysical Research Letters 37 (October 26, 2010).
3. Felicity Barringer, «Rising Seas and the Groundwater Equation», Green: A Blog About Energy and the Environment, The New York Times, posted November 2, 2010.
4. Tim P. Barnett and David W. Pierce, «When Will Lake Mead Go Dry»? Water Resources Research 44 (March 29, 2008).
5. National Energy Technology Laboratory, Innovations for Existing Plants Program, «Water-Energy Interface», <http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/ewr/water/power-gen.html>.
6. «The United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change famously predicted [the Himalayan glaciers] could disappear as soon as 2035. It turns out that guesstimate was based on misquoting a researcher in a 1999 news article—not a result from any kind of peer-reviewed scientific study. The incident reflects a breakdown in the IPCC process but it doesn't undercut the reality that glacier loss, particularly in what are technically tropical regions such as the Andes and Himalayas, continues to accelerate in the 21st century. Though they likely won't disappear entirely for centuries, losing the glaciers will eventually be bad news for the billions around the world who rely on meltwater to survive». David Biello, «How Fast Are the Himalayan Glaciers Melting?» Scientific American podcast, posted January 21, 2010, <http://www.scientificamerican.com/podcast/episode.cfm?id=how-fast-are-himalayan-glaciers-mel-10-01-21>. Actual melt rates are a matter of ongoing study, but there is general agreement that, on the whole, the glaciers are retreating rapidly. In the Indian Himalaya, the Chhota Shigri Glacier has retreated 12 percent in the past 13 years and the iconic Gangotri Glacier, where the River Ganga originates, has retreated 12 percent in the past 16 years. See Richard S. Williams, Jr., and Jane G. Ferrigno, eds., Glaciers of Asia, U.S. Geological Survey Professional Paper 1386 – F (Washington, DC: U.S. GPO, 2010), online at <http://pubs.usgs.gov/pp/p1386f/>.
7. «Desperate Water Shortage in Somaliland», Inside Somalia, August 4, 2009.
8. Nancy L. Barber, «Summary of Estimated Water Use in the United States in 2005», U.S. Geological Survey, 2009, <http://water.usgs.gov/watuse/>.
9. Kevin F. Dennehy, High Plains Regional Groundwater Study, U. S. Geological Survey Fact Sheet FS-091-00, 2000, <http://co.water.usgs.gov/nawqa/hpgw/PUBS.html>.
10. Paul D. Ryder, «High Plains Aquifer», in Groundwater Atlas of the United States: Oklahoma, Texas, U.S. Geological Survey publication HA 730-E, 1996, <http://pubs.usgs.gov/ha/ha730/index.html>.
11. Barber, «Summary of Estimated Water Use in the United States in 2005».
12. «Industrial-Agricultural Water End-Use Efficiency», California Energy Commission website, <http://www.energy.ca.gov/research/iaw/industry/water.html>.
13. «Membrane Desalination Power Usage Put in Perspective», American Membrane Technology Association, April 2009.
14. Jeremy Miller, «California Drought is No Problem for Kern County Oil Producers», Circle of Blue, posted August 24, 2010.
15. Barber, «Summary of Estimated Water Use in the United States in 2005».
16. Peter Boaz and Matthew O. Berger, «Rising Energy Demand Hits Water Scarcity 'Choke Point'», IPSNews.net, posted September 22, 2010, <http://ipsnews.net/news.asp?idnews=52939>.
17. «Ethiopia and Egypt Dispute the Nile», BBC News, posted February 24, 2005.
18. Alistair Lyon, «Arab World to Face Severe Water Scarcity By 2015», Ottawa Citizen, November 4, 2010.

Научно-технический журнал
Издаётся с 1979 г.

Рег. ПИ № 77-14588 от 07.02.03



Учредитель:

Издательство «Топливо и энергетика»

Директор издательства **А. Миронова**
Главный редактор издательства **Н. Кутасова**
Зам. директора
по правовым вопросам **Х. Гериханов**

Редакция:

Научный редактор **Н. Кутасова**
Научный редактор **Л. Борисова**
Верстка **Е. Сапожников**
Верстка **В. Волгарева**

Переводчики: **И. Аммосова, Д. Баранов, В. Клепинин,
Г. Кочетков, С. Сорокин, А. Степанов,
Л. Токар, И. Константинов**

Россия, 109 029, Москва,
ул. Скотопрогонная, 29/1

Телефон (495) 670-7481

e-mail: art@ogt.su
www.ogt.su

На первой странице обложки

Новый Valve Technology Center компании Metso
в Вантаа (Финляндия)

Фото Н. Кутасовой

About the cover

New Metso's Valve Technology Center
in Vantaa (Finland)

Photo courtesy by N. Kutasova

© 2011 Издательство «Топливо и энергетика»

Перепечатка,
все виды копирования и воспроизведения
публикуемых материалов возможны
только с письменного разрешения редакции

Редакция оставляет за собой право
сокращения присылаемых материалов

Мнение редакции не всегда совпадает
с мнением авторов материалов



FAURE HERMAN
Mastering the Flow

EXPLORATION & PRODUCTION

- . FSO/FPSO
- . Allocation
- . Tanker loading
- . Sea water injection
- . Test separators



PIPELINES & MARINE TERMINALS

- . Custody transfer
- . Leak detection
- . Line balance



TURBINE FLOWMETERS

ULTRASONIC FLOWMETERS

TERMINALS & TANK FARMS



- . Product transfer
- . Tanker off-loading
- . Trucks & wagon loading

REFINERIES PETROCHEMICAL & CHEMICAL PLANTS



- . Blending
- . Water & pure water
- . Truck & wagon loading
- . Additives

DISTRIBUTION



- . On truck unloading
- . Mobile field refuelling
- . Aircraft refuelling
- . Military logistic

FAURE HERMAN

Route de Bonnétable – B.P. 20154 – 72406 La Ferté-Bernard Cedex – France

Tel : +33 (0)2 43 60 28 60 – Fax : +33 (0)2 43 60 28 70

E-mail : fhinfo@idexcorp.com

www.faureherman.com

IDEX
LIQUID CONTROLS GROUP

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ ПО НЕФТИ И ГАЗУ



2011

WWW.MIOGE.RU



10-я ТУРЕЦКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ
«НЕФТЬ И ГАЗ»

16 — 17 марта 2011
Анкара, Турция



11-я МОСКОВСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
«НЕФТЬ И ГАЗ»

21 — 24 июня 2011
Москва, Россия



15-я УЗБЕКИСТАНСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И
КОНФЕРЕНЦИЯ «НЕФТЬ И ГАЗ»

17 — 19 мая 2011
Ташкент, Узбекистан



9-й РОССИЙСКИЙ
НЕФТЕГАЗОВЫЙ КОНГРЕСС
в рамках выставки «НЕФТЬ И ГАЗ»

21 — 23 июня 2011
Москва, Россия

NEW



5-я АЛЖИРСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ НЕДЕЛЯ

21 — 25 мая 2011
Оран, Алжир



19-я КАЗАХСТАНСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
И КОНФЕРЕНЦИЯ «НЕФТЬ И ГАЗ»

5 — 8 октября 2011
Алматы, Казахстан



2-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ГАЗОВЫЙ КОНГРЕСС
ТУРКМЕНИСТАНА

25 — 26 мая 2011
**Аваза, Туркменбаши,
Туркменистан**



**MANGYSTAU
OIL & GAS**

6-я КАЗАХСТАНСКАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ
ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ «НЕФТЬ,
ГАЗ, ИНФРАСТРУКТУРА МАНГИСТАУ»

1 — 3 ноября 2011
Актау, Казахстан



**CASPIAN
OIL & GAS**

18-я АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И
КОНФЕРЕНЦИЯ «НЕФТЬ И ГАЗ КАСПИЯ»

7 — 10 июня 2011
Баку, Азербайджан



**OGT
2011**

16-я МЕЖДУНАРОДНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
«НЕФТЬ И ГАЗ ТУРКМЕНИСТАНА»

15 — 17 ноября 2011
Ашхабад, Туркменистан



ОРГАНИЗАТОРЫ

ITE LLC MOSCOW

+7 (495) 935 7350, 788 5585
oil-gas@ite-expo.ru



ITE GROUP PLC

+44 (0) 207 596 5000
oilgas@ite-exhibitions.com

The US Congress mandated through the Clean Water Act, that the US EPA would keep a list of products that may be legally used on US Navigable waters Oil Spill Eater II is on this NCP list

Link to the above regulation under the US Clean Water Act Law
http://www.epa.gov/oem/docs/oil/cfr/900_920.pdf

The EPA requires certain disclosures in regards to a product listing, and these requirements have been met with confusion even by other US departments, so the OSEI Corporation wants to have full disclosure of the law/regulations, the OSE II listing letter, the information maintained by the US EPA on their notebook, and the how to get on the list information for all to see.

Subpart J—Use of Dispersants and Other Chemicals

SOURCE: 59 FR 47453, Sept. 15, 1994, unless otherwise noted.

§ 300.900 General.

(a) Section 311(d)(2)(G) of the CWA requires that EPA prepare a schedule of dispersants, other chemicals, and other spill mitigating devices and substances, if any, that may be used in carrying out the NCP. This subpart makes provisions for such a schedule.

(b) This subpart applies to the navigable waters of the United States and adjoining shorelines, the waters of the contiguous zone, and the high seas beyond the contiguous zone in connection with activities under the Outer Continental Shelf Lands Act, activities under the Deepwater Port Act of 1974, or activities that may affect natural resources belonging to, appertaining to, or under the exclusive management authority of the United States, including resources under the Magnuson Fishery Conservation and Management Act of 1976.

(c) This subpart applies to the use of any chemical agents or other additives as defined in subpart A of this part that may be used to remove or control oil discharges.

§ 300.905 NCP Product Schedule.

(a) *Oil Discharges.* (1) EPA shall maintain a schedule of dispersants and other chemical or bioremediation products that may be authorized for use on oil discharges in accordance with the procedures set forth in § 300.910. This schedule, called the NCP Product Schedule, may be obtained from the Emergency Response Division (5202-G), U.S. Environmental Protection Agency, 1200 Pennsylvania Ave., NW., Washington, DC 20460. The telephone number is 703-603-8760.

(2) Products may be added to the NCP Product Schedule by the process specified in § 300.920.

(b) *Hazardous Substance Releases.* [Re-served]

[59 FR 47453, Sept. 15, 1994, as amended at 65 FR 47325, Aug. 2, 2000] **§ 300.91**

**OIL SPILL EATER LISTING OF OSE II ON THE US EPA NCP LIST
LETTER**



UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

WASHINGTON, D.C. 20460

SEP 18 2009

OFFICE OF
SOLID WASTE AND
EMERGENCY RESPONSE

Mr. Steven Pedigo
Chairman/CEO
Oil Spill Eater International, Corp.
P.O. Box 515429
Dallas, TX 75251-5429

Dear Mr. Pedigo:

Thank you for providing the technical product data required by the National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan (NCP), 40 CFR Part 300, for your product "Oil Spill Eater II (OSE II)." Our review shows that your submission has satisfied the requirements contained in Title 40 of the CFR section 300.915 of the NCP. Therefore, "Oil Spill Eater II (OSE II)" will be listed on the NCP Product Schedule under the Bioremediation Agent category and may be authorized for use by Federal On-Scene Coordinators in accordance with 40 CFR section 300.910. The technical data for this product will be kept on file by the EPA Office of Emergency Management, Regulation and Policy Development Division pursuant to 40 CFR section 300.920.

Enclosed are some of the relevant provisions in the NCP on restrictions regarding the listing of your product. Please note that you are required to notify the Environmental Protection Agency (EPA) of any changes in composition, formulation, handling procedures, or application of your product. Based on this notice, EPA may require retesting of the product.

Also note that the listing of "Oil Spill Eater II (OSE II)" on the NCP Product Schedule does not constitute approval, certification, authorization, licensing or promotion of the product; nor does it imply compliance with any criteria or minimum standards for such agents. Failure to comply with these restrictions or the making of any improper reference to EPA in an attempt to demonstrate approval or acceptance of the product will constitute grounds for removal of the product from the schedule.

Please review the enclosed information and contact Ms. Leigh DeHaven in the Office of Emergency Management at (202) 564-1974 if you have any questions.

Sincerely,

R. Craig Matthiessen, Director
Regulation and Policy Development Division
Office of Emergency Management

Enclosure

OIL SPILL EATER II TECHNICAL INFORMATION IN THE US EPA NOTEBOOK



LINK <http://www2.epa.gov/emergency-response/oil-spill-eater-ii>

Emergency Management

[Contact Us](#) Search:

All EPA

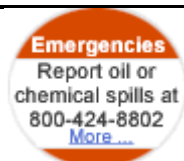
Emergency Management

Go

You are here: [EPA Home](#)
[Emergency Management](#)
[NCP Subpart J](#)
[NCP Product Schedule](#)
OIL SPILL EATER II

[Home](#)

OIL SPILL EATER II



TECHNICAL PRODUCT BULLETIN #B-53
USEPA, OFFICE OF EMERGENCY MANAGEMENT
REGULATION AND POLICY DEVELOPMENT DIVISION
ORIGINAL LISTING DATE: AUGUST 26, 1996
REMOVAL DATE: AUGUST 16, 2005
RELISTING DATE: SEPTEMBER 18, 2009
"OIL SPILL EATER II (OSE II)"

I. NAME, BRAND, OR TRADEMARK

OIL SPILL EATER II (OSE II)

Type of Product: Bioremediation Agent (Biological Enzyme Additive [previously listed as a Nutrient Additive])

II. NAME, ADDRESS, AND TELEPHONE NUMBER OF MANUFACTURER/CONTACT

OSEI Corporation (Formerly Sky Blue Chems)
P.O. Box 515429
Dallas, TX 75251-5429

Phone: (972) 669-3390
E-mail: oseicorp@msn.com
Web Site: www.osei.us
(Mr. Steven Pedigo, Chairman, CEO, Inventor)

III. NAME, ADDRESS, AND TELEPHONE NUMBER OF PRIMARY DISTRIBUTORS

OSEI Corporation (Formerly Sky Blue Chems)
P.O. Box 515429
Dallas, TX 75251-5429
Phone: (972) 669-3390
E-mail: oseicorp@msn.com
Web Site: www.osei.us
(Mr. Steven Pedigo, Chairman, CEO, Inventor)

IV. SPECIAL HANDLING AND WORKER PRECAUTIONS FOR STORAGE AND FIELD APPLICATION^o

1. Flammability: Water-based, non-flammable
2. Ventilation: Needs no ventilation; aqueous-based product; does not emit hazardous vapors
3. Skin and eye contact; protective clothing; treatment in case of contact: OSE II is not a primary dermal irritant. Avoid eye contact, and wear goggles if possible for the spray to come in direct contact with eyes. Facilities for quick and copious eye flushing should be provided and prompt medical attention should be sought if exposure and irritation persists. Protective rubber gloves are suggested during handling. Before mixing the product has a smell of fermentation. The product does not give off any harmful vapors.
- 4.a. Maximum storage temperature: 120°F
- 4.b. Minimum storage temperature: None; OSE II can freeze and thaw without adverse effects
- 4.c. Optimum storage temperature range: 72°F
- 4.d. Temperatures of phase separations and chemical changes: 120°F

V. SHELF LIFE

OSE II has a recommended shelf life of 5 years. After 5 years at optimum storage temperature, there is an approximate 10% decrease per year in product capability.

VI. RECOMMENDED APPLICATION PROCEDURE

1. Application Method:

A. Use surface spray apparatus, such as small hand held tanks, back pack, large mixing tanks with mechanical pumping devices, vessels with booms for spraying wide paths, or spray devices on airplanes or helicopters.

B. OSE II can be applied by eductor systems from vessels, fire trucks, etc. Set the eductor system to 2% and apply 1 gallon of mixed OSE II to each spilled gallon of hydrocarbon.

2. Concentration/Application Rate:

General - OSE II generally takes 3 to 30 minutes to penetrate the molecular walls of hydrocarbons. However, once you spray OSE II on the hydrocarbons, OSE II attaches itself and will eventually engulf the hydrocarbons regardless of where the hydrocarbons may spread on the surface of salt or fresh water. Additionally, once you spray OSE II, the hydrocarbons cannot attach itself to the shoreline, rocks, or any equipment in its path. OSE II breaks down the adhesion properties of hydrocarbons and causes hydrocarbons to float, thereby, eliminating secondary contamination of the water column or any other areas, and holding the contaminated area to the water's surface, the original contaminated area.

If OSE II is to be used on ocean spills or on intertidal zones OSE II should be mixed with ocean water.

If OSE II is to be used on lakes, rivers, streams, ponds, or on land mix the product with water from a lake, stream, or pond.

If you are performing a clean up, make sure the water used to mix with OSE II, and the water used to keep the area saturated, is the type of water normally associated with that area.

If you use fresh water in an area normally contacted with salt water or vice versa, the different types of bacteria and competition could occur, not to mention the problems with salinity for fresh water organisms.

[Note: Do not mix tap water with OSE II if possible: Chlorine in tap water slows bacterial enhancement]

Spills on Water:

Dilute each gallon of OSE II with 50 gallons of fresh, brackish, or salt water - depending on the water associated with the area that has been impacted by the spill. Apply OSE II at a ratio of 1 gallon mixed OSE II to each gallon of hydrocarbon spilled. Apply using hand held sprayers, tank sprayers, booms from vessels, helicopters, or airplanes; by spraying the perimeter first then working toward the middle of the spilled area. Next spray the entire surface of the spill. If the spill is very heavy (more than 2 inches thick) it is recommended that OSE II be applied every day until you have met a 1:1 ratio of OSE II and water mixture to spilled oil/hydrocarbons.

Use 1 gallon OSE II for every 50 gallons of hydrocarbons.

Use 1 drum of OSE II for every 2,750 gallons of hydrocarbons.

If you know gallons of hydrocarbons spilled, multiply gallons of hydrocarbons by 0.02 to get amount of OSE II needed [gallons of hydrocarbons x 0.02 = gallons of OSE II].

If you know barrels of crude oil spilled, multiply barrels of crude oil by 0.015 to get drums of OSE II needed [barrels of crude oil x 0.015 = drums of OSE II].

If you do not know gallons of hydrocarbons or barrels of crude oil, multiply size of spill by 0.0023 to get drums of OSE II needed or by 0.12 to get gallons of OSE II needed [(yards long x yards wide x inches thick) x 0.0023 = drums of OSE II or (yards long x yards wide x inches thick) x 0.015 = gallons of OSE II].

Intertidal Zone:

Mix each 55 gallon drum of OSE II with 2,750 gallons of fresh, brackish, or salt water. The water used is determined by the type of water associated with the site. OSE II should be applied as the tide recedes (if there is a tide) and once the tide comes in the application should cease until the tide recedes again. Additional applications should only be warranted if spill has been allowed time to percolate into the depths of the soil.

If there is no tide, but waves have pushed the spill into the intertidal zone, then there will be direct access to the spill at all times. If possible use string or stakes to grid off the beach or intertidal zone area, and then you can calculate how much premixed OSE II to apply to a given area. If unable to grid off an area then calculate how much OSE II to apply and then determine how much premixed OSE II will flow through a nozzle (gallons per minute) then let application technician know how many gallons to apply in a given area and this can be determined by applying product for a certain time period to get the correct amount of OSE II applied to gain the 1:1 ratio.

Note: If the intertidal zone is associated with the sea then mix OSE II with salt water. If the spill area is in an area of brackish water then mix OSE II with brackish water. If the intertidal zone is associated with fresh water such as lakes, rivers, streams, ponds, creeks, aquifers, or drinking water wells then use fresh water to mix OSE II.

3. Conditions for Use:

OSE II can remediate hydrocarbon-based material including chlorinated hydrocarbons, PCB's, dioxins, and some pesticides.

As the age of spilled hydrocarbons increases, the time necessary for bioremediation increases. In general, fresh crude, gasoline of BTEX takes from 72 hours to 30 days to completely bioremediate.

Variations of sea water salinity should have no effect, but as long as microbial life can exist, then OSE II will be effective.

OSE II bioremediation slows somewhat at temperatures below 40°F. OSE II however, will continue to work at any liquid water temperature that will sustain microbial life.

VII. TOXICITY AND EFFECTIVENESS

a. Effectiveness:

Summary Data Table:

DAYS	PRODUCT 3 REPS/PROD	TOTAL MEAN ALKANES (ppm)	RED% 28 DAYS	TOTAL MEAN AROMATICS (ppm)	RED% 28 DAYS
0	CONTROL	43,170	-	11,435	-
	NUTRIENT	40,569	-	11,785	-
	OSE II	41,730	-	12,155	-

7	CONTROL	39,250	9.1	10,355	9.4
	NUTRIENT	34,815	14.2	9,898	16.0
	OSE II	26,316	36.9	8,072	33.6
28	CONTROL	35,797	17.1	9,534	16.6
	NUTRIENT	26,507	34.7	8,938	24.2
	OSE II	4,273	89.8	1,268	89.6

Results of Gravimetric Analysis:

Percentage (%) Decrease in Weight of Oil on Day 28

Control: 16.5%

Nutrient: 52.0%

Product: 85.4%

VIII. MICROBIOLOGICAL ANALYSIS

1. Listing of each component of the total formulation, other than enzymes, by chemical name and percentage by weight: CONFIDENTIAL
2. Enzyme Names: CONFIDENTIAL
3. I.U.B.: CONFIDENTIAL
4. Source of Enzymes: Fermentation process
5. Units: No less than 1% and no more than 50% by weight
6. Specific Gravity: 1.05
7. Optimum Conditions:
 - a. pH: 7.0
 - b. Temperature: 72°F
 - c. Salinity Ranges: Fresh water to salt water
 - d. Maximum and Minimum pH: 3.5 - 8.0
 - e. Maximum and Minimum Temperature: 28°F - 128°F
 - f. Maximum and Minimum Salinity Levels - Salinity level above that will support microbial activity will adversely effect OSE II's performance
 - g. Enzyme Shelf Life: Up to 5 years when properly stored
 - h. Enzyme Optimal Storage Conditions: 72°F is optimal, enzyme range is freezing to 120°F, never leave OSE II in direct sunlight for more than a couple of hours

IX. PHYSICAL PROPERTIES

NA

X. ANALYSIS OF HEAVY METALS, CYANIDE, AND CHLORINATED HYDROCARBONS

NA

Last updated on Tuesday, October 13, 2009
<http://www.epa.gov/emergencies/content/ncp/products/oseater.htm>

How to get a product on the US EPA NCP list

<http://www2.epa.gov/emergency-response/national-contingency-plan-subpart-j#howto>
Emergency Response National Contingency Plan Subpart J

One of EPA's top priorities is to prevent, prepare for, and respond to oil spills that occur in and around inland waters of the United States. EPA is the lead federal response agency for oil spills occurring in inland waters. The [U.S. Coast Guard](#) is the lead response agency for spills in coastal waters and deepwater ports. Subpart J of the [National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan \(NCP\)](#) directs EPA to prepare a schedule of dispersants, other chemicals, and oil spill mitigating devices and substances that may be used to remove or control oil discharges.

[NCP Product Schedule](#)

[Environmental Monitoring for Atypical Dispersant Operations: Including Guidance for Subsea Application and Prolonged Surface Application Revisions to Subpart J of the NCP under Consideration](#)

[NCP Product Schedule Technical Notebook](#)

[How to List a New Product on the NCP Product Schedule](#)

[NCP Subpart J Regulations](#) [Effectiveness and Toxicity Testing](#) [Disclaimer Information](#) [For More Information](#)

The [NCP Product Schedule \(April 2014\) \(PDF\)](#) is also available for download in its entirety.

EPA maintains the NCP Product Schedule, which lists the following types of products that are authorized for use on oil discharges:

Bioremediation agents Dispersants Surface washing agents Surface collecting agents Miscellaneous oil spill control agents
See [Definitions of Product Categories](#) See [Alphabetical List of NCP Product Schedule Products with Links to Technical Product Summaries](#)

Design for the Environment

Note: Products may be eligible for recognition by EPA's [Design for the Environment \(DfE\) Program](#) as a safer oil spill treatment. The DfE Program labels products that have met its stringent criteria for human health and environmental safety.

NCP Product Schedule Technical Notebook

The [NCP Product Schedule Technical Notebook \(April 2014\) \(PDF\)](#) presents **manufacturer's** summary information on the conditions under which each of the products is recommended to be used. **Manufacturer** information may provide handling and worker precautions, storage information, recommended application procedures, physical properties, and toxicity, effectiveness, or other analyses.

Disclaimer: The listing of a product on the Product Schedule does NOT mean that EPA approves, recommends, licenses, certifies, or authorizes the use of the product on an oil discharge. The listing means only that data have been submitted to EPA as required by Subpart J of the National Contingency Plan, [Section 300.915](#). (Source: [40 CFR § 300.920](#) (e))

There is an established process that manufacturers must follow to have a product listed on the NCP Product Schedule.

Begin by reviewing data requirements in section 300.915 of Subpart J of the NCP Product Schedule.

Determine [product category](#) (e.g., dispersant, surface washing agent, etc.)

Fulfill each of the data requirements for selected product category, including effectiveness and toxicity testing (if applicable). If you need assistance locating a laboratory to help fulfill these requirements, please call the [NCP Product Schedule Information Line](#).

Send a hard copy of **all** data requirements for review to: NCP Product Schedule Manager U.S. Environmental Protection Agency Ariel Rios North Building - Mail Code 5104-A Room 6450T Washington, D.C. 20460

If you have further questions or require more information, please call the [NCP Product Schedule Information Line](#).

Subpart J Regulations

EPA is currently making revisions to the Subpart J regulation to clarify and update the Product Schedule listing procedures. These updates may include effectiveness and toxicity testing. Once the proposed rule is posted to the docket, there will be a public comment period for providing questions and concerns. The compiled comments will be addressed in the final rule. Office of Management and Budget Agenda: [Revisions to the National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan; Subpart J Product Schedule Listing Requirements](#).

[NCP Subpart J: Use of Dispersants and Other Chemicals - 40 CFR 300.900 - 300.920 \(PDF\)](#)

[NCP: Definitions - 40 CFR 300.5 \(PDF\)](#)

[Relevant Federal Register Notices](#)

Effectiveness and Toxicity Testing

For the products on the schedule, EPA provides [NCP Product Schedule Toxicity and Effectiveness Summaries](#) for each product category. Appendix C to 40 CFR part 300 describes methods for required effectiveness and toxicity tests for specific product categories. See: [40 CFR part 300 Appendix C](#) | [PDF](#) (22 pp, 284 K, [About PDF](#))

The listing of a product on the NCP Product Schedule does not constitute approval of the product. To avoid possible misinterpretation or misrepresentation, any label, advertisement, or technical literature that refers to the placement of the product on the NCP Product Schedule must either reproduce in its entirety EPA's written statement that it will add the product to the NCP Product Schedule under Sec. 300.920(a)(2) or (b)(2), or include the disclaimer shown below. If the disclaimer is used, it must be conspicuous and must be fully reproduced. Failure to comply with these restrictions or any other improper attempt to demonstrate the approval of the product by any National Response Team (NRT) or other U.S. Government agency shall constitute grounds for removing the product from the NCP Product Schedule. [40 CFR 300.920(e)]

[PRODUCT NAME] is on the U.S. Environmental Protection Agency's NCP Product Schedule. This listing does NOT mean that EPA approves, recommends, licenses, certifies, or authorizes the use of [PRODUCT NAME] on an oil discharge. This listing means only that data have been submitted to EPA as required by subpart J of the National Contingency Plan, Sec. 300.915.

The US Congress required the US EPA to keep a list of products that can be legally used on US Navigable waters, which is why there is a an NCP list.