

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА

научный журнал

№3 (36) 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

### НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

Е. А. Чернышева, Ю. В. Кожевникова, В. Ю. Асаула

УТИЛИЗАЦИЯ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ —  
ПУТЬ К ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ» ..... 3

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО

В. М. Капустин, А. С. Ярмухаметов, И. Ф. Мухаметшин,  
И. В. Май, Р. С. Гильденскиольд

ОПЫТ РАБОТЫ В ОБЛАСТИ КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ  
ВОПРОСОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
И ОБЕСПЕЧЕНИЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ  
ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН  
ДЛЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ И ПРОЕКТИРУЕМЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ» ..... 7

### ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ

Э. А. Микаэлян

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТОРЦЕВОГО УПЛОТНЕНИЯ  
ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ  
ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ ..... 20

**Главный редактор**  
М. Н. БУТКЕВИЧ

**Редакционная коллегия:**

В. Н. АЗАРОВ,  
В. М. АРТЮШЕНКО,  
А. И. БЕЛОВ,  
Б. В. БОЙЦОВ,  
В. А. ВАСИЛЬЕВА,  
С. Г. ЕМЕЛЬЯНОВ,  
Г. И. ЛАЗАРЕВ,  
И. Н. ЛОГАЧЕВА,  
Е. А. ЛУКАШЕВ  
(зам. главного редактора),  
Л. В. МОРОЗОВА,

А. В. ОЛЕЙНИК,  
И. Э. ПАШКОВСКИЙ  
Н. А. ПЛАТОНОВА,  
Е. Ю. ПОЛИКАРПОВ,  
А. В. ПУТИЛОВ,  
К. Л. САМАРОВ,  
А. В. СУВОРИНОВ,  
Б. П. ТУМАНЯН,  
Л. М. ЧЕРВЯКОВ,  
В. С. ШУПЛЯКОВ

**Редактор**

Н. Н. ПЕТРУХИНА

**Оформление и верстка**

В. В. ЗЕМСКОВ

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

А. Б. Америк

МЕТОДОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО ОПТИМИЗАЦИОННОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ НА ПРИНЦИПАХ  
КОЛЛЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СЕРВИСНО-  
ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕГРИРОВАННЫХ  
НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПАНИЙ

1. ОБНОВЛЕНИЕ ПРОГРАММ ИНФОРМАЦИОННО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМ  
КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
НПЗ И НХК В ПЕРИОД ВЫХОДА ИЗ КРИЗИСА .....23

М. Н. Юрченко

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ  
ДИСПЕТЧЕРСКИХ И УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ  
ПРЕДПРИЯТИЙ ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ.....34

## **ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Ю. М. Касюк, О. А. Дружинин, А. Ф. Бурюкин, А. М. Лепихин,  
В. П. Твердохлебов, Ф. А. Бурюкин

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА —  
ПРИОРИТЕТ УСПЕШНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....39

## **ЭКОЛОГИЯ**

А. Ф. Туманян

ЗАГРЯЗНЕНИЕ БИОСФЕРЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ.....43

А. С. Кузьминов, Г. А. Смага, О. А. Савватеева, С. П. Каплина

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВАЛОЧНОГО ГАЗА .....50

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР**

А. М. Данилов

ИЗ ИСТОРИИ ПРИСАДОК К ТОПЛИВАМ.....55

Ю. А. Крупнова

ВЫБОР ЮРИСДИКЦИИ ДЛЯ УЧРЕЖДЕНИЯ  
ХОЛДИНГОВОЙ КОМПАНИИ.....59

**НОВОСТИ** .....61

### **Адрес редакции:**

111116, Москва, ул. Авиамоторная, 6.  
Тел./факс: (495) 361-11-95.  
e-mail: tpps@list.ru

При перепечатке любых материалов  
ссылка на журнал  
«Теоретические и прикладные  
проблемы сервиса» обязательна.

Редакция не несет ответственности  
за достоверность информации  
в материалах, в том числе рекламных,  
предоставленных авторами  
для публикации.

Журнал зарегистрирован  
в Министерстве РФ по делам печати,  
телерадиовещания  
и средствам массовой коммуникации.  
Свидетельство о регистрации  
ПИ № 77-9918 от 10.10.2001 г.  
ISSN 1815-218X

Подписной индекс в каталоге  
агентства «Роспечать» 46831  
Материалы авторов не возвращаются.  
Тираж 1000 экз.

© Журнал «Теоретические  
и прикладные проблемы сервиса», 2010

## Утилизация древесного сырья — путь к энергетической независимости

Е. А. Чернышева, Ю. В. Кожевникова, В. Ю. Асаула  
РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина

*Исследована зависимость изменения свойств продуктов пиролиза древесной биомассы и факторов процесса пиролиза от видов древесного сырья и его физико-химических свойств. Показано, что максимальный выход жидких продуктов наблюдается при минимальной относительной влажности сырья. Выявлено, что при снижении размеров частиц сырья происходит уменьшение количества образующегося углистого остатка. Установлено, что при пиролизе еловой древесины выделяется больше жидких продуктов, чем при пиролизе березы или тополя.*

**Ключевые слова:** древесные отходы, пиролиз, относительная влажность древесины, биомасса.

С каждым годом объемы добычи и экспорта природных ископаемых России увеличиваются, поэтому проблема максимального сбережения энергетических ресурсов является чрезвычайно актуальной. Все больше внимания уделяется разработке энергосберегающих технологических процессов, созданию более экономичных двигателей, поиску новых источников энергии и способов их освоения [1]. К числу таких источников относятся сланцы, нефтяные пески, древесина, торф, отходы сельскохозяйственного производства [2]. На предприятиях нефтегазового комплекса в настоящее время широко внедряют инновационные энергосберегающие технологии.

В России существует широкая сеть теплоэнергостановок, работающих на угле, мазуте и газе, т.е. привязанных исключительно к ископаемым топливам. Но доставка ископаемых топлив в отдаленные лесные регионы Севера экономически нерентабельна и чересчур затратна, поэтому отдаленные населенные пункты зачастую существуют без электричества. В этой связи получение тепла, электроэнергии и топлива собственного производства за счет переработки древесных отходов ведет к энергетической независимости северных регионов России от природных ископаемых.

Среди современных технологий энергетического использования растительной биомассы термохимическая конверсия (пиролиз) является наиболее универсальной. Такая технология позволяет получать твердое, жидкое и газообразное топливо практически из любого сырья, содержащего органические компоненты. Основными источниками биомассы являются древесные отходы (лесохозяйственных и строительных комбинатов); лесосечные отходы; лесные массивы с коротким циклом (ива, тополь, эвкалипт); травяные лигноцеллюлозные куль-

туры (мискантус); сахарные культуры (сахарная свекла, сахарный тростник, сорго); крахмальные культуры (кукуруза, пшеница, зерно, ячмень); масляные культуры (рапс, подсолнечники); сельскохозяйственные субпродукты и отходы (солома, навоз и др.); органические фракции коммунально-бытовых твердых отходов и осадки сточных вод); промышленные отходы (например, пищевой и целлюлозно-бумажной промышленности).

К отходам лесозаготовок и лесообработывающих производств относится вся неиспользованная биомасса древостоя, оставляемая в лесу после лесозаготовительных работ: пни, корни, лесосечные отходы и целые деревья, которые остаются на лесосеке. К лесосечным отходам относят сучья, ветви, вершины и обломки стволов. Наряду с древесиной, дополнительными источниками сырья для переработки могут служить кора, хвоя, листья, а также пни и корни.

Продукты, получаемые в результате переработки отходов древесины, характеризуются специфическими свойствами. Их использование в чистом виде в качестве топлива для энергетических установок затруднительно. В связи с этим актуальной становится разработка технологий, позволяющих вовлекать получаемый биокомпонент в товарное топливо нефтяного происхождения, что позволит увеличить топливные ресурсы России с одновременным уменьшением вредных выбросов при использовании топливных компаундов.

В РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина были проведены исследования зависимости изменения свойств получаемых продуктов и факторов процесса пиролиза древесной биомассы от видов древесного сырья и его физико-химических свойств. Состав и выход продуктов термического разложения зависят от ряда факторов: качества сырья (влажности, зольности, фракционного состава,

вида дерева), температуры нагревания, продолжительности пребывания сырья в зоне высоких температур, которая регулируется скоростью подачи сырья. Эксперименты проводили с целью выявления зависимости выхода продуктов пиролиза биомассы от вида дерева и физико-химических характеристик сырья, а также определения закономерностей, связывающих выход продуктов с основными параметрами процесса.

Для испытаний использовали измельченную древесину и древесные отходы мелкой фракции (опилки, стружка) трех видов: твердолиственные (береза), мягколиственные (тополь) и хвойные (ель). Необходимо отметить, что ель, береза и тополь широко распространены в европейской части России, на Урале и в Сибири.

Влияние влажности древесины на эффективность работы пиролизных установок существенно. Повышение влажности древесных отходов приводит к уменьшению теплоты сгорания топлива, увеличению объема продуктов сгорания и снижению температуры горения. В результате уменьшается производительность установки и увеличивается расход топлива.

Результаты исследования процесса пиролиза древесины показали, что максимальный выход жидких продуктов наблюдается при минимальной относительной влажности сырья, а максимальный выход сухого газа — при максимальной влажности. На рис. 1 представлены результаты пиролиза еловой древесины. Следует отметить, что виды деревьев не оказывают

существенного влияния на изменение выхода продуктов в зависимости от влажности сырья. При пиролизе древесины березы, тополя и ели графики зависимости изменения выхода жидких и газообразных продуктов от относительной влажности сырья были идентичны.

Древесина содержит различные примеси в виде частиц негорючих компонентов — золы. Зола древесины в основном формируется из частиц почвы и песка, которые поглощаются корой. Меньшая доля также поступает с солями, поглощенными в период роста дерева. Зола может содержать тяжелые металлы, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду при использовании древесины в качестве сырья пиролиза. Однако следует акцентировать внимание на том, что содержание тяжелых металлов в золе древесины обычно более низкое, чем в золе других твердых топлив [3].

Установлена особое свойство золы — ее способность сохранять тепло. Например, в печах слой золы формирует греющую поверхность на дне, которая передает тепло, необходимое для догорания древесного угля.

В процессе эксперимента была определена зольность исследуемых видов древесины, полученных из различных частей дерева. Результаты анализа представлены в таблице.

Очевидно, для пиролиза предпочтительно использование измельченной стволовой древесины, а также ветвей, сучьев и корней, характеризующихся минимальной зольностью.

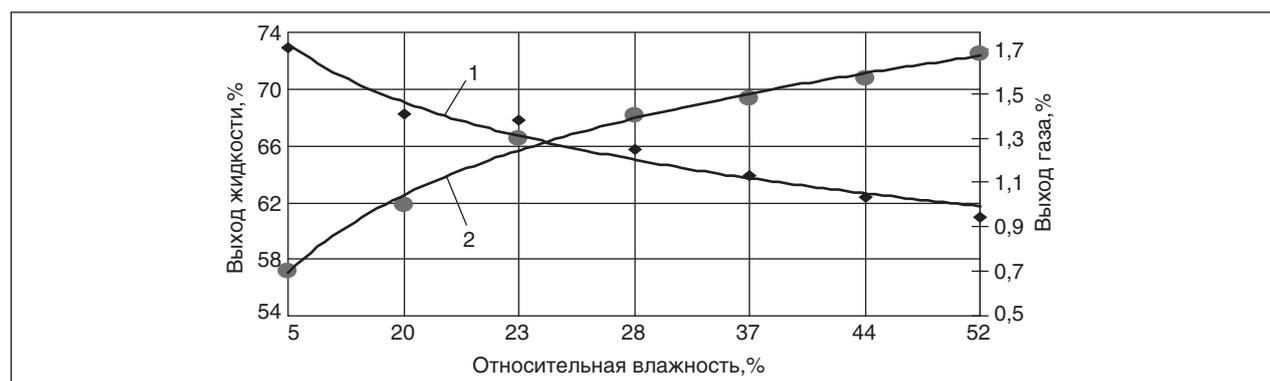


Рис. 1. Зависимость выхода газообразных и жидких продуктов пиролиза еловой древесины от относительной влажности сырья: 1 — жидкость; 2 — газ

**Содержание золы в различных видах древесины**

Вид древесины	Количество золы в абсолютно сухой массе, % мас.		
	ствол	кора	ветви, сучья, корни
Береза	0,14	2,4	0,3–0,6
Тополь	0,21	2,3	0,3–0,5
Ель	0,28	2,3	0,3–0,4

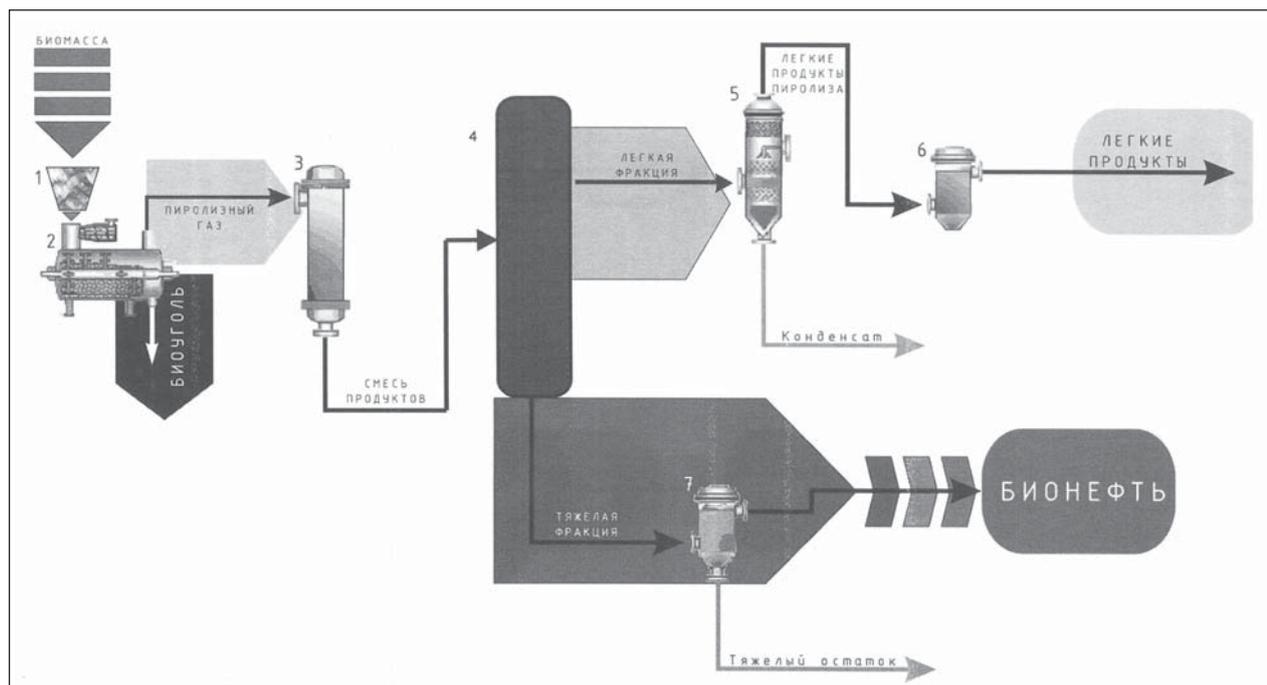


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема установки пиролиза биомассы: 1 — измельчитель; 2 — реактор; 3 — закалочно-испарительный аппарат; 4, 7 — блок разделения; 5 — конденсатор; 6 — абсорбер

Необходимо отметить, что одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на процесс пиролиза биомассы, является размер частиц древесного материала. Для изучения влияния фракционного состава сырья и вида древесины исследовали несколько типов древесных отходов березы, тополя и ели, отличающихся размером частиц — щепа крупная (длина 25–35 мм, толщина 5 мм), щепа мелкая (длина 5–15 мм, толщина 5 мм), опилочно-стружечная фракция (длина 1–25 мм, толщина <5 мм).

Физико-механические свойства измельченных отходов, за исключением насыпного веса, практически не отличаются от характеристик цельной древесины. Применение измельченных древесных отходов вместо кусковых позволяет повысить скорость протекания процесса при легко осуществимой механизации топливоприготовления и топливоподачи, способствует уменьшению расхода электроэнергии (или другого вида энергии, необходимого для осуществления процесса) на единицу продукции. В результате увеличения скорости протекания процесса повышается удельная производительность установки пиролиза биомассы.

На рис. 2 представлена принципиальная технологическая схема установки пиролиза биомассы.

В экспериментах использовали древесное сырье, подвергнутое предварительной сушке

до относительной влажности 20%. Результаты исследований (рис. 3) показали, что при снижении размеров частиц сырья происходит уменьшение количества образующегося углистого остатка.

Результаты работы показали, что при пиролизе еловой древесины выделяется больше жидких продуктов, чем при пиролизе березы или тополя. Это можно объяснить более высоким содержанием смолистых веществ в еловой древесине. Массовая доля лигнина в древесине хвойных пород составляет в среднем 27–30%, а в древесине лиственных пород — 18–24% [3]. Следует также отметить, что для пиролиза биомассы лучше использовать воздушно-сухую древесину, например, измельченную еловую щепу, характеризующуюся минимальной зольностью. В этом случае выход жидкой фракции наибольший, а количество углистого осадка — зола — минимально.

Таким образом, пиролиз биомассы позволяет получить около 70% мас. (от исходного сырья) жидких продуктов, которые могут быть вовлечены в состав разнообразного углеродсодержащего сырья для получения компонентов топлива и топливного газа. Это позволяет получать компаундированное топливо, содержащее биокомпонент, практически в любой местности, где имеются отходы деревообрабатывающей или сельскохозяйственной промышленности.

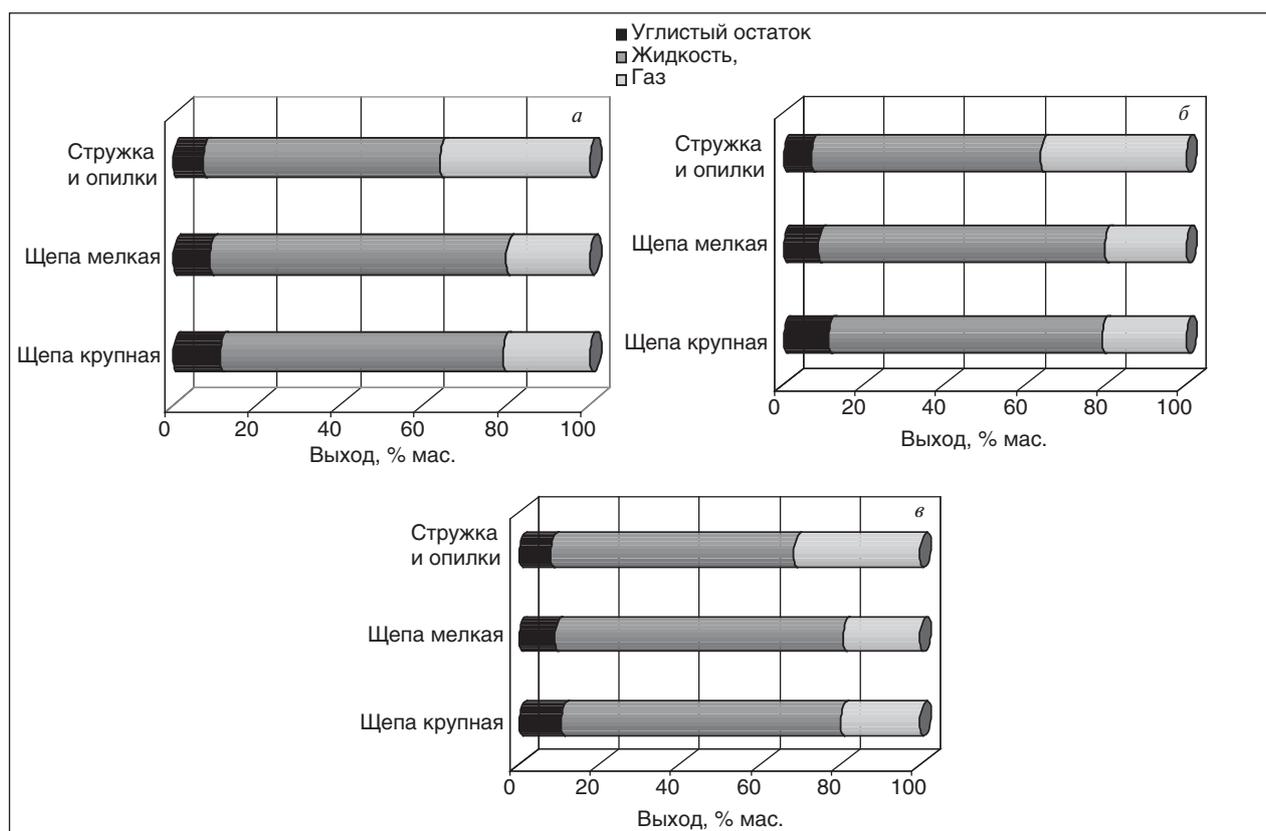


Рис. 3. Зависимость выхода продуктов пиролиза от размера частиц древесины: а — березы; б — тополя; в — ели

Полученное топливо можно использовать в различных энергетических установках, а также на мини-ТЭЦ [4].

Применение продуктов пиролиза древесных отходов в качестве компонентов товарного топлива требует дальнейших серьезных исследований в направлении оптимизации его компо-

нентного состава, улучшения эксплуатационных характеристик и поиска специальных присадок. Предварительный экономический анализ процесса получения жидкого биопродукта пиролизом древесины показал инвестиционную привлекательность проекта создания пиролизных установок небольшой мощности.

### Литература

1. Ляшков В. И., Кузьмин С. Н. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. — Тамбов: Изд-во Тамбовского государственного технического университета, 2003. — 96 с.
2. Данилевич Я. Б. Энергосбережение – веление времени // Энергия: экономика, техника, экология. — 2000. — №12. — С. 26–27.
3. Азаров В. И., Бузов А. В., Оболенская А. В. Химия древесины и синтетических полимеров. — СПб.: СПбГЛТА, 1999. — 628 с.
4. Малиновский Б. Н. Технологии использования растительных ресурсов в качестве альтернативных источников энергии в АПК России. — Научно-практический журнал АгроXXI. — 2006. — № 0709.

E. A. Chernysheva, Yu. V. Kozhevnikova, V. Yu. Asaula  
**Raw Wood Utilization – a Way to Energy Independence**

*The relation between products properties of woody biomass pyrolysis, process factors and kinds of raw wood and its physicochemical properties was investigated. It was demonstrated, that maximum liquid products yield present at the lowest feedstock relative humidity. It was drawn out, that at feedstock particle size decrease the quantity of carbon sludge also decreases. It was also determined, that at spruce timber pyrolysis the liquid product yield is higher, than at birch and poplar pyrolysis.*

**Keywords:** wood waste, pyrolysis, wood relative humidity, biomass.

## Опыт работы в области комплексного решения вопросов экологической безопасности и обеспечения санитарно-гигиенических требований при разработке проектов санитарно-защитных зон для действующих и проектируемых предприятий России

В. М. Капустин, А. С. Ярмухаметов, И. Ф. Мухаметшин, И. В. Май, Р. С. Гильденскиольд  
ОАО «ВНИПИНЕФТЬ», ОАО «КНПУ «Оргнефтехимзавод»,  
Научно-производственный центр экологической безопасности Минздрава РФ,  
Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана

*Освещены концептуальные вопросы нормативно-методического характера, которые должны выполняться при разработке проекта по организации санитарно-защитных зон (СЗЗ) для действующих и проектируемых предприятий нефтепереработки. Изложены современные технические и технологические решения, направленные на снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, что, в конечном итоге, по совокупным показателям позволит достичь обоснованных расчетных (предварительных) размеров и границ СЗЗ в сторону их уменьшения в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 (ред. от 10.04.08 г. № 25): Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Приводится практический опыт по результатам разработки в 2008 г. проекта СЗЗ для действующего НПЗ России – ООО «РН–Туапсинский НПЗ».*

*Рассмотрены технические и технологические решения, направленные на снижение выбросов вредных веществ в атмосферу от Комплекса нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов в Нижнекамске. Приведены размеры границы установленной единой расчетной санитарно-защитной зоны (СЗЗ) для предприятий Нижнекамского промышленного узла. Представлен перечень предприятий по контролю загрязнения атмосферного воздуха в характерных точках единой расчетной СЗЗ данного промышленного узла.*

**Ключевые слова:** санитарно-защитные зоны, выбросы в атмосферу, санитарно-гигиенические требования, загрязняющие вещества, экологическая безопасность, контроль загрязнения атмосферного воздуха.

Законами РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30.03.1999, «Об охране атмосферного воздуха» № 96-ФЗ от 04.05.1999, «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г., «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27.12.2002 г. приняты положения, в соответствии с которыми при планировании застройки городских и сельских поселений должны быть реализованы меры по устранению вредного воздействия факторов среды на человека, в том числе с учетом риска для здоровья в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих воздушную среду».

Таким образом, проектирование единых санитарно-защитных зон и согласованное установление нормативов выбросов становятся важнейшими задачами как в условиях действующих и реконструируемых промышленных узлов или групп предприятий, так и при новом промышленном строительстве.

Для отдельных НПЗ, а также групп предприятий и промышленных узлов, расположенных на территории России, вопрос обоснования и установления ориентировочных размеров и границ СЗЗ осуществляется на основе разработки проекта СЗЗ и его поэтапного согласования на региональном и Федеральном уровне в органах Роспотребнадзора РФ.

Важным элементом проектирования СЗЗ, в соответствии с санитарными требованиями, является методологическая оценка риска для здоровья населения с учетом проведенного анализа обоснованности и достаточности планируемых природоохранных мероприятий по непревышению гигиенически допустимых значений максимально разовых, среднесуточных, годовых значений загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха на селитебных территориях при надежном соблюдении минимальных объемов выбросов в атмосферу от промышленных источников.

### **Основные требования в области организации СЗЗ для промышленных предприятий, включая этапы при разработке проекта СЗЗ**

При организации СЗЗ для промышленных предприятий необходима разработка проектной документации, включающая соответствующие расчеты и обоснования по установлению размеров и границ расчетной (предварительной) СЗЗ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами.

Установление размеров санитарно-защитных зон осуществляется согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03, который определяет состав и объем проекта СЗЗ, нормативные требования и условия, предусматривающие возможность изменения установленных размеров санитарно-защитных зон для промышленных объектов и производств, среди которых наиболее жесткие требования предъявляются для объектов и производств I и II классов опасности, к которым относятся предприятия нефтепереработки (I класс).

В данной работе приводится опыт разработки проектов СЗЗ для действующих и проектируемых НПЗ, в которых даются соответствующие обоснования уменьшения ориентировочных размеров СЗЗ (1000 м) до расчетных (предварительных) с учетом совокупного воздействия на окружающую среду ряда показателей и негативных факторов.

Проектные документы по организации СЗЗ для предприятий I и II классов опасности последовательно должны пройти:

- предварительную экспертизу и согласование в Управлении Роспотребнадзора по субъекту Российской Федерации;
- углубленную экспертизу в НИИ гигиенического профиля;
- последующее согласование проектных материалов в Федеральных органах Роспотребнадзора (г. Москва), по результатам которого в установленном порядке утверждаются устанавливаемые размеры и границы СЗЗ для промышленного предприятия, с направлением данного Решения Главному санитарному врачу субъекта Российской Федерации и предприятию-заказчику.

Окончательный размер санитарно-защитной зоны может быть установлен после подтверждения результатов его математического прогноза данными годовых натурных исследований атмосферного воздуха и измерений уровня шума на границе установленной СЗЗ и близлежащей жилой зоны, согласно требований п. 4.5 СанПиН

2.2.1/2.1.1.1200–03. После этого предприятию по Решению Главного государственного санитарного врача субъекта Российской Федерации будет выдано окончательное санитарно-эпидемиологическое заключение.

Проект санитарно-защитной зоны для действующего предприятия разрабатывается на основе утвержденного проекта нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу, согласованного в территориальных органах Роспотребнадзора (с выдачей санитарно-эпидемиологического заключения) и Ростехнадзора (с выдачей заключения и разрешения на выброс). Таким образом, проект ПДВ для действующего предприятия включает необходимую информацию для разработки проекта СЗЗ.

Проект единой СЗЗ для групп действующих предприятий промышленного узла разрабатывается на основе утвержденных проектов ПДВ, согласованных в территориальных органах Роспотребнадзора и Ростехнадзора. При этом параметры источников загрязнения атмосферы от всех предприятий узла составляются в формате единой исходной базы с соответствующей привязкой к городской системе координат.

Создание электронной базы данных по параметрам источников загрязнения атмосферы (ИЗА) производится в унифицированной программе расчета рассеивания, утвержденной и допущенной к использованию надзорными органами РФ.

### **Основные этапы при разработке проекта СЗЗ для промышленных предприятий**

1. Разработка базы данных, необходимых для проведения расчетов загрязнения атмосферы. Методологический анализ и обработка параметров ИЗА с целью повышения достоверности результатов проводимых расчетов рассеивания по утвержденным параметрам.

2. Анализ полученных результатов расчетов загрязнения атмосферы на соответствие их нормативным и санитарно-гигиеническим требованиям, включая последующую разработку мероприятий по сокращению выбросов от отдельных ИЗА. Проведение соответствующих расчетов на перспективу с учетом предварительно проведенной оценки риска для здоровья населения и выявления негативного аэрогенного воздействия по загрязняющим веществам.

3. Проведение итогового анализа полученных показателей по их совокупному воздействию с последующим обоснованием расчетных (предварительных) размеров СЗЗ предприятия. Обо-

снование размеров границы СЗЗ для действующего предприятия производится по совокупности следующих факторов:

- по гигиеническим критериям качества атмосферного воздуха на основании проведенных расчетов рассеивания от источников промышленной площадки предприятия с учетом достаточности природоохранных мероприятий, направленных на снижение негативного влияния выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и достижения санитарно-гигиенических требований СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 (ред. от 10.04.08 г. № 25) и СанПиН 2.1.6.1032–01;

- по данным инструментального контроля атмосферного воздуха в характерных точках ориентировочной СЗЗ и близлежащей жилой зоны, выполняемого аккредитованными лабораториями региональных органов Роспотребнадзора и ведомственными специализированными организациями за период не менее одного года, включая данные по фоновому загрязнению атмосферы ГУ УГМС;

- по оценке риска для здоровья населения от воздействия совокупных факторов среды обитания;

- по оценке шумового воздействия;
- по оценке воздействия на водную среду;
- по оценке воздействия на земельные ресурсы, включая промышленные отходы.

4. Разработка комплексной системы по организации мониторинга качества атмосферного воздуха на селитебной территории, находящейся в районе расположения промышленной площадки предприятия.

5. Выдача рекомендаций и предложений по планировочной организации, благоустройству и озеленению санитарно-защитной зоны, предназначенных в дальнейшем для использования их в качестве исходного материала для разработки «Рабочего проекта по благоустройству, озеленению, обустройству и подготовке земель территории СЗЗ с учетом ее инфраструктуры».

6. Поэтапное согласование проектных материалов СЗЗ в территориальных и федеральных органах Роспотребнадзора РФ с целью получения окончательного «Санитарно-эпидемиологического заключения» за подписью главного санитарного врача территориального органа.

#### **Выбор и обоснование основных показателей, необходимых для проведения расчетов загрязнения атмосферы при разработке проекта СЗЗ**

При проведении расчетов по обоснованию размеров и границ расчетной (предваритель-

ной) СЗЗ в составе разрабатываемого проекта СЗЗ для действующих НПЗ необходимо обеспечить максимально-достаточный уровень методологической достоверности принимаемых исходных данных, на основе которых будут проводиться соответствующие расчеты загрязнения атмосферы по всем вредным компонентам, отходящим от источников предприятия.

Основными исходными данными, принимаемыми для проведения расчетов рассеивания загрязняющих веществ в составе проекта СЗЗ, являются утвержденные параметры ИЗА, которые устанавливаются по результатам выполненной инвентаризации ИЗА на предприятии. Инвентаризация ИЗА на действующих НПЗ России, как правило, проводится на основе результатов ежегодного инструментального контроля. Инструментальный контроль ИЗА, согласно требований «ОНД-90. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы», позволяет, по сравнению с расчетными методами контроля, получить наиболее достоверные результаты инвентаризации ИЗА.

ОАО «КНПУ «Оргнефтехимзавод», одновременно являясь разработчиком ряда действующих методических документов, имеет многолетний опыт проведения работ по инструментальному контролю и инвентаризации ИЗА на предприятиях нефтеперерабатывающего комплекса как бывшего СССР (с 1975 г.), так и России и Украины (с 1991 г.).

Проведенный анализ результатов инвентаризации и контроля ИЗА для действующих НПЗ России, имеющих различную глубину переработки нефти и структуру технологических объектов, показал, что значения удельных выбросов (в кг/т нефти) существенно различаются. Результаты сравнительного анализа удельных выбросов, проведенного на ряде НПЗ России, представлены в табл. 1. Для НПЗ, расположенных в промышленном узле предприятий различных отраслей (Омск, Пермь, Ярославль, Нижнекамск, Ангарск и др.), наиболее оптимальным и достоверным решением при установлении размеров границ СЗЗ является комплексная разработка единой СЗЗ в составе данной группы предприятий.

Это обусловлено, в первую очередь, тем обстоятельством, что показатели фонового загрязнения по данным мониторинга, осуществляемого органами УГМС, не позволяют в полной мере учесть влияние вклада НПЗ в уровень приземных концентраций вредных веществ в районе его расположения.

В то же время, весьма существенно проведение методологической проработки и анализа параметров ИЗА для всех предприятий промышленного узла. Это позволяет получить базу данных в едином формате и, соответственно, повысить уровень достоверности последующих расчетов загрязнения атмосферы с целью установления расчетных размеров и границ СЗЗ, индивидуальной для НПЗ и для промышленного узла в целом.

При формировании единой базы данных по параметрам ИЗА для НПЗ и предприятий промышленного узла в целом, рабочие параметры ИЗА необходимо составлять с учетом одновременной работы технологических объектов, оборудования, а также с учетом доли негативного воздействия выбросов автотранспорта от прилегающих дорожных магистралей. Все это, в конечном итоге, позволяет более полно установить вклад каждого из предприятий в создаваемый уровень загрязнения атмосферы на расчетной границе СЗЗ и повысить степень достоверности результатов проекта по разделу «атмосферный воздух».

При проектировании отдельно расположенных или входящих в промышленный узел НПЗ, наибольшее значение имеет выбор достоверных методов расчета параметров вредных выбросов от ИЗА, с учетом его привязки к объектам технологического или вспомогательного назначения.

Использование действующих методических документов в данной области имеет один существенный недостаток — эти документы были разработаны в 1970–80 гг. и не в полной мере учитывают уровень экологической безопасности на вновь вводимых нефтехимических комплексах, удельные выбросы в атмосферу на которых существенно ниже по сравнению с ранее введенными.

В настоящее время возникла необходимость совершенствования методической базы, как по расчету ожидаемых выбросов загрязняющих веществ при проектировании и реконструкции объектов НПЗ, так и при проведении и организации системы инструментального контроля ИЗА на действующих предприятиях.

Практические результаты контроля ИЗА на вновь введенных комплексах, таких как ООО «ЛУКОЙЛ–Пермнефтеоргсинтез», ООО «РН–Комсомольский НПЗ», показывают, что выбросы от технологических объектов на данных предприятиях по сравнению с аналогичными объектами, введенными в эксплуатацию 1970–1980 гг., ниже ориентировочного на 30–50%.

В качестве подтверждения вышесказанного можно привести пример выбора и принятия

удельных показателей по выбросам в атмосферу для вновь проектируемых и реконструируемых объектов ОАО «Московский НПЗ». Проектирование осуществляется ОАО «ВНИПИНЕФТЬ», по предложению которого специалисты ОАО «КНПУ «Оргнефтехимзавод» провели методологическую обработку и обобщение параметров удельных вредных выбросов для отдельных типовых источников на ряде НПЗ России и Украины. При этом учитывалась их специфика и глубина переработки нефти. Методологические скорректированные значения данных параметров были в дальнейшем использованы при проектировании технологических объектов. Проведенная работа позволила существенно пересмотреть величины расчетных выбросов в части их достоверности и оптимизации.

На наш взгляд, при проектировании нового НПЗ, разработку проекта СЗЗ целесообразно осуществлять одновременно с разработкой раздела «Охрана окружающей среды» в составе проекта НПЗ. Это позволит получить оптимальные результаты по величине выбросов от источников предприятия. По результатам предварительно проведенных расчетов рассеивания могут быть рассчитаны различные варианты работы НПЗ с учетом различного расположения объектов на генплане предприятия, выбора оптимальных высот дымовых труб, факела и др., вариантов энергообеспечения, сероочистки сырья и сжигаемого топлива и т.д., позволяющие по величине достигнутых выбросов уложиться в оптимальные размеры и границы СЗЗ.

Такой подход при разработке проекта СЗЗ для вновь проектируемого НПЗ с начала проектирования объектов предприятия и вплоть до окончательного согласования полного комплекта проектных документов был успешно осуществлен совместно с заказчиком — ЗАО «Нафтатранс» при проектировании нового НПЗ в станции «Кавказская» Краснодарского края. Лицензиаром являлась фирма «Бехтель» (Великобритания), генеральный проектировщик — ОАО «ВНИПИГАЗПЕРЕРАБОТКА», субподрядчик — ОАО «ВНИПИНЕФТЬ», генеральный подрядчик по разработке проекта СЗЗ — ОАО «КНПУ «Оргнефтехимзавод».

#### **Результаты разработки и согласования проектов СЗЗ для действующих и проектируемых предприятий**

Разработанные материалы проектов СЗЗ для действующего НПЗ — ООО «РН–Туапсинский НПЗ», проектируемых НПЗ — ОАО «ТАНЕКО» в

Табл. 1. Сравнительный анализ удельных выбросов на некоторых НПЗ России

Предприятия	Объем переработки, млн. т/год	Суммарные выбросы в атмосферу, т/год	Удельные выбросы, кг/т	Глубина переработки, %
Действующие предприятия				
ОАО «ТАИФ–НК»	7,10 (2007 г.)	17374	2,45	60
ООО «ЛУКОЙЛ–Пермьнефтеоргсинтез»	12,00 (2006 г.)	13590	1,13	83
ООО «ЛУКОЙЛ–Нижегороднефтеоргсинтез»	16,67 (2007 г.)	20104	1,21	74
ОАО «Московский НПЗ»	9,50 (2007 г.)	24601	2,59	69
ОАО «ГАЗПРОМнефть–Омский НПЗ»	16,50 (2007 г.)	47791	2,90	85
ОАО «РН–Комсомольский НПЗ»	5,50 (2003 г.)	3030	0,55	70
ООО «РН–Туапсинский НПЗ»	5,23 (2007 г.)	4224	0,81	56
Вновь вводимые предприятия				
ОАО «ТАНЕКО»	7,00 (проект)	9750	1,39	95
НПЗ ЗАО «Нафтатранс»	6,20 (проект)	4880	0,79	92

составе Нижнекамского промышленного узла, НПЗ ЗАО «Нафтатранс» проходили тщательную гигиеническую экспертизу в ФГУН «ФНЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана», при этом экспертизой были

даны рекомендации по повышению эффективности и состава природоохранных мероприятий, учтенные при доработке проектов. На этом основании для каждого предприятия и Нижне-

Табл. 2. Перечень приоритетных загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу от ИЗА ООО «РН–Туапсинский НПЗ» на существующее положение

Наименование загрязняющего вещества	ПДК м.р. мг/м <sup>3</sup>	ПДК с.с. мг/м <sup>3</sup>	ОБУВ, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Выбросы загрязняющих веществ	
					г/сек	т/год
Азота диоксид	0,20	0,04	–	3	8,415331	207,25158
Азота оксид	0,40	0,06	–	3	1,76748	40,80363
Углерод черный	0,15	0,05	–	3	0,012373	0,0509981
Серы диоксид	0,50	0,05	–	3	16,29798	455,191403
Сероводород	0,008	–	–	2	0,032658	0,690449
Углерода оксид	5,0	3,0	–	4	1,184765	16,490225
Углеводороды предельные C <sub>1</sub> –C <sub>5</sub>	–	–	50,0	–	175,45795	3008,4683
Углеводороды предельные C <sub>6</sub> –C <sub>10</sub>	–	–	30,0	–	95,90546	1558,0227
Бензол	0,30	0,10	–	2	1,8155	28,52091
Ксилол	0,20	–	–	3	1,01332	16,106933
Толуол	0,60	–	–	3	1,84982	30,42023
Этилбензол	0,02	–	–	3	0,054206	0,99117
Бенз(а)пирен	–	1,0·10 <sup>-6</sup>	–	1	0,000093	0,003682
Углеводороды предельные C <sub>12</sub> –C <sub>19</sub>	1,00	–	–	4	2,0181	122,1674
Эмульсол	–	–	0,05	–	0,000038	0,000209
Всего веществ по наименованию: 46						
в том числе:						
1 класса (чрезвычайно опасные): 3						
2 класса (высокоопасные): 9						
Группы веществ, обладающих эффектом суммации						
6003	Аммиак, сероводород					
6006	Азота диоксид, азота оксид, мазутная зола, серы диоксид					
6009	Азота диоксид, серы диоксид					
6034	Свинец и его соед., серы диоксид					
6039	Серы диоксид, фтористый водород					
6041	Серы диоксид, кислота серная					
6043	Серы диоксид, сероводород					

камского промышленного узла на уровне Роспотребнадзора РФ было получено согласование на возможное сокращение ориентировочной СЗЗ до расчетно-обоснованных размеров.

В проектах комплексно были решены вопросы по предметному озеленению прилегающих территорий СЗЗ с учетом соответствующих нормативных и санитарно-гигиенических требований.

**ООО «РН–Туапсинский НПЗ».** ООО «РН–Туапсинский НПЗ» является предприятием топливного профиля с глубиной переработки нефти, равной 56%. Баланс переработки нефти на период проведения инвентаризации источников вредных выбросов в атмосферу составлял 4 056 798 т/год, на перспективу — 5 000 000 т/год.

Территория ООО «РН–Туапсинский НПЗ» расположена в северо-восточной части г. Туапсе. Ближайшая жилая зона от границы предприятия находится на юге по ул. Сочинская (45 м), на юго-востоке — по ул. Кошкина (50 м) и ул. Пушкина (115 м).

Источники загрязнения ООО «РН–Туапсинский НПЗ» расположены на одной промышленной площадке, кроме этого 1 источник находится на юго-востоке на расстоянии порядка 300 м по ул. Сочинская от основной площадки.

В состав ООО «РН–Туапсинский НПЗ» входят следующие технологические установки, от производственной деятельности которых в атмосферу выделяются загрязняющие вещества:

- три установки АТУ-1-3;
- установка Л-35-11/300 А;
- газофакельное хозяйство, включающее 1 факельный ствол.

Резервуарный парк имеет в своем составе 5 резервуаров, оборудованных плавающими понтонами корпорации Ультрафлоут для хранения нефти и бензинов.

Общее количество источников загрязнения атмосферы ООО «РН–Туапсинский НПЗ» составляет 143, из них 64 организованных и 79 неорганизованных источников. Предприятие по воздействию его выбросов на атмосферу относится к категории 2.

От источников ООО «РН–Туапсинский НПЗ» в атмосферу выбрасываются 46 загрязняющих веществ. Перечень загрязняющих веществ, значения их предельно допустимых концентраций, ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ), классы опасности и объем выбросов на существующее положение представлены в табл. 2.

Расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от ИЗА предприятия с учетом влияния застройки выполнен по про-

грамме УПРЗА «Эколог», версия 3.0, вариант «Стандартный» от 28.07.2003 г., разработанной фирмой «НПО Интеграл».

Размеры границы установленной расчетной (предварительной) СЗЗ на перспективу приведены в табл. 3.

На существующее положение (рис. 1) граница расчетной (предварительной) СЗЗ построена по изолинии 1,0 ПДК бензола, веществ групп суммаций 6003 (аммиак, сероводород), 6006 (азота диоксид, азота оксид, мазутная зола, серы диоксид) с учетом фоновых концентраций.

На перспективу (рис. 2) с учетом природоохранных мероприятий (2010 г.) граница расчетной (предварительной) СЗЗ построена по изолинии 1,0 ПДК веществ группы суммации 6006 (азота диоксид, азота оксид, мазутная зола, серы диоксид) с учетом фоновых концентраций.

Далее рассмотрен ряд технических и технологических решений по снижению выбросов в атмосферу от Комплекса нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов в Нижнекамске, который будет производить 18 видов продуктов

**Табл. 3. Размеры границы установленной расчетной (предварительной) СЗЗ для ООО «РН–Туапсинский НПЗ» на перспективу**

Направление	Расстояние от границы промышленной площадки НПЗ до расчетной (предварительной) СЗЗ, м
<i>Часть I: <math>\eta = 3</math></i>	
Север	50
Северо-восток	50
Восток (в нижней части)	280
Юго-восток (в нижней части)	100
Запад	50
Северо-запад	50
<i>Часть II: <math>\eta = 2</math></i>	
Северо-восток	30
Восток	30
Юго-восток	30
Юго-запад	30
Запад	30
Северо-запад	30
<i>Часть II: I <math>\eta = 1,2</math></i>	
Юго-восток, ул. Кошкина (Горгаз)	35
Юго-восток, ул. Кошкина (ЖБИ)	35
Юг, ул. Кошкина (Горгаз)	35
Юг, ул. Сочинская	25
Юго-запад	25
Запад	50
Восток, ул. Кошкина	15
Восток	15

глубокой переработки нефти — от моторных топлив европейского качества до компонентов сырья для производства широкой гаммы востребованной нефтехимической продукции. Комплекс состоит из трех взаимосвязанных заводов:

**1. Нефтеперерабатывающий завод** (первичная переработка нефти) мощностью по сырью 7 млн. т/год, включающий установки гидроочистки нефти, керосина и дизельного топлива, производства серы, установки по производству ароматических углеводородов.

**2. Завод глубокой переработки нефти**, состоящий из установок замедленного коксования, производства водорода, гидрокрекинга тяжелых дистиллятов, гидроочистки тяжелого газойля коксования, каталитического крекинга, сернокислотного алкилирования, регенерации серной кислоты, газификации нефтяного кокса и когенерации, производства базовых масел.

**3. Нефтехимический завод (НХЗ)**, включающий установки производства полипропилена,

линейных алкилбензолов, чистой терефталевой кислоты и полиэтилентерефталата.

Комплекс нефтепереработки (КНП) ОАО «ТАНЕКО» является предприятием топливного профиля с глубиной переработки нефти порядка 95%. Сырьем служит смесь карбоновой и девонской нефти с содержанием серы 3,2% мас. Объем переработки составит 7 млн. т/год.

Строительство объектов КНП и НХЗ ОАО «ТАНЕКО» планируется проводить в три очереди.

#### Экологический статус проекта «Комплекс нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов в Нижнекамске»

Одним из основных приоритетов строительства и ввода в эксплуатацию Комплекса является его экологическая безопасность. Этапы строительства и производственная деятельность Комплекса предполагают соблюдение всех норм и стандартов природоохранного законодательства и промыш-

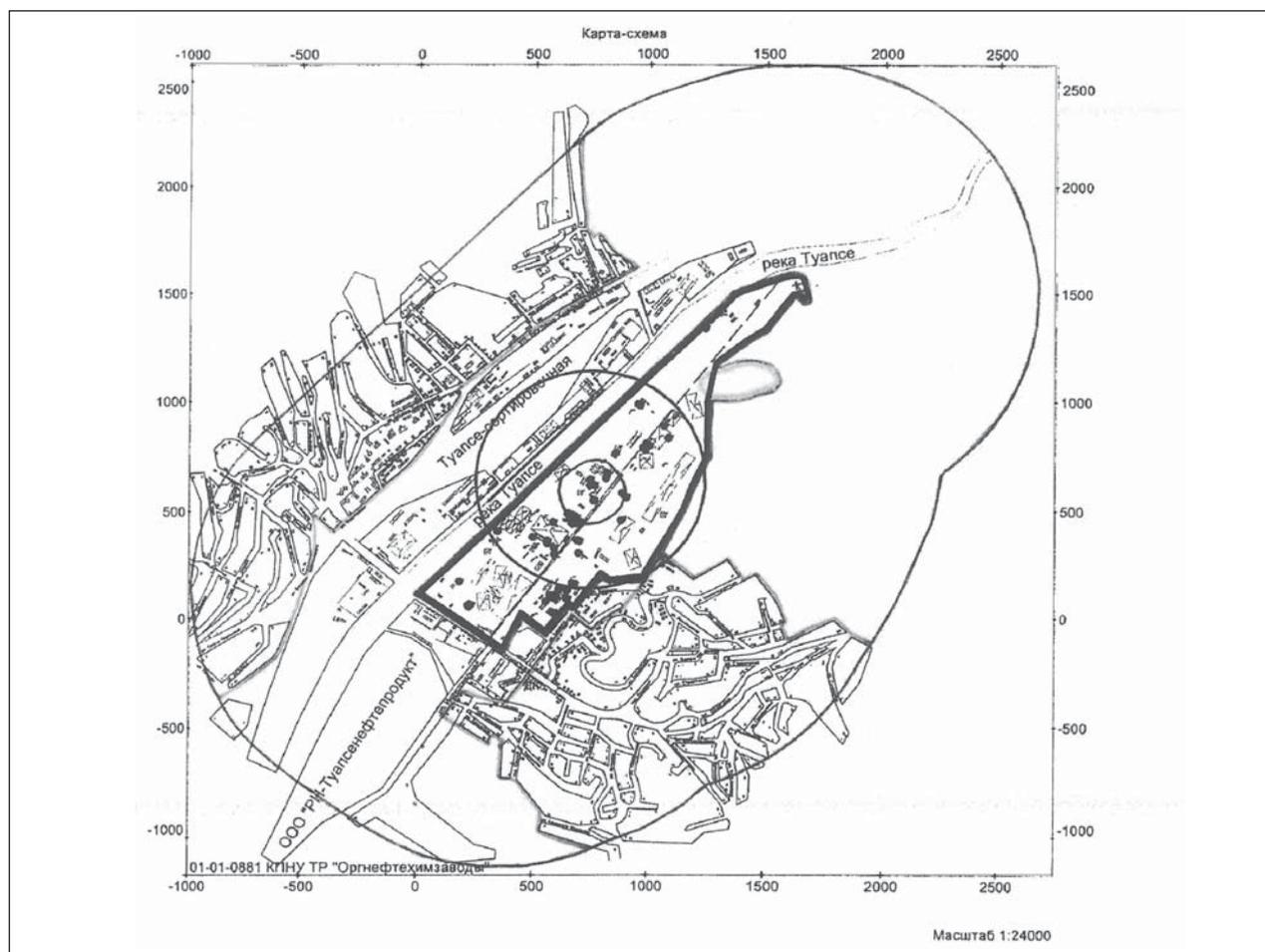
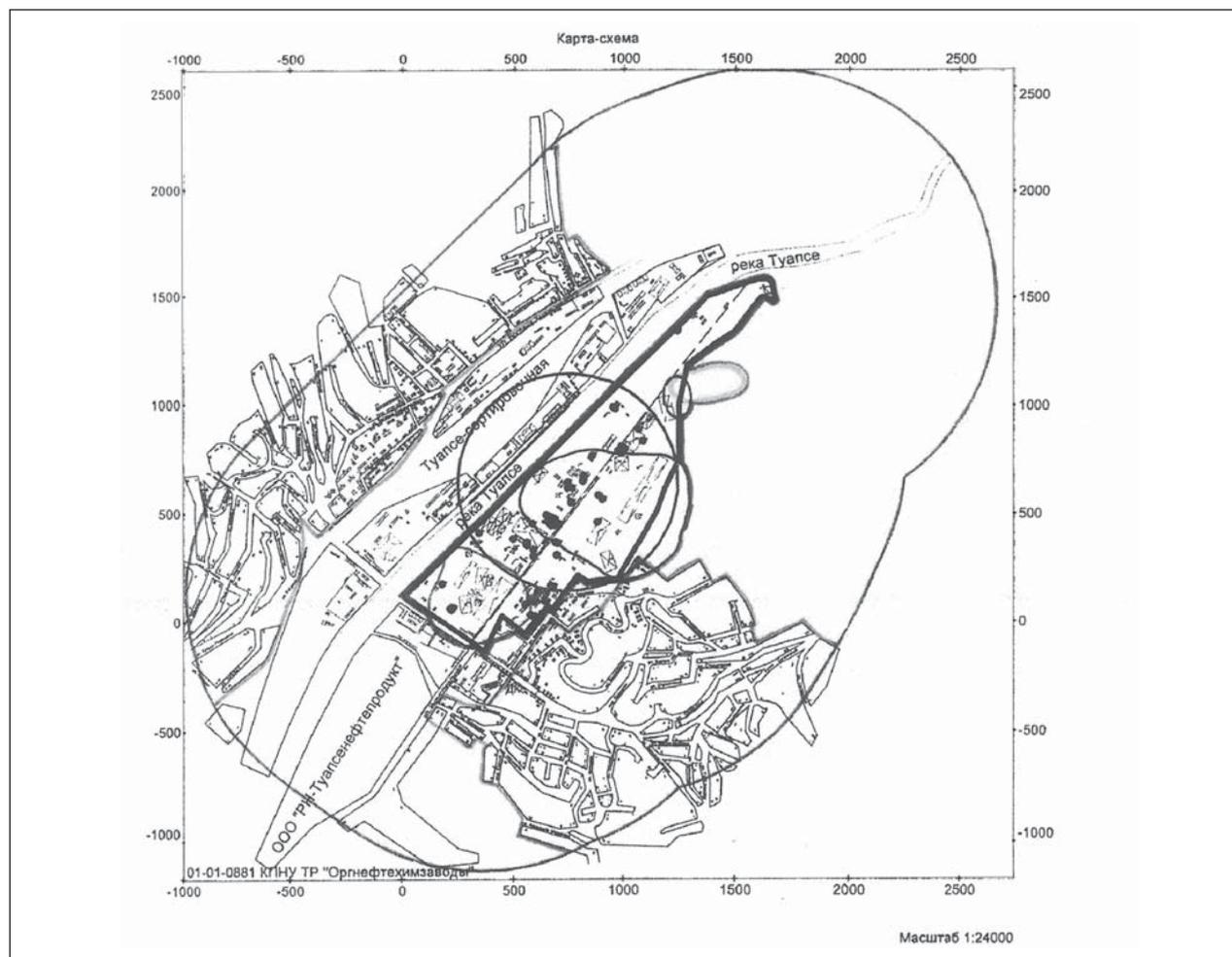


Рис. 1. Графическое изображение расчетно-обоснованной границы распространения совокупных приземных концентраций по расчетам рассеивания бензола, веществ групп суммарий 6003 и 6006 на существующее положение



**Рис. 2. Графическое изображение расчетно-обоснованной границы распространения совокупных приземных концентраций по расчетам рассеивания веществ группы суммации 6003 с учетом природоохранных мероприятий и веществ группы суммации 6006 с учетом фоновых концентраций**

ленной безопасности. Проект предусматривает обязательную сертификацию по экологическим стандартам, в том числе по стандарту экологического менеджмента, а также регулярный мониторинг окружающей среды, поддержание высокого уровня ответственности персонала в обеспечении экологической безопасности.

Генеральным проектировщиком — ОАО «ВНИПНефть» — выполнены работы по предварительной оценке воздействия объектов Комплекса на окружающую среду (ОВОС), представляющей собой, по сути, «экологический паспорт» проекта. Проектная документация стадии «Проект» в части охраны окружающей среды разработана с учетом всех предложений, выданных природоохранными структурами.

С целью минимизации техногенного воздействия производств Комплекса на окружающую среду предусмотрено:

- применение на всех трех заводах современных технологий переработки нефти и нефтехимии;
- производство экологически безопасных моторных топлив, отвечающих европейским стандартам качества.

Отдельное внимание при проектировании Комплекса НП и НХЗ было уделено многоуровневой системе непрерывного экологического мониторинга, которая позволит предупреждать аварийные ситуации в начальной стадии их возникновения, и сведет риск деятельности заводов к минимуму. Приборы экологического контроля будут расположены на каждой установке, между установками, на границе Комплекса и на рубеже СЗЗ.

Контроль состояния окружающей среды — воздуха, воды, почвы, физических факторов воздействия — будет проводиться в двух

режимах: в автоматическом непрерывном и периодическом с отбором проб и проведением всесторонних исследований в аналитической лаборатории. Производственный экологический мониторинг является неотъемлемой частью проектной документации по всему Комплексу.

Помимо этого, предусмотрена система промышленного телевидения — видеокамеры, установленные на территории, позволяют контролировать все процессы, происходящие на заводах.

Международный экологический консультант Проекта — компания «ERM Eurasia Limited» — обладает обширным опытом консультирования по экологическим вопросам и практическим опытом реализации проектов в нефтегазовом секторе России.

Ниже перечислены технические и технологические решения, направленные на снижение выбросов вредных веществ в атмосферу:

- взаимное расположение объектов Комплекса на генеральном плане выполнено с учетом розы ветров и в соответствии с действующими нормами;
- в качестве топлива используются природный газ и углеводородный газ собственной выработки, очищенный от серы;
- концентрация оксидов азота в выбросах снижена за счет применения горелок специальной конструкции;
- уменьшены неорганизованные выбросы за счет использования уплотнений фланцевых соединений из высокоэффективных современных материалов, при этом количество фланцевых соединений минимизировано;
- сбросы от предохранительных клапанов направляются в закрытую факельную систему;
- в резервуарах хранения нефти и ЛВЖ применены понтоны;
- установки налива продуктов в железнодорожные цистерны оборудованы блоком рекуперации паров;
- сброс технологических сред при аварийной остановке производится в закрытые дренажные системы.

В рамках единого проекта на строительство «Комплекса НП и НХЗ» генеральным проектировщиком выполнен раздел пояснительной записки по разработке индивидуальной СЗЗ для объектов ОАО «ТАНЕКО». В указанном разделе на первоначальной стадии проектирования были определены суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в количестве 18324,71 т/год, а на окончательной стадии, с учетом дополнительных вложенных природо-

охранных мероприятий с участием зарубежных лицензиаров — 9750 т/год.

В качестве дополнительных природоохранных мероприятий были приняты следующие:

- все резервуары со светлыми нефтепродуктами оснащены плавающими понтонами типа «Ультрафлоут»;
- резервуары с темными нефтепродуктами оборудованы гидрозатворами с азотным дыханием;
- сырьевой парк нефти полностью оборудован газоуравнительными линиями;
- использование насосов с двойным торцевым уплотнением, арматуры с герметичностью класса «А» (РД 39142–00);
- система пневмотранспорта порошковых гранул полимеров оснащена пылегазоочистным оборудованием с эффективностью очистки выше 99%;
- использование при регенерации катализаторов высокоэффективных систем очистки дымовых газов со степенью очистки не менее 99%;
- применение каталитической очистки дымовых газов от оксидов азота аммиаком с эффективностью до 80%;
- использование топливного газа, очищенного от сероводорода на установке аминовой очистки;
- на установке получения терефталевой кислоты отходящие газы колонны отделения органики направляются на установку термического обезвреживания;
- на железнодорожных сливно-наливных эстакадах использованы установки рекуперации паров с эффективностью улавливания более 99% и остаточной концентрацией паров в отводимых газах около 0,15 мг/л;
- полное перекрытие поверхности испарения оборудования с целью сокращения выбросов до 95%, с очисткой воздуха при «малых дыханиях» на биологических фильтрах;
- при всех аварийных остановках производства сбросы углеводородов и кислых газов осуществляются в специально предусмотренные факельные системы.

#### **Проект единой санитарно-защитной зоны предприятий Нижнекамского промышленного узла**

Расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ от источников загрязнения атмосферы (ИЗА) предприятий Нижнекамского промышленного узла выполнен по программе УПРЗА «Эколог-город», разработанной фирмой «Интеграл» (г. Санкт-Петербург).

Табл. 4. Перечень приоритетных индивидуальных загрязняющих веществ и веществ, входящих в группы суммаций от ИЗА предприятий Нижнекамского промышленного узла

Наименование загрязняющего вещества	ПДК м.р., мг/м <sup>3</sup>	ПДК с.с., мг/м <sup>3</sup>	ОБУВ, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Выбросы загрязняющих веществ	
					г/сек	т/год
Азота диоксид*	0,20	0,04	–	3	785,558148	15821,66971
Аммиак	0,20	0,04	–	4	12,4713156	234,42138
Серы диоксид	0,50	0,05	–	3	2973,617775	35742,88802
Сероводород*	0,008	–	–	2	1,5906316	44,438127
Углерода оксид	5,00	3,00	–	4	2303,62517	14354,79145
Дивинил*	3,00	1,00	–	4	10,9963724	305,09091
Бензол*	0,30	0,10	–	2	11,5069352	297,13444
Толуол*	0,60	–	–	3	21,0656123	723,65571
Этилбензол*	0,02	–	–	3	9,2368664	197,467635
Бен(а)пирен*	–	1,0·10 <sup>-6</sup>	–	1	0,01211171	0,1667606
Хлорметан*	–	–	0,06	–	38,75203	673,32058
Фенол*	0,01	0,003	–	2	0,3300956	8,13694
Формальдегид*	0,035	0,003	–	2	2,493296	58,49538
Ацетофенон*	0,00	4,00	–	3	1,1045202	34,22956
Этилена оксид*	0,30	0,003	–	3	2,2693889	67,49732
Этилмеркаптан*	5,0·10 <sup>-5</sup>	–	–	3	0,0059798	0,07511
Всего веществ без учета выбросов ОАО «ТАНЕКО»: 275						
в том числе:						
1 класса (чрезвычайно опасные): 13						
2 класса (высокоопасные): 42						
Всего веществ на перспективу: 279						
в том числе:						
1 класса (чрезвычайно опасные): 14						
2 класса (высокоопасные): 42						
из них ОАО «ТАНЕКО»:						
1 класса (чрезвычайно опасные): 2						
2 класса (высокоопасные): 15						
Группы веществ, обладающих эффектом суммации						
6004	Аммиак, сероводород, формальдегид*					
6010	Азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид, фенол*					
6014	Ацетон, ацетофенон*					
6020	Бензол, ацетофенон*					
6048	Фенол, ацетофенон*					
*Приоритетные загрязняющие вещества и группы суммаций						

Табл. 5. Сводные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от ИЗА предприятий Нижнекамского промышленного узла на существующее положение и перспективу

Выбросы	Разрешение на выброс загрязняющих веществ от 01.01.2007 г., т/г	Существующее положение (ПДВ), т/г	Перспектива (ПДВ), т/г	Перспектива (СЗЗ), т/г
По промышленному узлу в целом с учетом ОАО «ТАНЕКО» на I этапе проектирования по данным ОАО «ВНИПИнефть»	114086,7402	95922,29008	113634,58433	111846,77052
ОАО «ТАНЕКО» на I стадии проектирования	1,9056	0	18324,70783	18299,55748
По промышленному узлу в целом с учетом ОАО «ТАНЕКО» на окончательном этапе проектирования по данным лицензиаров	114086,7402	95922,29008	105059,8765	103297,21304
ОАО «ТАНЕКО» на окончательном этапе проектирования	1,9056	0	9750,0	9750,0

Табл. 6. Размеры границы установленной единой расчетной СЗЗ для предприятий Нижнекамского промышленного узла

Направление	Расстояние от границы предприятий промышленного узла до единой расчетной СЗЗ, м
Север	2750
Северо-восток	3600
Восток	3450
Юго-восток	5300
Юг	3950
Юго-запад	1700
Запад	2100
Северо-запад	3050

Табл. 7. Перечень предприятий, которые должны проводить контроль за загрязнением атмосферного воздуха в характерных точках ЕРСЗЗ Нижнекамского промышленного узла с указанием количественного и состава проводимых инструментальных измерений

Наименование предприятия	г. Нижнекамск		д. Прости		д. Алань		д. Иштеряково	
	Количество контролируемых загрязняющих веществ	Количество проб						
ОАО «Нижнекамскнефтехим»	19	745	18	737	21	764	18	740
ОАО «Нижнекамскшина»	4	42	1	45	3	28	1	43
ОАО «Нижнекамсктехуглерод»	3	19	1	50	2	32	1	50
ОАО «Таиф-НК»	10	138	8	94	11	130	9	112
ОАО «ГК» Нижнекамская ТЭЦ	8	106	7	115	6	74	7	120
ОАО «НК механический завод»			1	3	1	1		
ООО «Полимер-НКНХ»	1	6	1	1	1	3	1	4
ООО «Завод Эластик»	1	4	2	2	1	4	2	2
ООО «НКнефтехим-Дивинил»	5	21	3	46	3	18	3	12
ООО «КамЭнергоРемонт»	1	8	1	1	2	3	2	10
ОАО «Химстрой»					1	10		
ООО «Ремцентр»	1	1	1	1	1	3	1	1
ОАО «НМУ-3»					3	24		
ООО «Химокам»	1	7	1	5	1	4	1	5
ДООО «Цех 4100-НКНХ»	1	1						
ОАО «Петрокам»					1	2	1	1
НК куст.база ООО «Сжиженный газ»	2	2						
Итого по предприятиям:		1100		1100		1100		1100

Примечание: Долевой вклад по контролю атмосферного воздуха для предприятий ОАО «Нижнекамский механический завод», ООО «Полимер-НКНХ», ООО «КамЭнергоРемонт», ООО «Завод Эластик», ОАО «Химстрой», ООО «Ремцентр» (ООО НПФ «Антикорхим»), ОАО «НМУ-3», ООО «Химокам», ДООО «Цех № 4100-НКНХ», в части проведения текущего контроля, рекомендуется возложить (пропорционально) на предприятия – основных вкладчиков в создаваемый уровень загрязнения атмосферы с соответствующим возмещением материальных затрат на основе заключения субподрядных договоров между предприятиями.

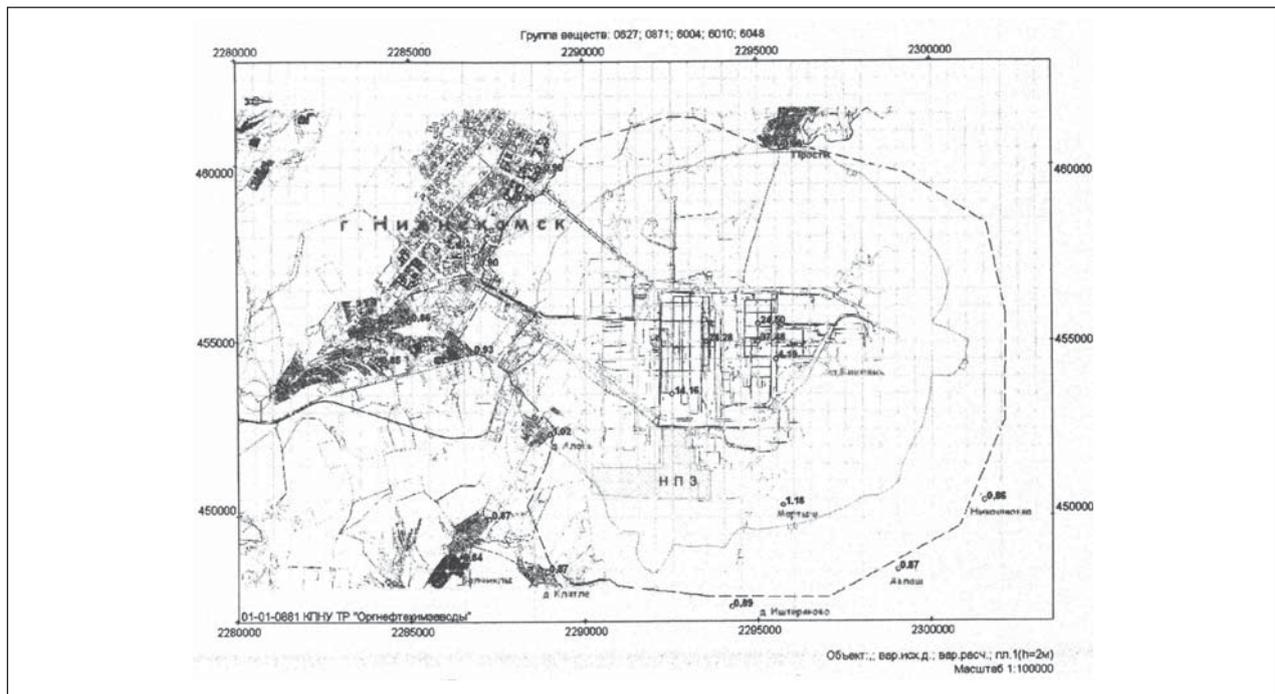


Рис. 3. Граница единой расчетной СЗЗ для предприятий Нижнекамского промышленного узла

Территория Нижнекамского промышленного узла располагается в Нижнекамском муниципальном районе Республики Татарстан на расстоянии 5 км к юго-востоку от жилой застройки г. Нижнекамска и ряда населенных пунктов (д. Прости, н.п. Мартыш, д. Иштеряково, д. Алань и др.), которые расположены на расстоянии порядка 1550–5500 м от условной границы промышленной зоны.

Нижнекамский промышленный узел включает 39 предприятий, наиболее крупными из которых являются: ОАО «Нижнекамскнефтехим», ОАО «Нижнекамскшина», ОАО «Нижнекамсктехуглерод», ОАО «ТАИФ-НК», ОАО «ГК» Нижнекамская ТЭЦ, ООО «Нижнекамскнефтехим-Дивинил».

Общее количество ИЗА Нижнекамского промышленного узла, включая КНП и НХЗ ОАО «ТАНЕКО», составляет 3716 из них 2798 организованных и 918 неорганизованных, всего от источников Нижнекамского промышленного узла выбрасывается в атмосферу 279 вредных веществ.

Общее количество ИЗА КНП и НХЗ ОАО «ТАНЕКО» равно 201, из них 188 организованных и 13 неорганизованных, всего от источников КНП и НХЗ ОАО «ТАНЕКО» выбрасывается в атмосферу 69 вредных веществ.

Перечень приоритетных индивидуальных загрязняющих веществ и веществ, входящих в группы суммаций от ИЗА предприятий Нижнекамского промышленного узла, значения их предельно до-

пустимых концентраций (ПДК), ориентировочных безопасных уровней воздействия (ОБУВ), классы опасности и объемы выбросов на существующее положение приведены в табл. 4.

Сводные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на существующее положение, перспективу дополнительных сокращений выбросов по 1–3 этапам, согласно материалам проектов единого тома предельно-допустимых выбросов (ПДВ) и единой расчетной СЗЗ предприятий Нижнекамского промышленного узла, а также с учетом снижения выбросов вредных веществ от объектов ОАО «ТАНЕКО» на окончательном этапе проектирования по данным лицензиаров представлены в табл. 5.

Размеры границы установленной единой расчетной СЗЗ для предприятий Нижнекамского промышленного узла показаны в табл. 6. Перечень предприятий по контролю загрязнения атмосферного воздуха в характерных точках единой расчетной СЗЗ Нижнекамского промышленного узла с указанием количественного и состава проводимых инструментальных измерений представлен в табл. 7.

На рис. 3 показана граница единой расчетной СЗЗ для предприятий Нижнекамского промышленного узла, построенная по совокупной конфигурации изолинии 1,0 ПДК расчета рассеивания этилбензола, хлорметана, веществ групп суммаций 6004, 6010, 6048 с учетом ввода в эксплуатацию объектов ОАО «ТАНЕКО».

V. M. Kapustin, A. S. Yarmukhametov, I. F. Mukhametshin, I. V. May, R. S. Gildenskiold  
**Experience in Environmental Safety Problems Complex Solving and Sanitary Requirements  
Providing at Sanitary Protection Zones Project Design for Russian Refineries  
in Operation and in Design**

*Conceptual normative and methodic matters, which are to be realized at the development of a project of sanitary protection zone determination for refineries in operation and in design are concerned. Sophisticated technologies and technological decisions, oriented to decrease pollutant emissions to atmosphere are presented. The decisions concerned are finally enable to achieve the narrowing of reasonable calculated (previous) size and borders of sanitary protection zone on cumulated measure according to sanitary regulations and standards 2.2.1/2.1.1.1200–03 (revision 10.04.08 № 25): Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, constructions and other objects. Operational experience, based on the results of the design of sanitary protection zone development in 2008 for Russian refinery in operation – LLC «Rosneft–Tuapse refinery» is demonstrated.*

*Technical and technological decisions for reduction of pollutant emissions to atmosphere at Refineries and Petrochemical Plants Complex in Nizhnekamsk are considered. Boundaries of reasonable calculated united sanitary protection zone for enterprises of Nizhnekamsk industrial hub are described. A list of enterprises, dealing with air pollution control in distinguished points of the industrial hub is presented.*

**Keywords:** sanitary protection zones, atmospheric emissions, sanitary requirements, pollutants, ecological safety, atmosphere pollution control.

---

**Вниманию авторов!**

**Требования к оформлению и представлению материалов  
для публикации**

1. К статье должны быть приложены реферат (не более 10 строк) и список ключевых слов на русском и английском языках.
2. Объем статьи не должен превышать 15 страниц, включая таблицы, список литературы и подрисуночные подписи.
3. Материалы для публикации должны быть представлены в двух видах: текст, набранный в программе Microsoft Word на листах формата А4, распечатанный на принтере; дискета или компакт-диск с тем же текстом (файлы формата DOC или RTF), можно также прислать статью по электронной почте. Рисунки представляются в формате EPS или TIFF (300 dpi, CMYK или grayscale), за исключением рисунков, сделанных в программах Microsoft Office (Excel, Visio, PowerPoint и т. д.), которые представляются в оригинале.
4. Текст статьи должен быть распечатан в двух экземплярах через два интервала на белой бумаге формата А4. Слева необходимо оставлять поля шириной 4–5 см. Страницы должны быть пронумерованы.
5. Графическая информация представляется в черно-белом виде (за исключением фотографий). Дублирование данных в тексте, таблицах и графиках недопустимо.
6. Графический материал должен быть выполнен четко, в формате, обеспечивающем ясность всех деталей. Обозначение осей координат, цифры и буквы должны быть ясными и четкими. Необходимо обеспечить полное соответствие текста, подписей к рисункам и надписей на них.
7. Простые формулы следует набирать как обычный текст, более сложные — с использованием редактора формул программы MS Word. Нумеровать нужно формулы, на которые имеются ссылки в тексте. В то же время нежелательно набирать формулы или величины, располагающиеся среди текста, с помощью редактора формул.
8. При выборе единиц измерения необходимо придерживаться Международной системы единиц СИ.
9. Список литературы приводится в конце рукописи на отдельном листе, в тексте указываются только номера ссылок в квадратных скобках, например [2]. Оформление библиографии должно соответствовать ГОСТ 7.1–76.
10. В начале статьи нужно указать полное название учреждения, в котором выполнена работа. Статья должна быть подписана всеми авторами.
11. К статье должны быть приложены следующие сведения: фамилия, имя и отчество (полностью), место работы, а также полный почтовый адрес (с индексом), адрес e-mail и номера телефонов каждого автора, нужно указать также адрес для переписки и контактный телефон.

## Совершенствование торцевого уплотнения центробежных нагнетателей газоперекачивающих агрегатов

Э. А. Микаэлян

РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

*Описаны преимущества сухих газовых уплотнений в сравнении с масляными торцевыми уплотнениями. Рассмотрена возможность применения сухих газовых уплотнений в новых проектах газоперекачивающих агрегатов и при модернизации соответствующих узлов эксплуатируемых центробежных нагнетателей с масляным уплотнением. В заключении приводится расчет на прочность торцевого уплотнения.*

**Ключевые слова:** газоперекачивающие агрегаты, центробежные нагнетатели, торцевые уплотнения, расчет на прочность торцевых уплотнений.

Для герметизации внутренней рабочей полости от внешней среды в центробежных нагнетателях газотурбинных газоперекачивающих агрегатов (ГГПА), в отличие от осевых компрессоров и газовых турбин, предусматривается двухступенчатое концевое уплотнение: лабиринтное и торцевое. Наибольшее распространение в настоящее время получило торцевое масляное уплотнение.

В качестве уплотняющих жидкостей в устройствах торцевого масляного уплотнения получили распространение специальные смазочные масла. Поэтому центробежные нагнетатели помимо системы смазки низкого давления для работы подшипников имеют еще и систему смазки высокого давления для торцевых уплотнений. В этой системе давление масла превышает давление газа внутри рабочей полости центробежного нагнетателя.

Недостатком таких устройств является низкая надежность трущихся пар — подвижного и неподвижного колец, являющихся ответственными деталями конструкции. Вследствие этого технологический газ из-за особенностей конструкций некоторых типов агрегатов загрязняется маслом, а смазочное масло в опорах агрегата может загрязняться газом, т.е. газироваться. Для предотвращения попадания масла из системы уплотнения в нагнетательную линию, давление газа должно превысить давление масла, что приведет к выходу из строя подшипников в опорах и аварии агрегата. Для того чтобы масло не загрязнялась газом, на практике давление масла превышает давление газа. В результате масло передавливает газ в нагнетательной линии центробежного нагнетателя. Подтверждением этого является наличие в дренажной емкости системы очистки газа значительного количества масла.

Для контроля рассматриваемого режима устанавливают дифференциальный манометр, измеряющий перепад давления масло—газ, который поддерживается на уровне 0,02–0,03 МПа, а на некоторых компрессорных станциях превышение давления масла системы уплотнения над давлением газа в нагнетательной линии составляет более 0,1 МПа.

На протяжении ряда лет ведутся работы по совершенствованию основных элементов системы торцевого масляного уплотнения.

Антифрикционный материал, используемый в торцевых масляных уплотнениях пар трения графит—сталь центробежных нагнетателей является ненадежным, поэтому применяются более современные материалы: углеродно-графитированные с металлической пропиткой марок АГ-1500-С05, АГ-1500-Б83, ЭГО-Б83, АПГС и т.д., обладающие самосмазывающими свойствами.

Указанная пара трения обладает хорошей теплопроводностью, прирабатываемостью и высокими антифрикционными свойствами. Недостатком является малая прочность, твердость, что вызывает большой износ графита, максимальная продолжительность работы достигает 3–4 тыс. часов вместо положенных по регламенту 8 тыс. часов. Кроме того, время работы сокращает абразивный износ, возникающий из-за загрязненности транспортируемого газа. При перекачке чистого газа ресурс превышает 4 тыс. часов.

Ведутся работы по совершенствованию технологии нанесения антифрикционного слоя из твердых сплавов с плазменным напылением, что также можно проделать при восстановительном ремонте.

С целью совершенствования конструкций торцевых уплотнений разрабатываются и на протяжении уже многих лет внедряются сухие

газовые торцевые уплотнения, в которых вместо смазочного масла применяется газ, отбираемый из нагнетательной полости агрегата\*. Первые образцы агрегатов ГПА-Ц-16 с бессмазочными нагнетателями Сумского машиностроительного завода им. М. В. Фрунзе с сухими газовыми торцевыми уплотнениями и магнитными подшипниками были введены в эксплуатацию в испытательном цехе Тольяттинского ЛПУ МГ. В настоящее время на предприятия ОАО «Газпром» поступают агрегаты с бессмазочными нагнетателями.

Сухие газовые уплотнения применяются как при модернизации соответствующих узлов в эксплуатируемых центробежных нагнетателях с масляным уплотнением, так и в новых проектах ГГПА. Во втором случае эффект от их применения значительно выше по причине высоких требований к чистоте и точности вращающихся поверхностей конструкции.

Преимуществами сухих газовых уплотнений являются простота конструкции, отсутствие сложных вспомогательных систем подачи масла и загрязнения газа маслом, сокращение работ по обслуживанию, отсутствие контакта сопряженных деталей, вследствие чего значительно уменьшается их износ и увеличивается срок службы. Более того, потери энергии на трение по сравнению с масляным уплотнением не превышают 10%, утечки газа пренебрежительно малы и в рабочем режиме составляют 0,015–0,030 м³/мин.

Торцевое уплотнение (рис. 1) состоит из неподвижного кольца 3 из композитного материала с уплотнительным резиновым кольцом 4 круглого сечения, поджимаемого пружинами 2 к вращающемуся кольцу 5 из легированной стали. С помощью винта 6 подвижное кольцо закреплено на валу 1 и вращается вместе с ним. Уплотнительные поверхности подвижного 5 и неподвижного 3 колец притерты. Поверхности трения подвижного и неподвижного колец установлены строго перпендикулярно к оси вращения ротора и должны быть абсолютно плоскими.

Ниже рассмотрен принцип расчета характеристик и выбор торцевого уплотнения. Разность давлений с обеих сторон уплотнительного устройства создает усилие, действующее на неподвижное кольцо. Потеря давления в щелях уплотнительного устройства выражается по линейному закону:

\* Микаэлян Э. А. Техническое обслуживание энерготехнологического оборудования, газотурбинных газоперекачивающих агрегатов системы сбора и транспорта газа. Методология, исследования, анализ и практика. — М.: Топливо и энергетика, 2000. — 304 с.

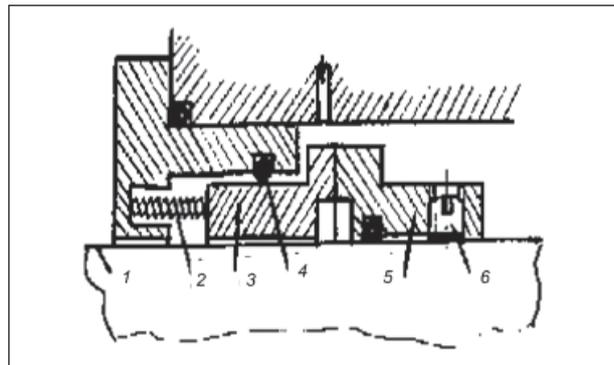


Рис. 1. Торцевое уплотнение: 1 — вал; 2 — пружина; 3 — неподвижное кольцо; 4 — уплотнительное резиновое кольцо; 5 — подвижное кольцо; 6 — винт

$$P_m = (P + P_0)/2 = (P + 0,1)/2, \quad (1)$$

где  $P_0 = 0,1$  МПа — атмосферное давление.

Усилие, вызванное потерей давления:

$$R = F \cdot P_m; \quad (2)$$

$$F = (d_1^2 - d_2^2) \cdot \pi/4,$$

где  $F$  — площадь поверхности контакта пар трения.

На подвижное кольцо действуют следующие силы (рис. 2): усилие пружины  $S$ , сила трения по уплотнительной поверхности кольца  $T$ , усилие  $R$  и гидростатическое усилие  $f$  уплотнительной жидкости, действующее на торцевую поверхность кольца:

$$f = (d_1^2 - d_0^2) \cdot \pi/4.$$

Результирующее усилие, с которым вращающееся кольцо прижимается к неподвижному кольцу, определяется из следующего условия равновесия:

$$W = G + S - R - T;$$

$$G = f \cdot P. \quad (3)$$

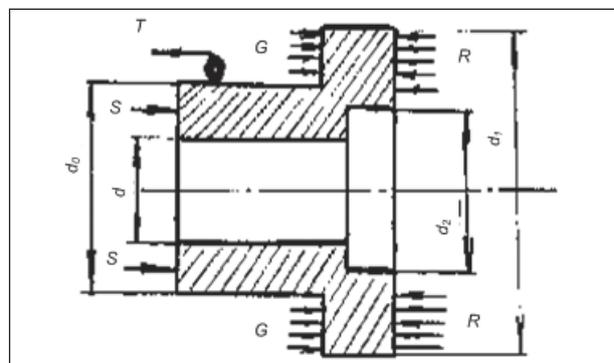


Рис. 2. К расчету торцевого уплотнения центробежного нагнетателя

Тогда результирующее давление, действующее на пару трения:

$$P_p = W/F = (G + S - R - T)/F = (G - R)/F + (S - T)/F = P_{p1} + P_{p2}.$$

Для рассматриваемого типа торцевого уплотнения:

$$P_{p2} = (S - T)/F = \text{idem}.$$

С учетом уравнений 1, 2 и 3 и принятых условий получаем:

$$P_{p1} = (f \cdot P - F \cdot P/2)/F = (f/F - 1/2) \cdot P.$$

Окончательно получим:

$$P_{p1} = (K_p - 0,5) \cdot P,$$

где  $K_p = f/F$  — коэффициент разгрузки пары трения; если  $K_p \geq 1$ , то торцевое уплотнение не разгружено, а при  $K_p < 1$  — разгружено.

Далее приведен пример расчета торцевого уплотнения. Центробежный нагнетатель вращается с частотой  $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ . Диаметр вала  $d_b = 115 \text{ мм}$ ,  $d_1 = 151 \text{ мм}$ ,  $d_2 = 142 \text{ мм}$ ,  $d_0 = 146 \text{ мм}$ ,  $d = 125 \text{ мм}$ . Остальные данные приводятся в ходе решения. Необходимо определить основные характеристики торцевого уплотнения и провести проверочный расчет на прочность.

Вначале рассчитаем площадь поверхности трения:

$$F = (15,1^2 - 14,2^2) \cdot 3,14/4 = 20,7 \text{ см}^2.$$

Далее определим площадь поверхности по осевому направлению подвижного кольца, по которой действует гидростатическое усилие:

$$f = (15,1^2 - 14,6^2) \cdot 3,14/4 = 11,66 \text{ см}^2.$$

Отсюда следует величина коэффициента разгрузки  $K_p = f/F = 0,56$ .

Для равномерного распределения давления по поверхности трения рекомендуется принять число пружин равным не менее 6. Пружины расположены равномерно по окружности  $d = 125 \text{ мм}$ . Усилие каждой пружины составляет  $P = 100 \text{ Н}$ . Давление в уплотнительной камере задано  $P = 4 \text{ МПа}$ . Допустимое результирующее давление  $[P_p] = 0,35\text{--}0,70 \text{ МПа}$ .

Для расчета составляющей результирующего давления  $P_{p2}$  принимают  $T = 0$ , тогда:

$$P_{p2} = (S - T)/F = 6 \cdot 100/20,7 = 28,99 \text{ Н/см}^2.$$

Принимаем  $P_{p2} = 29 \text{ Н/см}^2$ .

Затем вычисляют другую составляющую результирующего давления в торцевом уплотнении:

$$P_{p1} = (K_p - 0,5) \cdot P = (0,56 - 0,5) \cdot 40 = 24 \text{ Н/см}^2.$$

Результирующее давление, действующее в паре трения при максимальном усилии пружин, составит:

$$P_p = P_{p1} + P_{p2} = 24 + 29 = 53 \text{ Н/см}^2.$$

Таким образом, проверка на прочность пары трения торцевого уплотнения центробежного нагнетателя показывает положительный результат, удовлетворяющий условию прочности:

$$P_p = 0,53 \text{ МПа} < [P_p]$$

в случае использования следующих материалов: для вращающегося кольца — стали марки 40Х, для неподвижного кольца — композиционного материала из графита и бронзы марки БрОУСЬ-6-3.

Е. А. Mikaelyan

### Improvement of Centrifugal Blower Gas Compressor Units Seals

*Advantages of dry gas seals in comparison with oil seals are described. The possibility of dry gas seals application in the new gas compressor units designs and at retrofitting of centrifugal blowers relevant parts operating with oil seals was considered. In summary strength design of a seal is presented.*

**Keywords:** gas compressor units, centrifugal blowers, seals, strength design of seals.

# Методология комплексного оптимизационного управления основным производством на принципах коллективного контроля эффективности и сервисно-ориентированной архитектуры интегрированных нефтегазовых компаний

## 1. Обновление программ информационно-технологического обеспечения и развитие систем комплексной автоматизации, технологического совершенствования и оптимизационного управления НПЗ и НХК в период выхода из кризиса

А. Б. Америк  
ООО «ЛУКОЙЛ-ИНФОРМ»

*В первой статье цикла публикаций по созданию современного ИТ-ландшафта и комплекса услуг в нефтегазовых компаниях рассматриваются вопросы и стратегия обеспечения ИТ дочерних предприятий ВИНК, методология рационального повышения уровня оснащенности средствами автоматизации технологических, производственных и бизнес-процессов в ситуации выхода из кризиса. Показано, что для сохранения конкурентоспособности и маневренности бизнеса руководству компаний и их ИТ подразделениям необходимо иметь развернутую программу информационно-технологического обеспечения (ИТО), предоставления услуг высокого качества путем создания сервисно-ориентированной архитектуры организации (SOA головной и дочерних компаний). Представлены методологические принципы формирования, основные параметры, содержание программ развития систем автоматизации управления на всех уровнях дочерних Обществ (ДО).*

**Ключевые слова:** автоматизация управления, информационно-технологическое обеспечение, автоматизированные системы управления, оптимизация предприятия, ИТ-сервисы, ВИНК.

В условиях выхода из финансово-экономического кризиса в связи с ограниченным периодом времени (прогноз порядка двух лет), прямолинейные «стратегические» решения по сдерживанию корпоративных инвестиционных программ модернизации, в особенности, развития ИТ и систем автоматизированного управления, обычно оказываются не только мало результативными, но и опасными. На практике они приводят к резкому отставанию систем управления предприятием от мирового уровня, исключают механизм эффективной обратной связи и сквозную прозрачность в цепочках производства и поставок. Последнее является критически важным условием адекватного оперативного реагирования на действия конкурентов и внезапно открывающиеся возможности на рынке обновленной продукции.

По заключениям ряда крупных консультантов и изданий аналитических агентств (The McKinsey и др.), причины нынешнего кризиса связаны не только с безответственной финансовой политикой регуляторов ряда стран. Корневые предпосылки его кроются в *предстоящей тотальной*

*рационализации эко-бизнес-систем на волне нового глобального технологического перевооружения и кардинальных инноваций [1]. Кризис фактически служит в качестве «накопительного» этапа приспособления к новым условиям экономик мира и промышленных отраслей.*

Ясно, что при механически свернутых во время кризиса программах развития и обеспечения производств не учитывалась не только степень деградации адаптивности, но нередко и сами источники последующих острейших проблем и потерь, связанных с рисками падения уровня *производственной безопасности, эффективности и конкурентоспособности предприятий вследствие утраты инновационно-технологических заделов и векторов, недофинансирования на выходе из фазы «турбулентной» экономики.*

Это особенно критично для средне- и многотоннажных НПЗ, НХК в силу их производственной специфики: высокой промышленной и экологической опасности, сложности и, одновременно, — ограниченной объемно-технологической гибкости, в том числе по ассортименту продукции.

Непродуманное применение обозначенных чрезвычайных мер неизбежно усугубляется проблемами, вызванными текущей ситуацией в области оптимизации технологических процессов (добычи, переработки нефти и нефтехимии), оперативного производственного управления в перерабатывающем и нефтехимическом секторах компаний. В плане операционной деятельности в бизнес-сегменте переработки и сбыта стоит сокращение объемов производства, обусловленное потребительским спросом, являющееся фактором многократных ограничений загрузки технологических установок по сравнению с проектными мощностями. Принципиальным следствием такой эксплуатации становятся, в частности, проблемы минимизации потерь от временного снижения производительности и поддержания стабильности процессов переработки (приемлемая дисперсия переменных) после выхода на режим.

В целом, основные причины недостаточной производственно-экономической эффективности технологических объектов в России, факторов рисков, транслируемых на верхний уровень управления в терминах конкурентной способности, гибкости и непрерывности бизнеса, общеизвестны:

- различный и в целом недостаточный уровень развития технологий (предшествующие поколения) и технической оснащенности, препятствующий широкомасштабной реализации ресурсосберегающих стратегий, «интеллектуального» управления и т.д.;
- неритмичность производства и соответствующий пропорциональный рост удельного расхода энергоресурсов;
- недостаточный уровень обеспечения промышленной и экологической безопасности;
- относительно невысокий уровень механической готовности производственных фондов в отсутствие надлежащего мониторинга оборудования, и поддержки современных стратегий технического обслуживания и ремонта, основанных на развернутой концепции надежности и моделях инспектирования по рискам;
- недостаточный уровень автоматизации: отсутствие современного единого информационного пространства на более чем половине российских предприятий, устаревшие средства и системы обработки и передачи данных, управления производством.

Все указанные причины так или иначе связаны с корпоративными сервисам или ИТО ДО.

На уровне оперативного-диспетчерского управления/АСУП [2] наблюдается дефицит ИТ-

поддержки предприятий, начиная с современных технологий сбора и хранения технологических данных в масштабе реального времени (БДРВ) и далее — формирования производственной отчетности, интегрированных средств анализа данных и т.д. Это, согласно внутрикorporативным аналитическим исследованиям, выполненным при участии ООО «ЛУКОЙЛ-ИНФОРМ», в указанных сложных условиях послекризисного восстановления с большой вероятностью приведет к следующей ситуации:

- вскроются системные пробелы в процессах операционного управления и информационные разрывы между нижним уровнем и системами планирования производства и ресурсов предприятия, управления производственно-сбытовыми цепочками, что приведет к проблемам с реализацией бизнес-процессов, спешно «оптимизируемых» под условия неопределенности либо малой скорости восстановления после производственно-коммерческого сжатия;

- будущие показатели в еще большей степени будут зависеть от точности прогноза производственных последствий и экономического эффекта принимаемых решений. Корректность и оперативность указанного прогноза по меркам современных требований в 1,7–3 раза отстает от показателей мировых транснациональных нефтегазовых корпораций, т.к. решения до сих пор принимаются на основании неполной информации, зачастую с использованием бумажных носителей и выдачей производственных распоряжений по телефону;

- руководители подразделений и специалисты, как и ранее, будут испытывать сложности со своевременной идентификацией важных производственно-технологических проблем и решением задач управления критически важными производственными фондами, объективные трудности сверки плана и производственных расписаний, контроля пула нефтепродуктов и коммерческих операций отгрузки [3];

- при сохранении ИТ и средств аналитического контроля в текущем состоянии и одновременном вынужденном сокращении численности персонала, по-прежнему до 80% времени будет занимать сбор данных и согласование деловых правил, необходимых для принятия решений и их реализации. Для решения аналитических задач и ликвидации «узких мест» у специалистов не будет ни средств обеспечения, ни времени.

Как следствие, в стремлении достигнуть плановых результатов минимальными средствами, управляющий персонал по-прежнему вынужден будет *чрезмерно экономно распределять ре-*



Рис. 1. Области совершенствования Operations Excellence — обновленные приоритеты антикризисного управления ВИНК/ТНК (фокусировка на жесткой экономии, тщательном планировании, непрерывном отслеживании внешних рынков, на обеспечении прозрачности и межоперационного контроля на уровне групп производственных активов)

сурсы и реагировать на уже возникшие нежелательные внутренние и внешние отклонения от графика вместо своевременной их профилактики и предупреждения эффекта «домино». Показательно, что лидирующие производители мира с разветвленными сбытовыми структурами, потратившиеся на создание Manufacturing Execution System (MES) и ИТ-платформ Production Operations Management, даже в 2008 г., с неритмично работающими установками достигали до 95% своевременных, соответствующих условиям контрактов поставок, одновременно демонстрируя TCO производств ниже среднеотраслевого значения [1].

Не случайно в период глобально нарастающей нестабильности рыночного окружения произошел достаточно резкий пересмотр как инновационных векторов, приоритетов и методов управления сложными производственными объектами, так и корпоративных инвестиционных политик в целом (рис. 1). Неоднозначная, сложная и динамичная среда ведения бизнеса требует от производственных единиц сосредоточения всех усилий на освоение современных бизнес-приложений и новых важных ИТ-возможностей для проектирования, эксплуатации производств и поддержки решений, охватывающих предприятия в целом.

Дальше речь пойдет о **формировании рациональной программы ИТО и поставляемых сервисов как стратегических элементов**

**управления производственными объектами и бизнес-единицами ВИНК.** Залог успешного решения круга возникающих сложнейших задач — сочетание эффективных методов, проектов и программ модернизации *технологического плана со структурированной моделью работающего ИТО* с парадигмой сервисно-ориентированной архитектуры (SOA) по основным направлениям деятельности. В условиях тотального дефицита ресурсов это предполагает всесторонне обоснованное и регулярно уточняемое распределение финансовых средств на ИТ и собственно производственный сектор.

В число основных стратегических подходов и решений, соответствующих бизнес-требованиям и косвенно определяющих ИТ архитектуру — целевую *информационную* и последовательную *сервисную Модели* бизнес-сегмента, включаются:

1. Проблемный анализ. Разработка технологии реализации возможностей с идентификацией групп поставляемых ИТ-решений (сервисов) при помощи расширенных методологий так называемых референсных моделей бизнес-процессов (см. ниже) или моделей операционного совершенствования PACE\*.

2. Релевой доступ к полной информации о технологических и коммерческих операциях по состоянию производственных активов и ситуации с поставками по сегментам рынка в масштабе, близком к реальному времени для

\* Pressures (факторы давления), Actions (действия компании), Capabilities (принципиальные способности), Enablers (поддержка ключевых возможностей, компетенций — исходные требования к ИТ решениям).

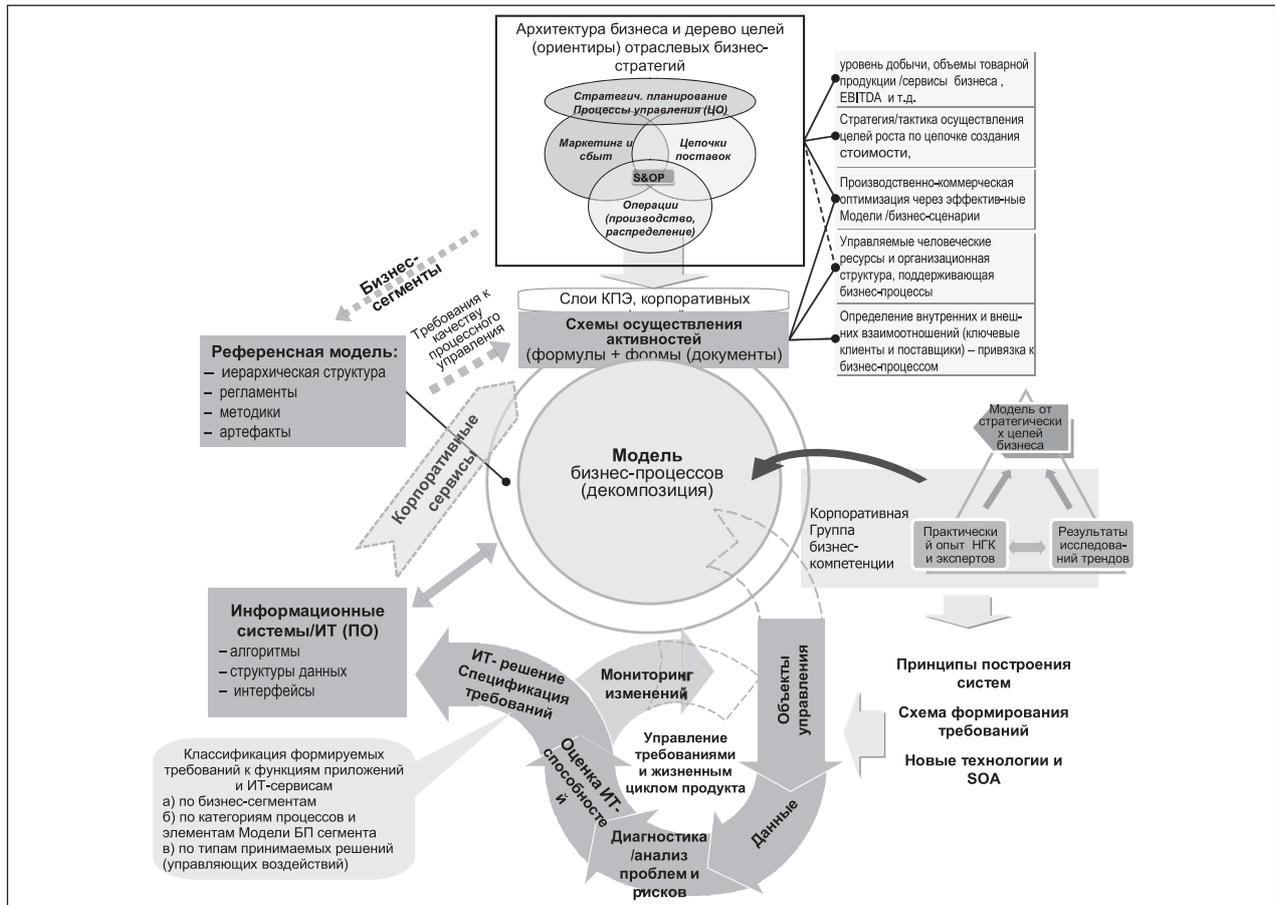


Рис. 2. Принципиальная схема формирования бизнес-требований к ИТО/сервисам — единый процессно-ориентированный подход к построению бизнес-системы мирового класса на базе технологических инноваций: S&OP — планирование производства, поставок и сбыта, COA — сервисно-ориентированная архитектура, SLA — соглашение об уровне услуг

всех авторизованных пользователей ДО, ключевых подразделений и, селективно, партнеров и потребителей. Для центрального аппарата компаний предпочтителен доступ к информации по всем предприятиям компании и регионам в конкретном сегменте деятельности для получения надежной статистики.

3. Основным средством решения задач по преодолению кризисных явлений является строгий контроль и динамическая оптимизация производственных и бизнес-процессов оперативного и календарного планирования под текущие события в соответствии с трендами и колебаниями рынков на основе методологического и системного обеспечения всех видов: организационного, процессного и функционального.

4. Утвержденный цикл формирования бизнес-сервисов на основе иерархической модели бизнес-процессов и соглашение об уровне моделирования [3] (принципиальные схемы на рис. 2, 3), учитывая степень доработок или редизайна последних.

5. «Вертикальная» конструкция бизнес-модели поддержки проактивного принятия решений на НПЗ, НХК, от системы планирования ресурсов (ERP) до уровня технологических объектов с организацией информационных потоков между производством и центральным офисом ВИНК. Предусматривает ИТО цикла (прогнозирование — идентификация и просчет вариантов на всех уровнях «производство/графики отгрузки» и т.д. — оперативные инструкции — контроль управляющих воздействий) путем синергии оперативно-диспетчерских систем (MES), производственной и бизнес-аналитики (BI+EMI). Цель — ускорение процессов генерации, корректировки и исполнения оперативно-диспетчерских задач. Промежуточная (выход из кризиса) бизнес-модель исходит из критерия *минимум затрат/эффективность* для каждой дочерней организации бизнес-секторов нефтегазопереработки и нефтехимии в целом, и при необходимости — в срезе однотипных производств (объектов).

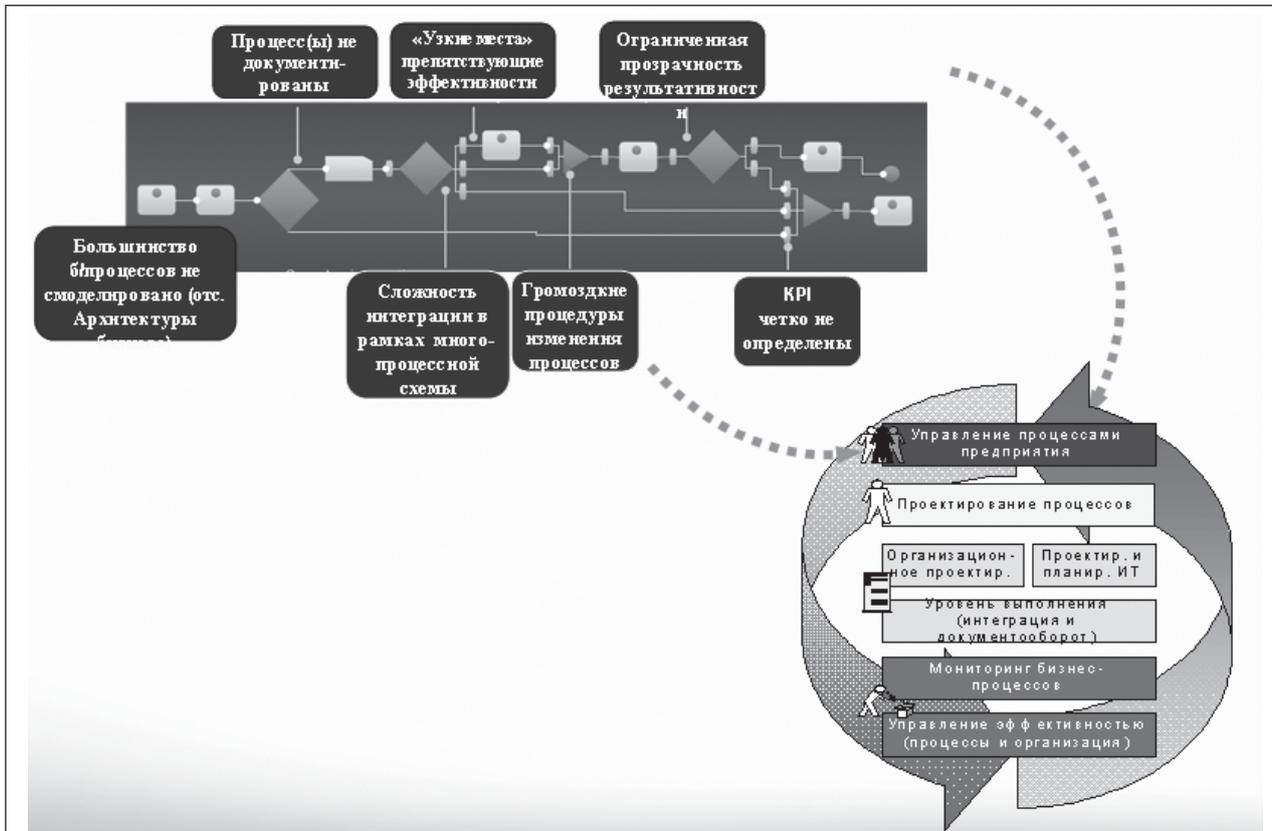


Рис. 3. Бизнес-процессы 2-го уровня сегмента downstream в НГК — текущие разработки, состояние, типичные проблемы контроля и инжиниринга изменений

6. Использование признанных отраслевых стандартизованных подходов к совместному управлению операциями, управлению знаниями и качеством, механизмов межуровневого взаимодействия (ISA S95 для производств с непрерывным и полунепрерывным циклами), систем ERP/оперативного планирования/аналитического мониторинга отклонений «План-Факт» и операционной эффективности.

Организация сервисной архитектуры, механизмы развертывания ИТ-услуг в крупных, достаточно глубоко диверсифицированных и/или интегрированных компаниях – методологически весьма непростая и наукоемкая комплексная задача, которая, как и механизмы ее практической реализации [5], в последние годы стала предметом серьезных исследований. Большая часть подобных решений, детальный анализ которых выходит за рамки настоящей работы, базируется на фундаментальной модели SOA Захмана или модели архитектуры организации TOGAF\*, отличающихся сложностью и проблемами при реализации и попытках полного развертывания на основе услуг, либо на методах и специализи-

рованных лучших практиках телекоммуникационных компаний (NGOSS\*\*) нового поколения [5, 6]. В отсутствие подтвержденных лучших практик и их сложности далеко не все полномасштабные проекты SOA оказывались успешными, в результате чего с 2007–2008 г. стали появляться такие усеченные проработки и рекомендации, как Smart SOA, «SOA для дам» и др.

При этом следует иметь ввиду некоторые принципиальные отличия в сущности привычных инженерных/технических услуг и ИТ-сервисов, методах их создания и развития. Прежде всего, сервис — это по определению отсутствие, за исключением таких систем обеспечения, как АСУТП, геоинформационные системы (ГИС), материализованного результата — физического управляющего воздействия или иного материального наполнения. Подавляющее число типов ИТ-сервисов потребляется в момент их возникновения, а сервисы приложений состоят в обеспечении (поддержки) принятия широкого спектра совершенно разных решений. Задача оцифровки качества как фактора результативности последних далеко не тривиальна. К примеру,

\* Open Group Architecture Framework.

\*\* New Generation Operations Systems and Software.

реализация функций прикладного ПО в 70–90% случаев не может быть описана в терминах *прямых экономических эффектов для бизнеса*. Это требует разработки, наряду со стандартными соглашениями об уровне услуг (SLA), весьма специфических методологических подходов к оценке качества.

Разнообразие ИТ-услуг также значительно — от поддерживающих системных сервисов, реализуемых в работе технологических платформ, серверных системах сбора, обработки, фильтрации и передачи данных; услуг электронной почты, call-центра; в форме функционала модулей сетевой архитектуры и интегральных шин обмена данными, осуществления мониторинга транзакций и т.д. — исполняемых на постоянной основе и обеспечивающих *техническую непрерывность бизнеса*, до указанных *возобновляемых сервисов прикладного характера*, традиционно описываемых в виде выполняемых системой (бизнес-)функций.

С поставкой сервисов второго типа обычно генерируется основная масса трудно исчисляемых и неявных эффектов на различных уровнях управления, теоретические основы оценки и управления которыми еще только разрабатываются. Выделение бизнес-сервисов позволяет переопределить бизнес-модель предприятия, которая накладывает ограничения на сервисные операции, интерфейсы и определяет соглашение об уровне обслуживания. Кроме того, такая формализация бизнес-процессов существенно облегчает работу разработчика SOA-решений. Отметим также многочисленные разработки специализированных компаний на основе признанных стандартов ITSM (IT Service Management) в сочетании с методологией SixSigma/DMAIC\* или, в отдельных случаях, — библиотечного массива ITIL (Information Technology Infrastructure Library), где базовые решения по технологиям формирования, развертывания и аналитического контроля услуг уже присутствуют на нишевом ИТ-рынке в виде продуктов класса управления бизнес-сервисами (BSM).

Наконец, следует принимать во внимание проблемы, связанные с невозможностью прямого преобразования наборов исходных функциональных задач бизнеса в требования к современным системам, обычно высокоинтегрированным и сложно построенным, и далее, — в конечные сервисы, осуществляемые ИТ-подразделениями или аутсорсерами. Механизм трансляции и фор-

мирования, как правило, 2–4-х ступенчатый и предусматривает предварительную артикуляцию и наполнение (конкретизацию) так называемых структурно-справочных каркасов, или Process Framework, включающих шаблоны описания и артефакты бизнес-процессов, потоки работ и операций, правила, регламенты, элементы методологий SixSigma, механизмы предоставления и набор других корпоративных документов. Но именно такой охватывающий подход обуславливает системную гибкость и оперативность услуг, оптимизацию ИТ затрат, обеспечивая, в свою очередь, операционную маневренность бизнеса.

Обновленная стратегия гибкого, опережающего «антикризисного» управления с прогнозирующими аналитическими моделями, в совокупности с риск-менеджментом ВИНК, спроецированные на процессное производство предприятий нефтехимического комплекса, предполагают нижеперечисленные шаги по созданию корпоративной программы совершенствования управления, развития методов и технологий ИТО. При этом методологически глобальная программа совершенствования производственного бизнеса и его ИТО условно разбивается на три фазы:

*На фазе I (в стратегиях некоторых ВИНК — частично на фазе II) имеет место:*

1.1. Утверждение развернутых нормативно-методических документов и проведение полномасштабного аудита ИТ-систем и АСУ на всех уровнях управления. Данные мероприятия включают оценку уровня оснащенности и технического состояния КИПиА, АСУТП, перекачивающих и газотранспортных систем компании методами диагностики по анализу режимов, оценку организации и уровня ИТО производственного сервиса, в том числе предоставления мобильных сервисов; оснащенности ДО средствами неразрушающего контроля и мониторинга состояния оборудования; полный аудит прикладных систем оперативного управления производством и АСУП;

1.2. Определение перечня первоочередных критически важных АСУ и ИТ-решений по устранению недостаточной наглядности рабочих характеристик технологических процессов в условиях недостоверности или несвоевременного получения исходных данных.

2.1. Выполнение программы регламентации и реинжиниринга ключевых бизнес-процессов

\* Практическое применение данной фундаментальной методологии, формулирующей аспекты измерения, «безотходного» производства/управления и/или аналитического мониторинга с корневым циклом D (определить), M (измерить), A (анализировать), I (улучшить), C (контролировать), будет рассмотрена в последующих статьях этой серии.

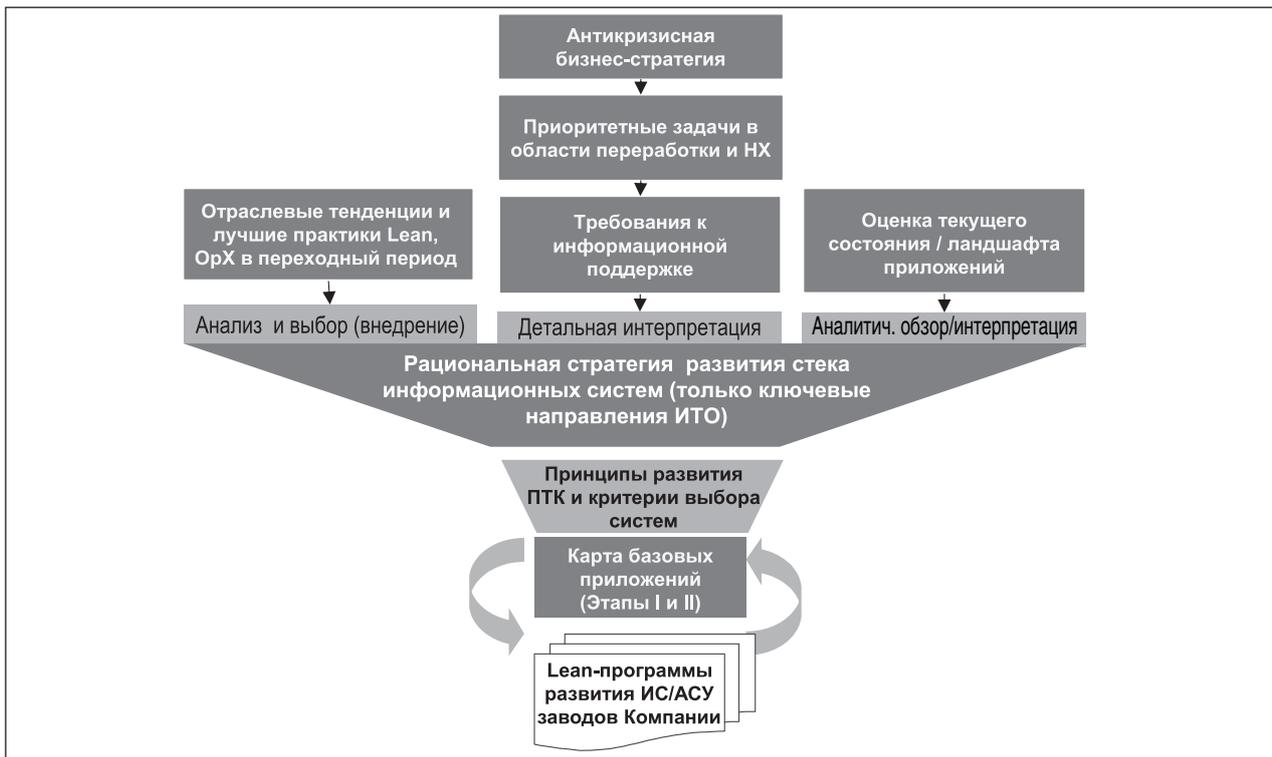


Рис. 4. Методология формирования стратегии ИТ-обеспечения: взаимосвязь принципов, политик и комплексных программ автоматизации и оптимизации (на примере предприятий сегмента downstream)

1–3-го уровней; переход от низкоуровневого проектирования на профессиональный редизайн и совершенствование [7], управление оптимизированными (на базе системы бизнес-правил) бизнес-процессами параллельно с разработкой плана-графика внедрения системы мониторинга активности бизнес-деятельности и его интеграции с модулями ERP, MES;

2.2. Стратегический план поэтапного развертывания основанных на передовом опыте основных операционных процессов по управлению и оптимизации производства и обеспечивающих их систем (базовая программа ОУП [1]), разработка и старт программ тотальной оптимизации и управления предприятием (ТОУП) и мониторинга показателей эффективности (1-ая очередь).

3. Создание Проектного офиса по совершенствованию систем управления и разработка его силами концепции «бережливого» производства, малозатратного управления и операционного совершенствования. Концептуальные решения на данном этапе предусматривают:

- *Жесткую ориентацию на бизнес*: главный приоритет — строгий производственный учет и контроль затрат и потерь. Далее — выработка и реализация краткосрочных мастер-планов и проектов с первоочередными мероприятиями по ав-

томатизации процессов и комплексов (стратегия ИТО с единой сбалансированной посткризисной программой взаимодействия бизнеса и групп ИТО и мерами по преодолению информационной разобщенности структурных подразделений и предприятий). Основные задачи:

- детализация принципов ИТ-развития и их утверждение; разработка бизнес-сценариев, регламента менеджмента и Карты рисков с определением пороговых значений оптимизации инвестиционных затрат и операционных издержек (в терминах соглашения SLA по услугам обеспечения непрерывности бизнеса);

- реализация 1-ой очереди мероприятий по достижению производственной прозрачности и оперативности контроля на корпоративном уровне;

- согласование бизнес и ИТ-требований как составной части стратегии ИТО (рис. 4); дополнительно — описание в рамках типовых решений ролевого доступа специалистов разных категорий и статуса к требуемым ресурсам: приложениям и необходимой информации на определенном этапе бизнес-процессов;

- Переход к модели ИТО оправданной стоимости с полным контролем всех издержек. Данное решение предусматривает:

- детализацию и утверждение принципов рационализации ИТ-обеспечения на основе типовых программных решений-пакетов и шаблонов, что предполагает предварительное распределение ресурсов по дочерним компаниям с выходом на комплексную программу снижения издержек в соответствии со стратегическими задачами компании; оценку сокращения затрат на закупки программного обеспечения, в том числе путем снижения числа поставщиков;

- применение лучшего опыта сочетания автоматизированных процессов и ручных операций с данными, а также бенчмаркинг динамики такого соотношения;

- разумный уровень операционных расходов, в том числе выборочное перезаключение договоров с внешними поставщиками услуг в рамках рациональных SLA;

- определение возможности частичного перехода на схему SaaS –подписку на приложения как на услуги; создание современных пользовательских платформ-«коллажей» на основе Web 2.0(3.0)\*;

- взвешенную программу последовательной ликвидации устаревших систем; вывод части специализированного ИТО на антикризисный аутсорсинг, контроль полной стоимости владения по доменам ИТ в разрезе бизнес-секторов (интегрированные, корпоративные, локальные ИС);

- исполнение стартовых проектов стандартизации и унификации ИТ-инфраструктуры; типизацию, консолидацию и виртуализацию серверных платформ на основе изучения степени загрузки сервисов; при необходимости — консолидацию центров обработки данных;

- синхронизированную с этапом оживления и роста экономики ревизию принципов тендерного выбора программных продуктов на соответствие рациональной модели (lean-технология) с балансом продуктов best-of-breed (BoB) и best-of-need; — приоритет последних на основе недорогого ПО в составе комплексных решений, над практикой внедрения преимущественно «лучших в своем классе» программных продуктов. (BoB – только для ERP- и BI-решений, ряда других критически важных для бизнеса корпоративных прикладных систем, не имеющих альтернатив).

На фазах II и III (временная диспозиция определяется избранными ИТ-стратегиями компании) решения включают:

- Этапы последовательного перехода на SOA-архитектуру в целом по компании; раз-

работку мастер-плана и реализацию первой очереди проекта корпоративной интеграционной шины сервисов (ESB);

- Разработку окончательной редакции концептуальных проектных решений перехода к эффективному, гибкому производству и проактивному управлению операционной эффективностью предприятий по четырем этапам программы создания Совершенного завода, синхронизированных с фазами ИТО, показанными на рис. 5;

- Определение возможности частичного перехода (там, где это целесообразно) на схему SaaS — подписку **на приложения как на услуги**; в некоторых решениях создание современных пользовательских платформ-«коллажей» (mashup) на основе Web 2.0(3.0);

- Обеспечение доступа к технологии «виртуально завода» — программно-технического комплекса, предназначенного для профессиональной подготовки персонала НПЗ и НХК, моделирования нестандартных ситуаций, анализа вариантов работы технологических комплексов и план-факторного анализа, комплексной оценки проектов модернизации и оптимизации производств и др. [8]. На корпоративном уровне указанная технология может быть дополнена пакетами интеллектуального анализа производства и «заточенными» экспертными инструментами, в том числе на основе упрощенных имитационных моделей масштаба производства;

- Анализ численности и переобучение персонала. Параллельно на фазах II и III предусматривается дальнейший реинжиниринг, автоматизация и оптимизация сценарных групп логически связанных подпроцессов 3–4-го производственных уровней (например, по референтным моделям консорциума APQC, компании Accenture, модифицированной модели eTOM), которые сопряжены со структурными изменениями в дочерних компаниях обеспечат *согласованные действия* персонала и *устойчивое управление* в лабильных послекризисных условиях.

Важными системными элементами управления и мониторинга в условиях неопределенности потребности, объемно-ценовых параметров поставок с НПЗ и НХК на волатильные рынки, становятся:

- разработка и утверждение *процедур (регламентов) регистрации и ответной реакции на возникающие проблемы, схем координации* такого реагирования и *распределения ролей* при ответных/управляющих воздействиях;

\* Продукты, которые позволяют пользователям без специальных технических знаний создавать ситуативные приложения, предоставляющие необходимую информацию из разнообразных источников (ведомственные, заводские системы, базы данных и пр.) и ее единое представление (объединение объектов).

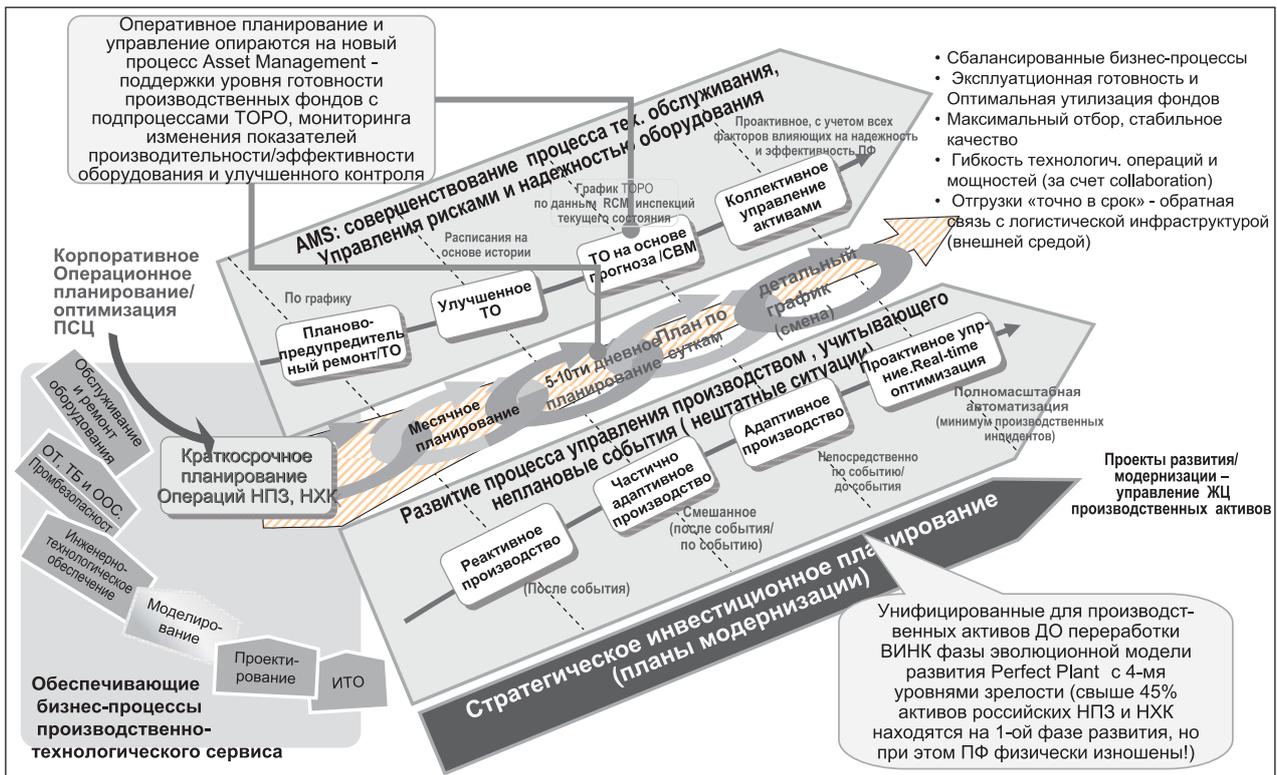


Рис. 5. Переход к «совершенному» управлению активом (модель Perfect Plant) — синергия усовершенствованного управления мощностями и Операциями с синхронизацией процессов развития и ИТО

• определение целевых архитектур приложений, что включает выбор методов и перечня поддерживающих ОУП и операционную деятельность аналитических средств, адаптированных к производству НПЗ технологий/модулей Business Process Management (BPM), business activity monitoring (BAM), Performance monitor (PM).

Уточнение целевой программы развития ИТО, прикладного ландшафта на 3-м этапе реализации «Дорожной карты» в соответствии обновленными сведениями о рыночной/экономической траектории выхода из кризиса подразумевает:

• дискретную техническую политику на основе стратегии «быстрых побед» – преимущественное выполнение наиболее эффективных для компании подпрограмм, что предусматривает конкретизацию рамок проектов, т.е. избирательную автоматизацию процессов по каждому предприятию на основе выбранных приоритетов: безопасность, надежность, управляемость процессов и активов;

• детализацию архитектур и параметров интеграции существующих приложений для дальнейшего сокращения потребности в инвестициях в новые информационные системы и АСУ путем воплощения в продуктах развитых

и новейших интеграционных средств и технологий;

• уточнение перечня и графиков внедрения систем второй очереди, нацеленных на оптимизацию технологических процессов, рост показателей эффективности производства: повышение загрузки мощностей предприятий, расширение ассортимента, увеличение выхода и качества целевой продукции, расширение межремонтных пробегов технологических установок, сокращение Индекса энергопотребления и затрат на производство;

• непрерывный мониторинг результативности и экономической эффективности проектов внедрения ИТ/АСУ.

Возвращаясь к вопросу совершенствования систем управления Активами ВИНК upstream и downstream, можно заключить, что мерами организационного характера как предпосылками успешности перечисленных проектов являются обоснованный уровень централизации с формированием сквозной вертикали функционального управления на уровне предприятия и унификация числа уровней управления до 4–5 по бизнес-сегментам, при этом связующим уровнем становится проактивное управление операционной эффективностью и мониторинг ключевых показателей эффективности.

Вторым ключевым условием является разработка эффективной архитектуры бизнеса (модели процессов и т.д.) и рабочих процедур, подразумевающая:

- структурирование, стандартизацию и упрощение бизнес-процессов управления на принципах BPM; принятие концепции (и адаптация) технологий BSM;

- фокусировку на последовательном инжиниринге и реконструкции (BPO) – отказ от непрочной подстройки бизнес-процессов под унаследованную методологию управления и несформированные бизнес-правила, совершенствование методов принятия производственных решений;

- повышение качества управления путем согласования бизнес-процессов и объединения данных.

Из вышесказанного вытекают требования надлежащей организации межфункциональной командной работы и сотрудничества на уровне актива, производства, изменение отношения персонала к своей деятельности — создание стимулов и условий для формирования инициативы, повышение готовности к изменениям, в том числе функциональных областей ИТО. Внимание руководства ВИНК при этом сосредоточивается также на контроле производственных и административных затрат за счет:

- повышения качества управления активами всех видов;

- пересмотра системы материально-технического обеспечения, оптимизации численности персонала;

- снижения капитальных и операционных затрат как за счет закрепления персонально ответственных за управление данными расходами, так и совершенствования форм ИТО.

Как типовая проблема, имеет место чрезвычайно сложный характер взаимосвязей в многоуровневой структуре бизнес-процессов совместного управления НПЗ/НХК ↔ downstream, множественность требований к сервисам композитных АСУ или интегрированной ИС со стороны ее потенциальных пользователей и владельцев и разброс темпов наступления отслеживаемых и обрабатываемых событий в ее ИТ-доменах — в корпоративных ИСУ, АСУ производством (ОДУ) и системах реального времени (АСУ ТП, коммерческий учет).

Сложность решения задач интеграции, очевидно, обусловлена проблемами сопряжения разнородных систем различных версий и поколений, доработки корпоративной системы нормативно-справочной информации и словарей, необходимостью учета разной динамики ИТО для групп бизнес-сетей предприятия (НПЗ, ГПЗ, НХК, хранилища и терминалы); автоматизации процессов производственно-сбытовых цепочек. Это следует учитывать при создании и межфункциональной интеграции посредством ESB пакета ценовой оптимизации распределения в сочетании с «продвинутыми» пакетами SCM-АРО — усовершенствованного оптимизационного планирования ценовой политики, программного обеспечения оптимизации запасов, ИСУ «Нефтебазы» и ИСУ «Поставки».

В последующих публикациях этого цикла будут подробно рассмотрены архитектуры и предоставляемые ими прикладные сервисы управления ПФ, поиска и анализа информации, повышения качества принимаемых решений, ИТ-решения по энергосбережению, основанные на концепциях Digital Oilfield и Digital Refinery (цифровые месторождение и завод) и активно используемые такими ТНК, как Chevron, BP, Total, Exxon и Maraton oil.

## Литература

1. Bisson P., Stephenson E., Viguierie S.P. Global forces: An introduction // McKinsey Quarterly. — June 2010. — 46 p.
2. De Looff L. Managing IT transformation on a global scale: An interview with Shell CIO Alan Matula // ibid, — March 2010.
3. Колесников А. О., Антонов М. Л. Организация интегрированной системы планирования и оперативного управления нефтеперерабатывающими производствами // Нефтепереработка и нефтехимия. — 2008. — №3. — С. 3–11.
4. Америк А. Б. ИТ-решения для адаптивного НПЗ // iTime. — 2007. — №4. — С. 16–20.
5. Littlefield V. Achieve Real-Time Visibility into Production of Global Manufacturing Operations // Aberdeen Group Rep. Ser. — 2009. — 28С. [www.aberdeen.com/Aberdeen-Library/5229/RA-manufacturing-operations-management.aspx](http://www.aberdeen.com/Aberdeen-Library/5229/RA-manufacturing-operations-management.aspx)
6. Пырлина И., Пузыня С. Н. Корпоративная архитектура и SOA // <http://www.osp.ru/os/2010/02/13001450/>
7. Reilly J. P., Creaner M. J. NGOSS Distilled: The Essential Guide to Next Generation Telecoms Management. — The Lean Corp: Cambridge University Press, 2005. — 215 p.

8. Елиферов Е. Г., Репин В. В. Бизнес-процессы. Регламентация и управление. — М.: ИНФРА-М, 2005. — 319 с.
9. Капустин В. М., Соркин Л. Р. Высокотехнологичные средства управления // Нефтяной сервис. — 2009. — №5. — С. 16–19.

A. B. Amerik

**The Methodology of Integrated Optimization Management of the Primary Enterprise on the Principles of Cooperative Performance Management and Service-oriented Architecture of Integrated Oil and Gas Companies**

**1. Renewal of the Programs of Information Technologies Support and Complex Automation, Technological Updating and Optimization Management Systems of Refineries and Petrochemical Complexes Development at Surmounting the Crisis**

*The first article of the publication series at the modern IT-landscape and service package at oil and gas companies development is concerned with the problems and the strategy of Vertically Integrated Oil Companies subsidiaries supporting with IT. The concept of rational automation equipment status of technological, operation and business processes increase at surmounting the crisis is also concerned. It was demonstrated, that to retain business competitiveness and flexibility, companies management and IT divisions are to have explicate program of information technology support and provision of high-quality services by creating service oriented architecture of the head company and its subsidiaries. Guidance of building-up principles, the main parameters and the content of development programs of control automation systems at all layers of subsidiaries are presented.*

**Keywords:** control automation, information technologies support, automated control systems, business optimization, IT-services, Vertically Integrated Oil Companies.

**Вниманию специалистов!**

**И. М. Колесников**

**КАТАЛИЗ И ПРОИЗВОДСТВО КАТАЛИЗАТОРОВ**

В книге изложены теория и практика изучения, подбора и производства катализаторов. Приведены методы и технологии синтеза катализаторов на лабораторном и промышленном уровне. Представлены основы теорий гомогенного и гетерогенного катализа. Значительное внимание уделено проблемам подбора и оптимизации состава катализаторов. Подробно излагаются ранние теории катализа и синтеза катализаторов.

Специальный раздел посвящен физико-химическим свойствам катализаторов, способам производства носителей, катализаторов и контроля их качества, управления производством на катализаторных фабриках.

В книге представлены технологические схемы производства наиболее распространенных в промышленности носителей и катализаторов.

Книга адресована широкому кругу инженерно-технических работников промышленных предприятий, научно-исследовательских и проектных организации.

**М.: Издательство «Техника», 2004. — 450 с.**

**Г. Д. Чукин**

**НОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЕХАНИЗМЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РАСЩЕПЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТИ**

Предложено новое определение понятий «кислота» и «основание». Обсуждается единая природа неорганических и органических структур. Даны представления о кислотных и основных центрах и их размещении в структуре слоистых металлосиликатов, алюмосиликатных, цеолитных и алюмоникельмолибденовых гетерогенных катализаторах. С физико-химических позиций рассмотрены механизмы реакций расщепления углеводородов в реакциях крекинга, гидрокрекинга, гидрирования и гидрообессеривания, минуя карбоний-ионный механизм.

**М.: Издательство «Техника», 2008. — 112 с.**

## Геоинформационные системы для решения диспетчерских и управленческих задач предприятий газовой отрасли

М. Н. Юрченко  
ЗАО «НЕОЛАНТ»

*Показаны возможности геоинформационных технологий для решения диспетчерских и управленческих задач на предприятиях газовой отрасли, а также подробно рассмотрена геоинформационная система Единой системы газоснабжения Российской Федерации в качестве примера функционирования реальной системы.*

**Ключевые слова:** геоинформационные системы (ГИС), газоснабжение, газотранспортные системы, Единая система газоснабжения РФ.

Специфика работы диспетчеров и руководителей предприятий газовой отрасли состоит в том, что они оперируют огромным массивом информации о технологических объектах и газовых сетях. При этом на сегодняшний день, как правило, не существует целостной и удобной для восприятия картины текущего состояния газовых сетей, особенностей их функционирования и возможностей развития.

Информация обычно разрознена, т.е. отсутствует единая информационная система, которая объединила бы и представила в удобном виде все необходимые для анализа данные. В этой ситуации обработка информации — довольно трудоемкий процесс, который включает использование множества расчетных модулей, проведение математического моделирования технологических процессов, реализацию специальных алгоритмов выборки данных, выполнение комплекса аналитических процедур.

Учитывая такие особенности предприятий газовой отрасли, как большая протяженность газопроводов и территориальная распределенность объектов, для упрощения процесса управления данными предприятиями предлагается использование геоинформационных систем (ГИС), которые зарекомендовали себя как эффективный инструмент поддержки принятия решений.

Так, например, компания «НЕОЛАНТ» успешно применила геоинформационный подход при создании программного комплекса визуализации функционирования Единой системы газоснабжения Российской Федерации (ГИС ЕСГ РФ) для Центрального производственно-диспетчерского департамента (ЦПДД) ОАО «Газпром» совместно с ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

ЕСГ РФ — объект федерального значения, таким образом, управление этой системой —

одновременно важная и сложная задача, поэтому специалисты ЦПДД ОАО «Газпром» пришли к выводу, что с использованием информационных технологий управление системой будет значительно надежнее и проще.

Программный комплекс, разработанный «НЕОЛАНТ» и «ВНИИГАЗ», предназначен для представления в графическом и табличном виде фактических и аналитических данных о технологических объектах газотранспортных систем (ГТС) ЕСГ в привязке к их географическому положению.

ГИС обеспечивают удобное для восприятия и анализа представление расчетных и аналитических данных для диспетчеров и поддержку принятия управленческих решений для руководителей. Они позволяют сформировать единое визуальное пространство газового предприятия, с помощью которого пользователь получает возможность охватить взглядом всю территориально-распределенную организацию во взаимосвязи ее объектов: линейно-протяженных (газопроводов) и «точечных» (насосных станций, крановых, замерных узлов и т.д.) — на картографической основе. Отличие ГИС, разработанных «НЕОЛАНТ», состоит в том, что в них могут встраиваться функции решения аналитических задач.

Далее на примере ГИС ЕСГ рассмотрены этапы создания системы на основе ГИС-технологий.

Инициатива тематического наполнения системы исходит от заказчика, так как именно он осознает задачи, которые ГИС должна решать. По желанию заказчика могут быть реализованы любые задачи, которые можно описать с помощью SQL-запросов\*.

Затем формируется ГИС, в которой к карте территории предприятия привязана схема распо-

\* SQL — Structured Query Language.

ложения его объектов и сетей, также проводится паспортизация объектов. Объекты распознаются и связываются с графическими элементами, обозначающими их на карте, с помощью системы кодов-классификаторов. Затем создается интерфейс под каждую задачу заказчика.

Интерфейс системы формируется таким образом, чтобы для ее настройки не требовалось никаких специальных знаний и пользователи — сотрудники заказчика — могли сами ее настраивать. В связи с постоянным расширением спектра задач, которые должны быть автоматизированы, система может развиваться.

В настоящее время ГИС необходимы на распределенных на большой территории предприятиях. ГИС ЕСГ — яркий пример территориально-распределенной разработки: в создании этого решения принимали участие ООО «Газпром ВНИИГАЗ» (Московская область), «НЕОЛАНТ» (г. Москва) и «НЕОЛАНТ-Тенакс» (г. Калининград).

В ГИС ЕСГ использованы следующие программно-аппаратные средства и технологии:

ГИС MapInfo/MapXStream, СУБД Oracle, платформа разработки приложений Microsoft.NET.

В качестве основы для отображения информации используется общая типовая схема ЕСГ. На сегодняшний день на ней визуализируются фактическое состояние газопроводов и объектов, результаты оперативного анализа пропускной способности участков ГТС, а также маршруты поставок газа от источника к потребителям по магистральным газопроводам ЕСГ ОАО «Газпром».

К функциональным возможностям комплекса относятся:

- отображение паспортно-технологической информации об объектах ГТС ЕСГ;
- поиск объектов по атрибутивным параметрам;
- визуализация результатов выполнения расчетных задач заказчика на схеме ЕСГ РФ и в табличном виде, а также экспорт результатов в MS Excel для использования в других системах. Информация может быть выведена на экран по каждой задаче в отдельности или по нескольким

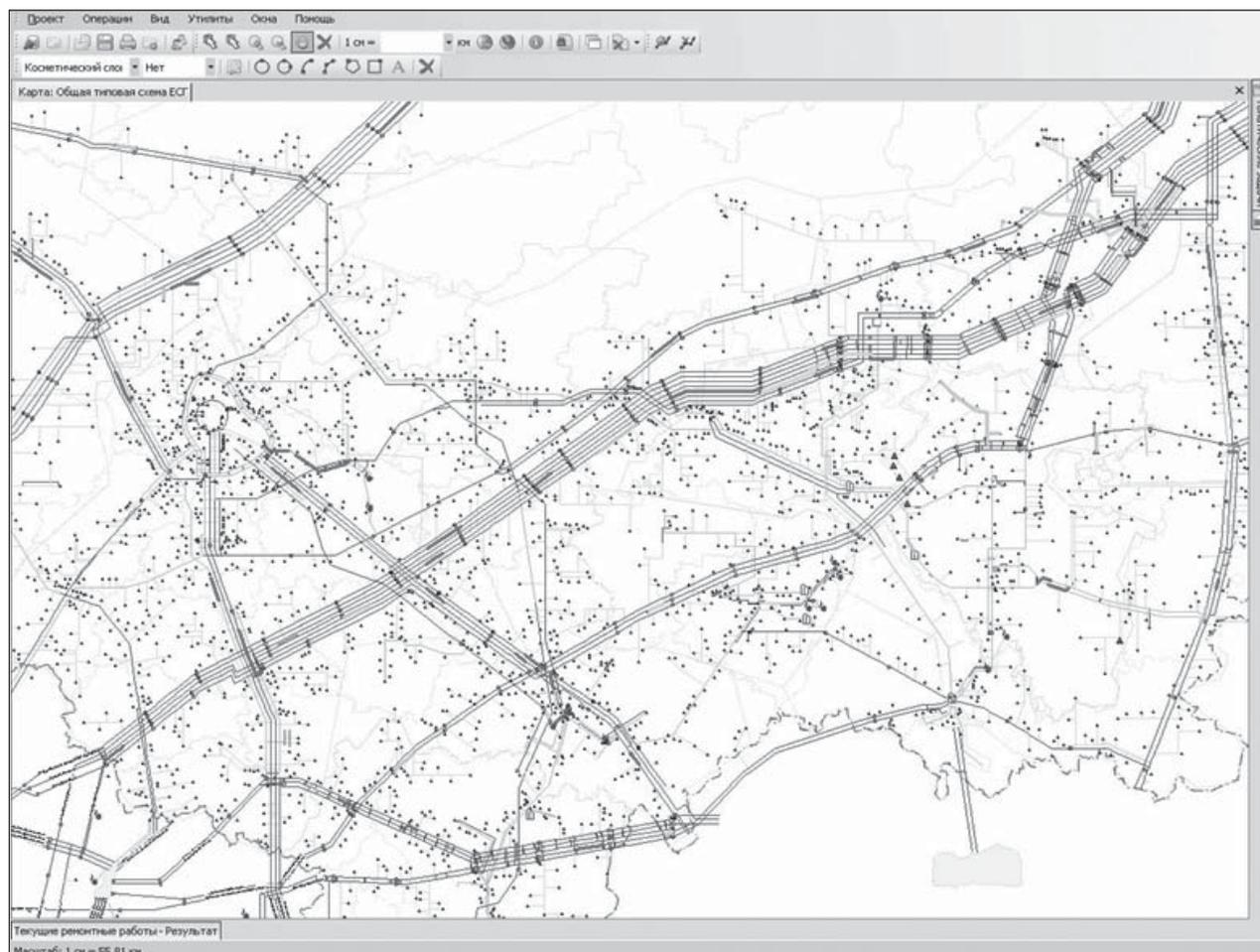


Рис. 1. Отображение ремонтных работ на ГИС ЕСГ

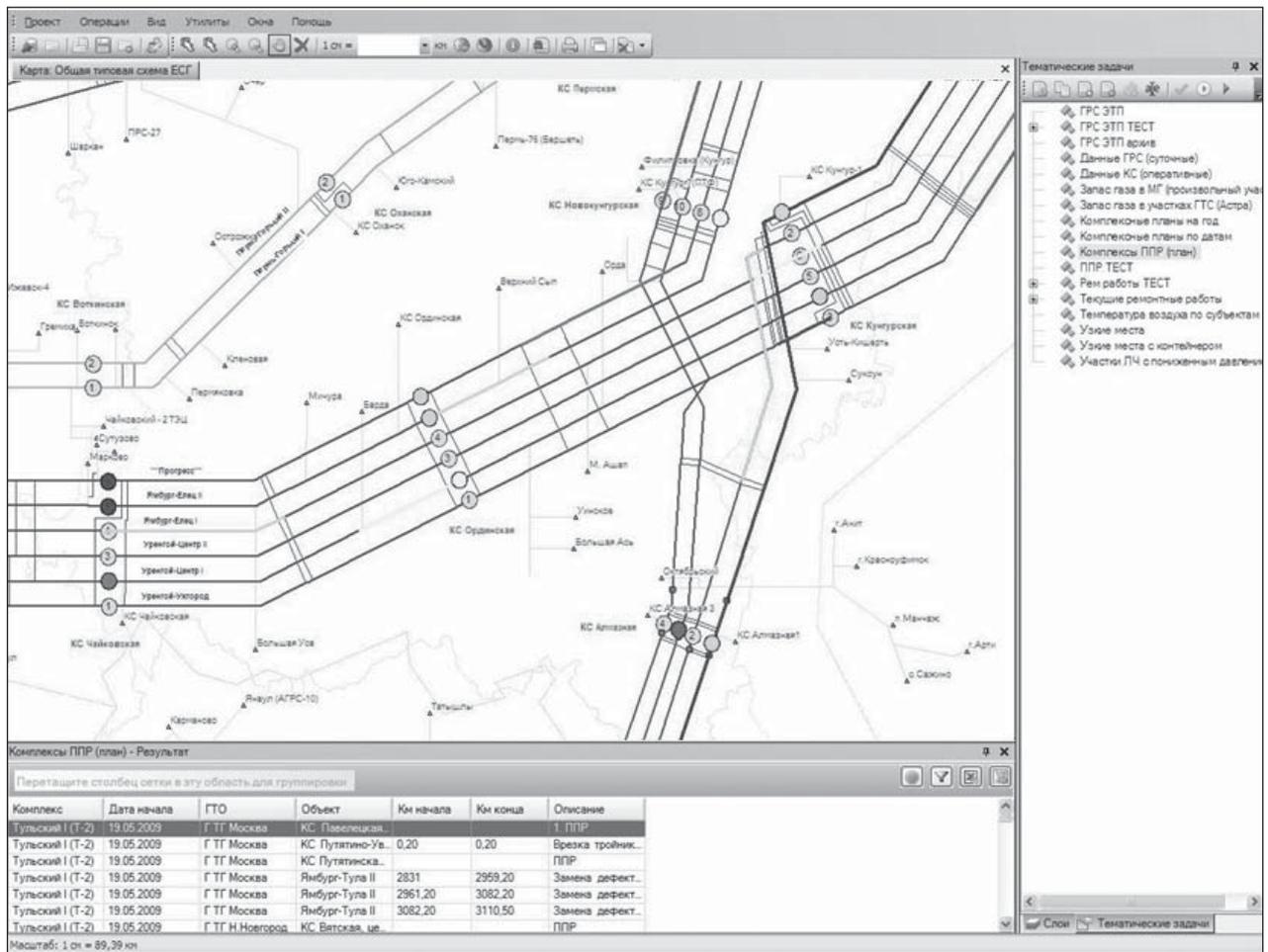


Рис. 2. Визуализация плана выполнения комплексов ППР на участке ГТС ЕСГ

задачам одновременно, если требуется их отображение во взаимосвязи.

Рассмотрим несколько задач, отображение и реализацию которых обеспечивает ГИС ЕСГ РФ на настоящий момент.

1. Контроль и согласование проведения ремонтных и диагностических работ на объектах ЕСГ РФ. В качестве примера на рис. 1 обозначено состояние ремонтных работ на разных участках газопроводов. ГИС позволяет принять первичное решение о возможности ремонта, например, отследить, не препятствует ли проведение ремонта на определенном участке движению общих потоков газа.

2. Проведение визуальной проверки правильности составления плана-графика ремонтных и диагностических работ на год, выявление и анализ пространственных и временных противоречий. Система помогает оптимизировать последовательность выполнения работ в течение года благодаря выявлению ошибок планирования, например, наличия одновременно нескольких ремонтов на одной линии газопровода, что

может привести к возникновению аварийной ситуации.

3. Планирование выполнения комплексов планово-предупредительных работ (ППР) для оптимизации транспортировки потоков газа как по времени, так и по направлению (рис. 2).

4. Выявление «узких мест», т.е. участков с предельной загрузкой в системах магистральных газопроводов, как показано на рис. 3. Данная возможность ГИС используется руководителями для принятия решений о своевременном ремонте, замене, реконструкции трубопровода и др.

5. Отслеживание запасов газа внутри газопроводов и поддержание их на оптимальном уровне. Решение этой задачи необходимо для обеспечения своевременной поставки достаточного количества газа и предупреждения возникновения непредвиденных ситуаций, т.е. для выполнения контрактных обязательств перед потребителями. На рис. 4 представлено отображение изменения запасов газа на участке газопровода за период времени.

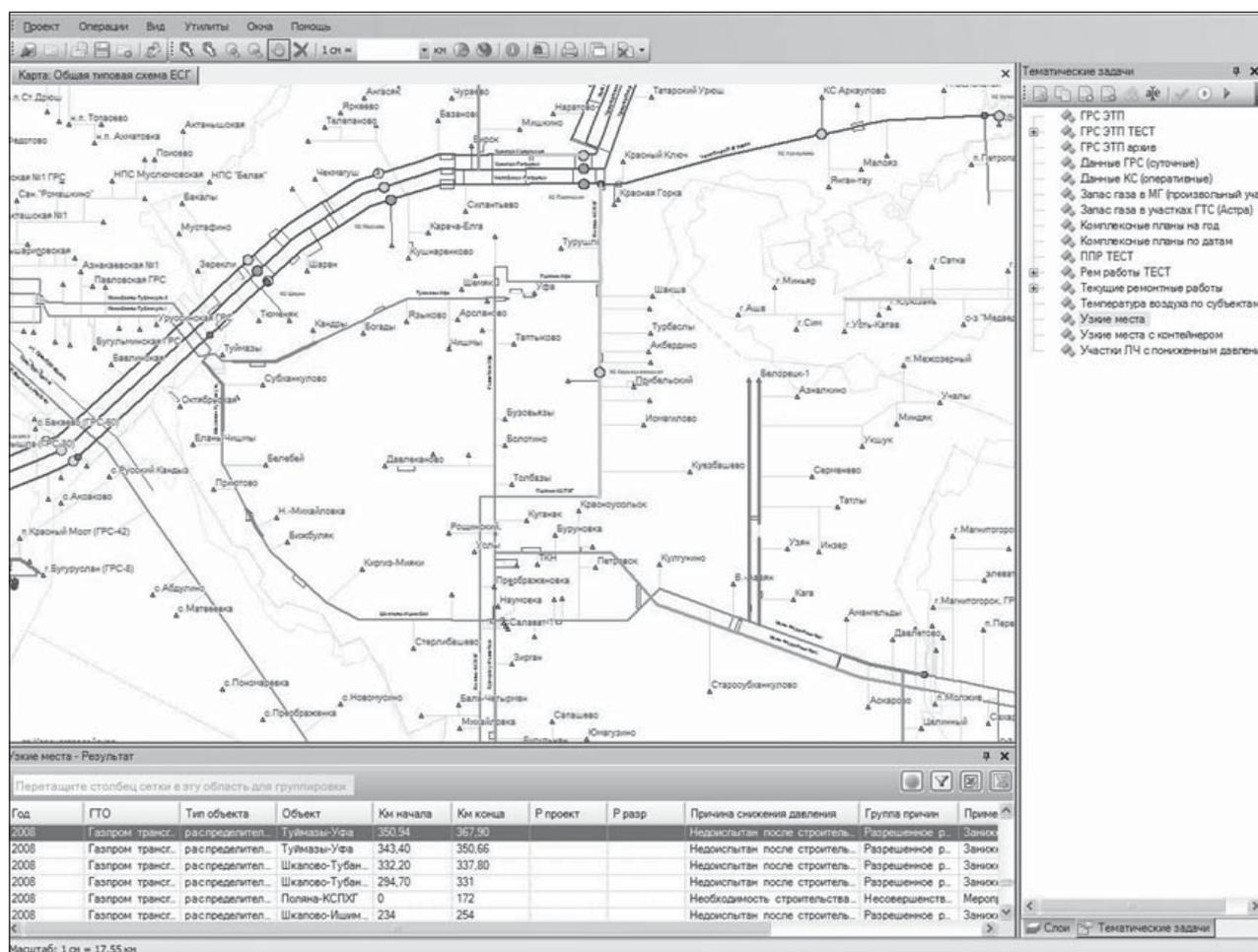


Рис. 3. Отображение «узких мест» разного типа на участке ГТС ЕСГ

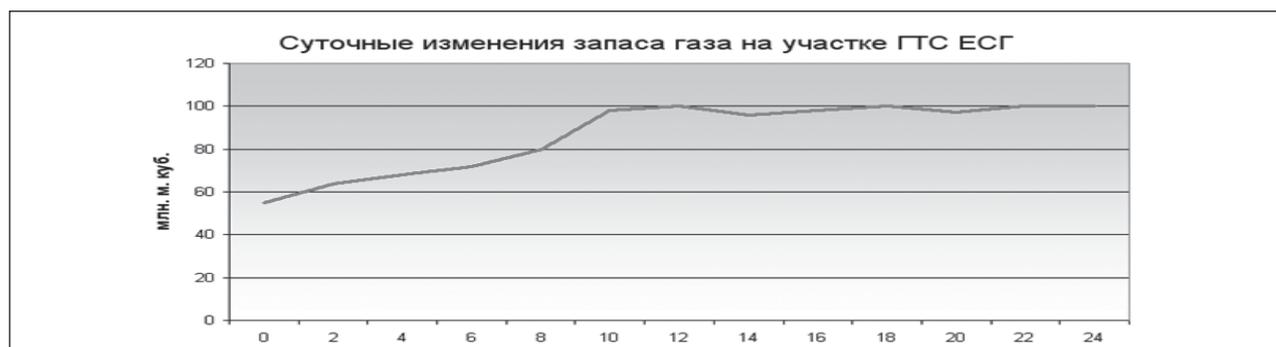


Рис. 4. Суточные изменения запасов газа внутри газопровода

6. С помощью ГИС возможно решение и других задач: составление прогнозов газопотребления, отображение маршрутов транспортировки газа и т.д.

Одной из ведущих компаний в области разработки корпоративных ГИС для нефтегазодобывающих организаций является «НЕОЛАНТ». На настоящий момент разработанные в компании ГИС-решения охватывают все стадии жизненного цикла продукта отрасли: бурение,

добычу, транспортировку, переработку и сбыт. Также ведется разработка стандартов в области ГИС.

Сегодня межсистемная интеграция — крайне актуальная задача для нефтегазодобывающих компаний. Поэтому ГИС, разработанные «НЕОЛАНТ», представляют собой объединенную базу информации о предприятии, с которой интегрируются уже работающие в организации системы.

Создавая информационные системы, компания разрабатывает принципиально новые подходы, например, временная шкала («timeliner») позволяет моделировать предполагаемое развитие месторождения на протяженном отрезке времени, а адаптивное связывание данных позволяет автоматически формировать базу данных системы благодаря присвоению отдельного кода каждому источнику информации.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что успешное функционирование современных предприятий газовой отрасли невозможно без внедрения информационных систем корпоративного уровня по поддержке принятия управленческих решений, а эффективной может быть только та информационная система, в которой реализовано согласованное функционирование всех элементов предприятия, например, ГИС.

M. N. Yurchenko

### **Geoinformation Systems for Decisions Dispatching and Management Problems of Gas Industry Companies**

*Opportunities of geoinformation technologies for solving dispatching and management problems of gas industry companies were demonstrated, as an example of real system operation a geoinformation system of unified gas supply system of the Russian Federation was also considered in detail.*

**Keywords:** geoinformation systems (GIS), gas supply, gas transportation systems, unified gas supply system of the Russian Federation.

---

## **Вниманию специалистов!**

**В. Е. Емельянов**

### **ПРОИЗВОДСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ**

В книге изложены требования к качеству вырабатываемых и перспективных автомобильных бензинов.

Приведено краткое описание современных технологических процессов переработки нефти с целью получения бензиновых компонентов. Рассмотрено производство различных оксигенатов — высокооктановых кислородсодержащих соединений, применяемых в составе автобензинов.

Подробно охарактеризованы физические, химические и эксплуатационные свойства различных бензиновых компонентов, а также присадок и добавок для улучшения эксплуатационных свойств.

Рассмотрены вопросы контроля качества, транспортирования, хранения и применения автобензинов.

Монография предназначена для инженерно-технических работников предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, работников автотранспортных предприятий, а также бизнесменов, экономистов и менеджеров этих отраслей.

**М.: Издательство «Техника», 2008. — 192 с.**

**В. Е. Емельянов, В. Н. Скворцов**

### **МОТОРНЫЕ ТОПЛИВА: АНТИДЕТОНАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ**

Приведены сведения о требованиях к качеству и технологии производства моторных топлив, методах оценки их детонационной стойкости и воспламеняемости. Изложены основные теоретические и практические вопросы, относящиеся к определению детонационной стойкости и воспламеняемости моторных топлив на современных одноцилиндровых установках, их техническое обслуживание, а также новейшие достижения техники в области усовершенствования установок и методов испытаний.

Книга предназначена в качестве практического руководства для работников лабораторий нефтеперерабатывающих и нефтесбытовых предприятий, для работников автомобильного и воздушного транспорта и других отраслей, а также широкому кругу инженерно-технических работников, будет полезна аспирантам и студентам вузов и техникумов.

**М.: Издательство «Техника», 2006. — 192 с.**

## Безопасность производства — приоритет успешного предприятия

Ю. М. Касюк, О. А. Дружинин, А. Ф. Бурюкин,  
А. М. Лепихин, В. П. Твердохлебов, Ф. А. Бурюкин  
ОАО «Ачинский НПЗ ВНК»

*Одним из существенных источников снижения экономической эффективности промышленных предприятий являются аварии и катастрофы, обусловленные износом основных фондов. Для повышения эффективности предприятия необходима целенаправленная экономическая политика управления промышленной безопасностью предприятий, ориентированная на снижение риска аварий.*

**Ключевые слова:** опасные производственные объекты, аварии, охрана труда, промышленная безопасность, производственный контроль, затраты на предупредительные мероприятия, система управления безопасностью труда.

Современное развитие производительных сил сопровождается непрерывным увеличением числа аварий и катастроф. При этом наблюдается весьма тревожная тенденция роста числа крупных аварий, приводящих к многочисленным жертвам среди населения и персонала, значительному ущербу окружающей среде и масштабным материальным потерям.

Реформирование экономики России в последнее десятилетие существенно изменяет отраслевую и региональную структуры промышленности. Значительный моральный и физический износ основных фондов, снижение квалификации персонала, неустойчивость энергоснабжения и неуклонный рост числа аварий на промышленных объектах приводят к необходимости проведения анализа инвестиционных программ с учетом риска аварий.

В России в настоящее время насчитывается более 200 тыс. опасных производственных объектов (ОПО), включая объекты добычи и переработки нефти и газа. Надежность эксплуатации ОПО зависит от множества организационных, технических и личностных факторов. Несбалансированность или несоблюдение любого из них неизбежно ведет к технологическим сбоям, инцидентам или авариям.

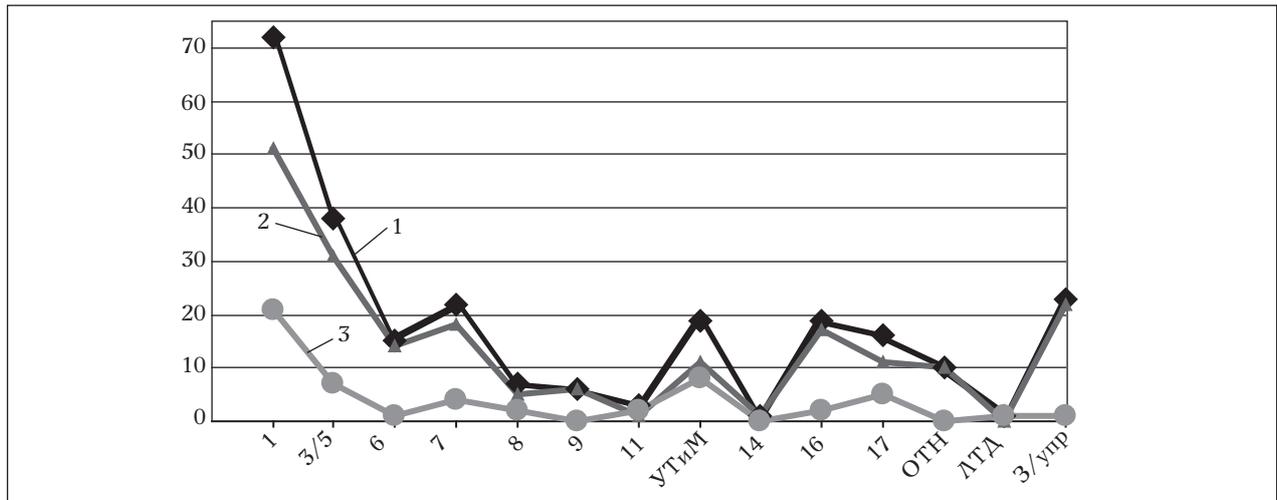
Статистический анализ аварий по Сибири показал, что наиболее рискоопасными территориями являются Красноярский край, Кемеровская и Иркутская области, где имеют место самое большое число ОПО — 360 единиц и самые масштабные зоны поражения — 130 тыс. км<sup>2</sup>.

Наибольшую угрозу представляют аварии на химически опасных и взрывопожароопасных объектах. Средние ущербы от таких аварий оказываются сопоставимы с последствиями от стихийных бедствий и составляют миллионы рублей.

В связи с этим требуется создание на предприятиях безопасных условий производства с точки зрения жестких международных стандартов, в которых системный подход является основным. На ОАО «Ачинский НПЗ ВНК», являющимся частью НК «Роснефть», достаточно эффективно действует единая система управления охраной труда и промышленной безопасностью (ОТ и ПБ).

Для достижения целей стратегии «Политики ОАО «АНПЗ ВНК» в области охраны труда и промышленной безопасности» выполняются мероприятия, направленные на улучшение условий труда на рабочих местах, повышение уровня промышленной безопасности, обеспечение средствами индивидуальной защиты, аттестацию рабочих мест, оздоровление сотрудников, страхование гражданской ответственности. Положения системы ОТ и ПБ, закрепленные в Стандартах и Положениях предприятия, определяют функции всех должностных лиц (от генерального директора до непосредственных исполнителей — начальников, механиков установок, мастеров участков в составе комиссий комплексных, целевых и оперативных проверок) по проведению производственного контроля.

Основной формой профилактики возникновения аварийных ситуаций и пожаров, травматизма, нарушения норм промышленной санитарии является организация трехступенчатого контроля, который регламентируется «Положением о производственном контроле на опасных производственных объектах», согласованным с руководителем Енисейского межрегионального территориального Управления Ростехнадзора. Выявление недостатков обеспечивает снижение риска производственного травматизма, особенно в период ремонтных работ на технологических установках. Для реализации этих целей



Количество нарушителей по цехам и службам за 2007 г.: 1 — всего; 2 — ИТР; 3 — рабочих

службами главных специалистов Ачинского НПЗ в 2007 г. проведены 72 целевых проверки соблюдения требований промышленной безопасности и безопасности труда в цехах предприятия, при этом выявлено и предложено к устранению 1497 замечаний (для сравнения: в 2006 г. 35 проверок, 1175 замечаний).

Службой ОТ и ПБ предприятия ведется постоянный сбор и аналитическая обработка статистических данных по различным видам нарушений (см. рисунок), с целью своевременного принятия адекватных комплексных мер.

Основная цель любого производства, как известно, — получение прибыли. Очевидно, что и аварии, и несчастные случаи приводят к затратам на покрытие ущерба и снижению прибыли предприятия. Для снижения ущерба от аварий и несчастных случаев необходимо воздействие на уровень риска посредством процедур идентификации опасностей, оценки и анализа риска, разработки мероприятий по его снижению.

Применительно к регионам Сибири наибольший интерес представляют механизмы стимулирования снижения риска и комплексной оценки социально-экономического уровня безопасности предприятия, поскольку они дают возможность непосредственно связывать затраты на предупредительные мероприятия и получаемый от них эффект. Причем эти затраты могут быть направлены непосредственно в производственную сферу на совершенствование технологий, обновление основных производственных фондов, повышение надежности оборудования, обеспечение безопасности рабочих мест.

Рассмотрим один из методических подходов к формированию экономической политики на

основе оптимизации затрат, направленных на предупредительные мероприятия по снижению риска аварий. Выделим три группы затрат на снижение риска аварий:

- затраты  $Z_1$  на предотвращение аварий и снижение их вероятности;
- затраты  $Z_2$  на ограничение последствий аварий;
- затраты  $Z_3$  на ликвидацию последствий аварий и компенсацию ущерба, включая страховые выплаты.

С учетом введенных обозначений и фактора времени  $t$  общие затраты на предупредительные мероприятия можно представить как

$$Z_n(t) = Z_1(t) + Z_2(t) + Z_3. \quad (1)$$

Указанные затраты будем рассматривать как инвестиции в повышение безопасности с целью максимизации чистого дисконтированного дохода.

Далее сформулируем оптимизационную задачу вида

$$Z_n(t) = \Phi(X, t) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $Z$  — целевая функция;  $X$  — параметры.

Тогда схема задачи оценки эффективности инвестиций будет выглядеть следующим образом. На первом этапе проводится анализ структуры фактических затрат на исследуемых промышленных предприятиях. На втором этапе определяются возможные сценарии затрат на предупредительные мероприятия и диапазоны вариаций указанных компонент затрат. На третьем этапе решается оптимизационная задача и осуществляется поиск оптимальной структуры  $Z_n$ , обеспечивающей максимальный чистый дисконтированный доход предприятия.

Для решения задачи (2) зададим характер функции  $Z_n$  в следующей форме

$$Z_n = \alpha Z_1 + \beta Z_2 + \gamma Z_3, \quad (3)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  — параметры, характеризующие доли затрат на снижение вероятности аварий, локализацию ущербов и ликвидацию последствий.

В первом приближении параметры  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  можно оценить статистически по имеющимся данным о затратах и ущербах. Согласно данным экспертных центров НПП «СибЭРА» и «Регионтехсервис», можно указать следующие диапазоны рассматриваемых параметров в долях стоимости  $C$  оборудования:

$$\alpha = 0,01C - 0,3C; \quad \beta = 0,001C - 0,1C; \\ \gamma = 0,25C - 1,5C.$$

Исходя из этого были проведены вариантыные расчеты структуры оптимальных затрат для ОАО «АНПЗ ВНК» и получены следующие значения параметров:  $\alpha = 0,28C$ ,  $\beta = 0,14C$ . Из полученных данных вариантыных расчетов структуры оптимальных затрат следует, что в зависимости от значений варьируемых параметров, значения оптимальных затрат могут колебаться в достаточно широких пределах – от нескольких миллионов до многих десятков миллионов рублей. При этом показано, что структура существующих фактических затрат является оптимальной.

Для предотвращения аварий и снижения риска потерь на основании расчетов разрабатываются комплексные инвестиционные программы, направленные на реализацию мероприятий по повышению уровня промышленной безопасности. Основой для этого являются положения Федерального закона №116, определяющего основные направления по обеспечению промышленной безопасности производственных объектов.

Важнейшее условие при создании системы управления безопасностью труда (СУБТ) — соответствие этой системы современным Российским требованиям и международным стандартам систем управления качеством, безопасностью и здоровьем. Одним из основополагающих документов в этой области является Международный стандарт ОН SAS 18001 — «Система менеджмента профессиональной безопасностью и здоровьем — Спецификация». Он применим к любой организации, которая стремится:

- создать систему менеджмента для устранения и минимизации риска для сотрудников;
- внедрить, поддерживать и постоянно улучшать систему менеджмента профессиональной безопасностью;

- убедиться в своем соответствии установленной Политике в области ОТ и ПБ.

В феврале 2006 г. Ачинский НПЗ получил сертификат соответствия данной системы менеджмента международному стандарту ОН SAS 18001.

Основой для оценки состояния СУБТ являются оценка и анализ риска. При этом предполагается не только классическая оценка, проводимая при составлении декларации промышленной безопасности объекта, но и текущая оценка риска, выполняемая по упрощенным методикам с целесообразной периодичностью, что позволяет корректировать деятельность предприятия и влиять на состояние промышленной безопасности.

Однако только оценки и анализа риска для эффективной работы СУБТ на предприятии недостаточно. Необходимо учитывать и другие факторы, например знание персоналом правил безопасной работы на оборудовании; квалификацию персонала; своевременность выполнения технологических операций, влияющих на безопасность труда; проведение всех видов инструктажей; состояние производственной дисциплины. Поэтому система обучения персонала на ОАО «АНПЗ ВНК» предусматривает не просто проведение предаттестационных занятий, но и организацию многоуровневой и непрерывной подготовки. Широкое применение находят компьютерные тренажеры, с помощью которых у работников формируются навыки по управлению заданным технологическим режимом и локализации возможных аварийных ситуаций.

Эффективность системы управления ОТ и ПБ зависит и от технической оснащенности структурных подразделений, их укомплектованности специалистами. Приборы контроля технологического режима, блокировки и сигнализации расположены непосредственно на технологическом оборудовании. Все потенциально опасные технологические процессы находятся под контролем систем СБ и КОМПАКС. Работу специалистов отдела технического надзора, инженеров по производственному контролю и охране труда, лаборантов невозможно представить без электронных средств измерения и компьютеров.

Современные средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожного покрова позволяют выполнять ремонтные и аварийно-восстановительные работы в агрессивной и вредной для пребывания человека среде без угрозы для здоровья.

На предприятии имеются необходимые технические возможности для ликвидации

последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, возгораний. Налажено взаимодействие и координация между заводскими службами, отвечающими за охрану объектов, экологическую, пожарную и газовую безопасность.

Таким образом, при определении обобщенного показателя безопасности труда необходимо вводить непереносимое условие, состоящее в том, что если величина хотя бы одного из показателей вышла за допустимые пределы, то обобщенный показатель не может удовлетворять требованиям безопасности труда.

Гибкий системный подход к вопросам ОТ и ПБ помогает выстраивать работу исходя из перспектив динамично развивающегося пред-

приятия. Переход на качественно новые виды продукции и прогрессивные технологии требует повышения уровня промышленной безопасности и знаний в этой области.

Создание безопасных условий труда на современном производстве — одно из приоритетных направлений технической политики предприятия. Положительная динамика снижения травматизма и аварийности свидетельствует о том, что состояние охраны труда и промышленной безопасности на Ачинском НПЗ находится на современном уровне, а профессионализм специалистов всех служб достаточно высок. Благодаря этому в течение последних 10 лет аварийных ситуаций на предприятии не зарегистрировано.

Yu. M. Kasyuk, O. A. Druzhinin, A. F. Buryukin, A. M. Lepikhin, V. P. Tverdokhlebov, F. A. Buryukin

### **Industrial Safety – a Priority of a Successful Enterprise**

*Incidents and large-scale accidents due to wear of fixed assets are one of essential sources of enterprise economic efficiency decrease. Goal-directed economic policy of industrial safety management, directed to incident risk decrease is needed to increase enterprise efficiency.*

**Keywords:** hazardous production facilities, incidents, labor protection, industrial safety, manufacturing control, expenditures connected with preventive measures, health management system.

## **Вниманию специалистов!**

**Т. В. Бухаркина, С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, Б. П. Туманян**

### **ХИМИЯ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Рассмотрены основные физико-химические свойства природных углеродсодержащих энергоносителей — углей, нефтей, углеводородных газов. Особое внимание отводится природным и синтетическим формам свободного углерода. Приводятся механизмы химических превращений углеводородов в технологиях их переработки.

**М.: Издательство «Техника», 2009. — 204 с.**

**В. А. Казарян**

### **ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ И ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ**

В книге рассмотрены методы исследования и конструкции приборов для измерения плотности, вязкости и теплопроводности газов и жидкостей в широком диапазоне давлений и температур. Приводится обширный справочный материал по теплофизическим свойствам индивидуальных углеводородов, газовых конденсатов и их фракций.

Книга интересна инженерно-техническим работникам научно-исследовательских институтов и проектных организаций нефтегазовой отрасли.

**М.: Издательство «Техника», 2002. — 448 с.**

## Загрязнение биосферы тяжелыми металлами

А. Ф. Туманян

Российский университет дружбы народов

*В результате развития промышленности, транспорта, энергетики и сельского хозяйства возрастает антропогенное воздействие на природную среду, что приводит к развитию процессов техногенеза.*

*Решение проблемы получения экологически безопасной продукции на загрязненных территориях невозможно без учета миграции и аккумуляции тяжелых металлов в почвенном профиле.*

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, почва, растения.

Загрязнение природной среды, особенно тяжелыми металлами (ТМ), — один из наиболее значительных факторов разрушения компонентов биосферы. К тяжелым металлам относятся свыше 40 химических элементов с атомными весами, превышающими 50 атомных единиц. По содержанию в земной коре ( $n \cdot 10^{-6}$ – $n \cdot 10^{-2}$ % мас.) большинство тяжелых металлов относится к редким, а по распределению — к рассеянным элементам. Все эти особенности обуславливают их высокую биохимическую и физиологическую активность [1].

Не все тяжелые металлы токсичны. В эту группу входят медь, цинк, молибден, кобальт, марганец — микроэлементы, имеющие важное биологическое значение в жизни теплокровных, растений и микроорганизмов. Поэтому понятия «микроэлементы» и «тяжелые металлы» относятся к одним и тем же элементам и основаны скорее на их содержании в объектах окружающей среды [2]. Справедливо использовать понятие «тяжелые металлы», когда речь идет об опасных для животных концентрациях, и говорить об этих же металлах, как о микроэлементах в тех случаях, когда они находятся в почве, воде, растениях и организме в малых концентрациях.

Источники тяжелых металлов (микроэлементов) подразделяются на природные и техногенные. К природным относятся выветривание горных пород и минералов, эрозионные процессы, вулканическая деятельность; к техногенным — добыча и переработка полезных ископаемых, сжигание топлива, транспорт, внесение удобрений. Значительным источником загрязнения может служить орошение водами с повышенным содержанием тяжелых металлов, внесение осадков сточных вод (ОСВ) в почвы в качестве удобрения.

Содержание и состав тяжелых металлов в растениях с различной степенью точности коррелируют с содержанием тяжелых металлов в почве, поэтому первой и наиболее важной задачей является нормирование токсических веществ

именно в почве, что имеет свои специфические особенности.

При разработке ПДК тяжелых металлов в почве используются данные о количестве их валовых форм. Этот принцип нашел наибольшее распространение.

При антропогенном загрязнении окружающей среды тяжелые металлы накапливаются в почве чаще всего совместно. При этом возможны как синергические, так и антагонистические взаимодействия между ними. Являясь мощным поглотителем тяжелых металлов, почва способна трансформировать попадающие в нее соединения и элементы и прочно связывать их, снижая поступление токсикантов в растения и почвенно-грунтовые воды. Однако емкость почвы не беспредельна: чем меньше в ней гумуса и тонкодисперсных минеральных частиц, тем емкость ниже.

Тяжелые металлы, поступающие на поверхность почвы, накапливаются в почвенной толще, особенно в верхних гумусовых горизонтах и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции. Первый период полуудаления, т.е. удаления половины от начальной концентрации ТМ, сильно варьирует для различных элементов, но является достаточно продолжительным: для Zn — от 70 до 510 лет; для Cd — от 13 до 110 лет; для Cu — от 310 до 1500 лет и для Pb — от 740 до 5900 лет.

Тяжелые металлы могут оказывать сильное токсическое действие на живые организмы вследствие их способности замещать микроэлементы в реакционных центрах ферментов и изменять их функцию, участвовать в нуклеиновом обмене, биосинтезе белков, катализировать реакции вне фермента. По степени опасности химические элементы подразделяются на три класса: I — высокоопасные; II — умеренноопасные; III — малоопасные.

При оценке опасности загрязнения почв аграрных экосистем химическими веществами учитываются следующие показатели: фактиче-

ские уровни содержания элемента, класс опасности, буферность почвы, влияющая на подвижность элементов и характер землепользования. Распределение химических веществ, попадающих в почву с выбросами, сбросами, отходами по классам опасности [3] приведено ниже:

I: мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор;

II: бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром;

III: барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций.

Как видно, среди тяжелых металлов приоритетными загрязнителями являются Hg, Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, Ni. Они поступают в организм человека и сельскохозяйственных животных в основном с растительной пищей, воздухом и водой.

Опасность представляют высокие концентрации тяжелых металлов в почве и их избыточное поступление в организм человека и животных, откуда эти металлы очень медленно выводятся, накапливаясь, главным образом, в почках и печени. Кроме того, постоянное потребление растительной продукции даже со слабо загрязненных почв может привести к кумулятивному эффекту, т.е. к постепенному увеличению содержания тяжелых металлов в организме. Для человека признаки отравления тяжелыми металлами отмечаются при содержании в организме: ртути — 100–200 мкг/кг, свинца — 200–400 мкг/л крови, меди — 60–100 мкг/кг, кадмия — около 20 мкг/л крови. Предельно допустимой концентрацией ртути в крови человека считается 20 мкг/л, свинца — 600–1000 мкг/л [4].

Почва — весьма специфический компонент биосферы. Она не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и выступает как природный буфер, контролирующий перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество. Уровни накопления металлов в почвах определяются несколькими факторами: составом почвообразующих пород, типами выветривания и почвообразования, типовой принадлежностью почв, гумусированностью, гранулометрическим составом, кислотно-основными свойствами и др.

Валовое содержание элементов в естественных незагрязненных почвах обусловлено рядом факторов, основными из которых являются направленность и интенсивность процессов почвообразования, а также содержание этих элементов в материнской породе. Концентрация ряда ТМ в почвообразующих породах приведена в таблице. Ведущую роль в формировании количественных уровней данных элементов в почве играют

генезис, петрохимия, различия материнского субстрата и процессы почвообразования. Кроме того, содержание элементов в почве связано с содержанием в ней органического вещества, реакцией среды, биологическим круговоротом элементов, механическим составом, процессами миграции элементов в почвенно-грунтовой среде и неоднородностью видового состава растительного покрова.

Велика зависимость поведения металлов в почве от ее гранулометрического состава, прежде всего от содержания глинистых минералов и полуторных оксидов, способных удерживать металлы в результате ионного обмена, хемосорбции, осаждения и окклюзии. В состав глинистых минералов входят каолинит, монтмориллонит, иллиты, хлориты, вермикулит. Они содержат незначительное количество микроэлементов, однако обладают большой сорбционной емкостью по отношению к тяжелым металлам. Еще большие количества ТМ аккумулированы в оксидах железа. В целом, обменная емкость различных типов глинистых минералов изменяется в следующей последовательности:

монтмориллонит > вермикулит > иллит,  
хлорит > каолинит > галлуазит.

Способность глин связывать ионы металлов коррелирует с их емкостью обмена — чем больше емкость, тем больше количество адсорбированных катионов.

Поглощение тяжелых металлов почвами в значительной мере обусловлено реакцией среды, а также ионным составом почвенного раствора. В окислительных условиях, при снижении pH растворимость металлов увеличивается, а в восстановительных — уменьшается для большинства металлов. В кислой среде преимущественно сорбируются свинец, цинк, медь, в щелочной — кадмий и кобальт. В присутствии хлор-ионов поглощение металлов происходит интенсивнее. Кислые почвы обладают значительно меньшей способностью удерживать тяжелые металлы, чем нейтральные. Установлено, что для снижения доступности тяжелых металлов до минимального уровня необходимо поддерживать величину pH почв на уровне 6,5.

При оценке внешних факторов, воздействующих на миграцию химических элементов в почвах, необходимо отметить значительную роль гидрологического режима и форм рельефа, которые определяют интенсивность внутрипочвенного и поверхностного стока и сезонные изменения запасов влаги. Однако помимо природных факторов, следует учитывать и огромное

**Содержание ряда тяжелых металлов в почвообразующих породах [5]**

Элемент	Содержание, мг/кг				
	литосфера	земная кора	основные породы	кислые породы	осадочные породы
Cr	200	300	300	25	160
Mn	900	1000	2200	600	670
Cd	0,5	5	0,19	0,10	0,30
Co	30	20	45	5	23
Ni	80	200	160	8	95
Cu	100	100	140	30	57
Mo	3	10	1,4	1,9	2,0
Zn	50	200	130	60	80
Hg	0,07	0,05	0,09	0,04	0,40
Sr	400	350	440	300	450
Pb	16	16	8	2	20

воздействие, которое оказывает на природные среды хозяйственная деятельность человека.

Результатом совокупного действия различных механизмов миграции тяжелых металлов являются различия в характере профильного распределения элементов. Общеизвестно, что как радиальная, так и латеральная миграция макро- и микроэлементов в значительной мере зависит от свойств почвообразующих пород.

Характер профильного распределения ТМ в естественных и техногенных ландшафтах существенно различается. Так, для техногенных территорий, независимо от типа почвы, характерен регрессивно-аккумулятивный тип распределения, проявляющийся в значительном накоплении ТМ в гумусовом горизонте и резком снижении их содержания в нижележащих горизонтах. Основная часть подвижных соединений ТМ приурочена к гумусовому или корнеобитаемым горизонтам почвы, в которых активно происходят биохимические процессы и велико содержание органических веществ.

Тяжелые металлы, входящие в состав органических комплексов, обладают высокой мобильностью. В. Б. Ильин [6] указывает на возможность накопления тяжелых металлов в иллювиальном и карбонатном горизонтах, в которые попадают мигрирующие из вышележащего слоя тонкодисперсные частицы, насыщенные тяжелыми металлами, и водорастворимые формы элементов. В иллювиальном и карбонатном горизонтах металлосодержащие соединения выпадают в осадок. Этому в наибольшей степени способствует резкое повышение рН указанных горизонтов, обусловленное наличием карбонатов.

Валовое содержание цинка в серых лесных почвах значительно меньше, чем в пойменных,

особенно существенными являются различия в его содержании в верхнем 20-сантиметровом слое почвы. Подвижность цинка в два раза выше в верхних слоях почвы (0–60 см), чем в нижних.

Содержание никеля в почвах Подмоскovie колеблется в пределах 28–33 мг/кг, тогда как в серых лесных почвах Рязанской области — в пределах 33–137 мг/кг. Содержание никеля по профилю серых лесных почв убывает до глубины 80 см, а затем несколько возрастает на глубине 80–100 см.

Содержание меди в серых лесных почвах убывает по глубине профиля, ее подвижность в верхних слоях почвы (0–40 см) в 2 раза выше, чем в нижних.

Содержание хрома в серых лесных почвах повышается на глубине 20–80 см, а затем в слое 80–100 см выходит на уровень верхнего 20-сантиметрового слоя почвы.

Распределение кадмия хорошо согласуется с особенностями почвообразовательного процесса. В дерново-подзолистых почвах содержание кадмия всегда выше, чем в почвообразующих породах. Наиболее беден кадмием подзолистый горизонт этих почв, тогда как в гумусовом горизонте отчетливо проявляется его аккумуляция. В более тяжелых по гранулометрическому составу горизонтах содержание кадмия выше, чем в почвообразующих породах. Почвы дерново-подзолистой зоны более дифференцированы по профильному распределению кадмия, что связано с образованием ассоциаций с водными оксидами железа и алюминия.

Характерное распределение мышьяка в почвенном профиле в определенной степени зависит от типа почвы. В тяжелосуглинистом черноземе он распределен равномерно по всему

профилю аналогично распределению железа и илистой фракции. В подзолистых и бурых горно-лесных почвах распределение мышьяка носит элювиально-иллювиальный характер, максимальное его содержание находится в иллювиальных горизонтах. Для дерново-подзолистых почв характерно элювиальное распределение мышьяка. Накопление мышьяка в гумусовом горизонте большинства почв не наблюдается, т.е. аккумуляция мышьяка не связана с высоким содержанием гумуса.

Характер распределения свинца по профилю почвы аналогичен распределению органического вещества. Наибольшее содержание свинца наблюдается в верхнем 15-сантиметровом слое почвы. В кислых дерново-подзолистых почвах происходит транзитный перенос свинца из верхних в нижние горизонты. В дерново-подзолистых почвах иллювиальный горизонт содержит свинца в 1,5 раза больше, чем почвообразующие породы или верхние горизонты. Максимальное содержание подвижных форм свинца в серых лесных почвах отмечается в верхнем 20-сантиметровом слое, что составляет 39% его валовых запасов. В дерново-глеевых почвах основным барьером на пути передвижения свинца в условиях кислой реакции среды является глеевый горизонт, что обусловлено высоким содержанием в нем ила. Свинец в этом горизонте имеет малую подвижность, кроме того, при сильном оглеении возможно образование сульфидов.

Увеличение концентрации ионов водорода в почвенном растворе приводит к переходу слаборастворимых солей свинца в более растворимые, особенно характерен переход  $PbCO_3$  в  $Pb(HCO_3)_2$ . Кроме того, при подкислении уменьшается устойчивость свинцово-гумусных комплексов.

Содержание свинца связано с генетическими особенностями почв и уменьшается от черноземов выщелоченных к карбонатным и от глинистых почв к супесчаным [7]. В горных черноземных почвах распределение свинца тесно связано с содержанием гумуса в верхних слоях. В горных лесных почвах содержание свинца снижается от верхних богатых гумусом горизонтов к средней части профиля, а затем повышается в направлении к почвообразующей породе. В горно-луговых дерновых почвах валовое содержание свинца уменьшается вниз по профилю, при этом максимальные концентрации приурочены к гумусовому горизонту.

В дерново-подзолистых почвах ТМ содержатся преимущественно в гумусово-аккумулятивном горизонте. На дерново-подзолистых почвах

Прикамья Mn, Zn, Ni и Cu аккумулярованы в верхних горизонтах почв. Сильнозагрязненные дерново-подзолистые почвы, расположенные в зонах техногенного загрязнения, накапливают ТМ преимущественно в верхних горизонтах: 0–10 и 10–20 см.

Почвы иллювиально-гумусового и буроземного типов почвообразования, а также пойменные почвы также накапливают ТМ в гумусово-аккумулятивном горизонте. В подбурях и подзолах тяжелые металлы выносятся из верхней части почвенного профиля и накапливаются в иллювиальных горизонтах.

В почвах верховых болот марганец концентрируется в верхней части профиля; медь равномерно распределяется по всей толще торфяников; свинец, цинк, никель и кадмий в наибольших количествах содержатся в верхней части профиля.

В карбонатном черноземе и серой лесной почве максимальное содержание ТМ отмечается в гумусовых горизонтах, причем концентрация тяжелых металлов в дерновом горизонте серой лесной почвы выше, чем в Апах карбонатного чернозема.

Целинные почвы солонцовых комплексов (солонцы мелкие, светло-каштановые почвы) содержат максимальное количество тяжелых металлов в надсолонцовых горизонтах, солонцовых горизонтах и подстилающих слоях на глубине 175–185 см.

При загрязнении почв в результате техногенного воздействия характер распределения ТМ по профилю меняется, тогда как процессы распределения валового содержания ТМ по профилю естественных незагрязненных почв обусловлены содержанием элементов в материнской породе и определяются генезисом, петрохимией, различиями материнского субстрата и процессами почвообразования.

Степень негативного воздействия ТМ на растения определяется не столько их валовым количеством, сколько содержанием в почве мобильных соединений. Формы же соединений металлов и процессы их трансформации в большей степени обусловлены свойствами почв: типом и концентрацией анионов в почвенном растворе, формами гумусовых веществ, способных образовывать с катионами металлов разные по растворимости соединения, сорбционными процессами на поверхности твердой фазы почвы, а также свойствами самих металлов. Почва проявляет буферные свойства, переводя водорастворимые соединения металлов в труднорастворимые формы, а труднорастворимые — в более

мобильные. Другими словами, прослеживается конвергенция внесенных соединений элементов, их превращение в соединения, свойственные самой почве конкретного состава и свойств. Однако буферная способность почв не безгранична, с возрастанием экзогенных концентраций металлов постепенно увеличивается и количество соединений, в составе которых они поступают в почву [8].

В случае конкретного почвенно-климатического региона и наличия определенного типа растительности, доступность тяжелых металлов определяется свойствами почвы, изменяя которые можно существенно влиять на накопление тяжелых металлов в растительной продукции. К почвенным факторам относятся: гранулометрический состав, содержание органического вещества, реакция среды, емкость катионного обмена. К этим факторам также относятся содержание подвижных соединений фосфора и дренированность, однако все же подчеркивается их второстепенное значение.

Влияние содержания фосфатов в почве на доступность растениям тяжелых металлов аналогично влиянию реакции среды, что связано со слабой растворимостью солей тяжелых металлов, находящихся в форме ортофосфатов. С увеличением содержания в почве подвижных соединений фосфора повышается содержание труднодоступных для растений фосфатов тяжелых металлов.

В условиях сильноокислой реакции среды фосфорные удобрения могут существенно снижать подвижность тяжелых металлов в почве. Наряду с влиянием почвенных фосфатов на подвижность тяжелых металлов, в почве имеет место и противоположный процесс, заключающийся в снижении содержания в ней подвижных соединений фосфора, т.е. существует тесная динамичная обратная связь между содержанием соединений тяжелых металлов и подвижных фосфатов в почве. При этом следует иметь в виду, что наиболее ярко эта закономерность проявляется в почвах с кислой реакцией среды. В условиях интенсивного известкования связь между этими показателями ослабевает.

Гранулометрический состав почвы оказывает прямое влияние на подвижность тяжелых металлов. Опасность загрязнения растений, произрастающих на почвах тяжелого механического состава, значительно меньше, что связано с большей удерживающей способностью илистой фракции. На глинистых и суглинистых почвах токсичность тяжелых металлов проявляется слабее, чем на песчаных и супесчаных.

В почвах тяжелого гранулометрического состава, как правило, обнаруживаются более высокие концентрации ТМ. Так, в почвах с высоким содержанием глинистой и илистой фракций наблюдаются повышенные концентрации Ca, Mg и Fe. Глинистые минералы чаще всего сорбируют Cr, Cu, Ni, Zn, имеющие небольшой ионный радиус.

В суглинистых почвах при pH больше 6 тяжелые металлы остаются в верхних горизонтах. С увеличением кислотности почвы миграционная способность почти всех тяжелых металлов возрастает.

Органическое вещество играет одну из главных ролей в процессах регулирования миграции и сорбции тяжелых металлов. Емкость поглощения тяжелых металлов гумусом примерно в 4 раза выше, чем глиной. Прочно фиксируются органическим веществом свинец, медь, слабее — кадмий, кобальт, никель и марганец. Свинец и кадмий могут связываться только молекулами гумуса, так как из-за большого ионного радиуса они не способны проникать в глинистые минералы. При высоком содержании органического вещества в почве содержание подвижных форм меди, цинка и железа выше, чем в случае низкого содержания органического вещества.

Комплексы тяжелых металлов с гуминовыми кислотами более устойчивы (это органический запас ТМ в почве), чем комплексы с фульвокислотами, поэтому последние более подвижны и доступны для корней растений и почвенной биоты. Внесение в почву гуминовых кислот приводит к значительной иммобилизации Cu, Pb, Cd, Zn, Ni. Большой вклад в миграцию тяжелых металлов в почвах вносят также органические соединения, присутствующие в естественном состоянии — некоторые аминокислоты, оксикислоты и др., так как они являются хелатообразующими агентами, активно мобилизующими тяжелые металлы.

В антропогенных ландшафтах миграционная способность Pb, Zn, Ni и Cu возрастает, причем наиболее значительно — в хозяйствах овощеводческой специализации и на огородах индивидуальных хозяйств.

С органическим веществом почвы металлы могут образовывать комплексные соединения, которые менее доступны растениям. Поэтому на почвах с высоким содержанием органического вещества опасность накопления избыточного количества тяжелых металлов в растениях меньше, чем на малоплодородных почвах с низким содержанием гумуса. При внесении органических удобрений подвижность тяжелых металлов, как правило, снижается. На гумусированных почвах

могут образовываться и подвижные формы тяжелых металлов, связанные с органическим веществом, способные мигрировать за пределы корнеобитаемого слоя с инфильтрационными водами. На гумусированных почвах в результате активно протекающих биологических процессов образуется большое количество нитратов, которые при определенных условиях также могут усиливать миграцию тяжелых металлов за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

Наиболее устойчивые соединения в почве ТМ образуют с гуминовыми веществами. Вследствие плохой растворимости комплексов гуминовых кислот с ТМ, особенно в кислой среде, их можно рассматривать как запасное количество ТМ в почве, связанных с органическим веществом.

Устойчивость металлоорганических комплексов в значительной степени зависит от рН и других свойств почвы. Она может быть представлена в виде следующего ряда [9]:



Следует отметить недостаточность исследований по изучению применения органических удобрений в качестве детоксикантов избыточного содержания ТМ в почве. Особенно это относится к дозам органических удобрений.

При известковании уменьшается подвижность ТМ в почве и, как следствие, их поступление в растения. Количественные параметры этого процесса исследованы крайне недостаточно и зависят от многих факторов: вида и формы соединений металлов, рН среды в почве, содержания в ней органического вещества и фосфатов, ее гранулометрического состава, особенностей растений. При создании в почве рН в интервале 6,0–6,5 большинство тяжелых металлов образуют труднорастворимые соединения в виде карбонатов. Одновременно резко увеличивается содержание водорастворимого и обменного кальция, который уменьшает способность корневой системы растений к поглощению ряда металлов (стронция, кадмия, свинца, марганца и др.). Наличие свободного  $CaCO_3$  усиливает этот процесс и делает его более устойчивым и длительным. Известкование благоприятствует образованию комплексов органических веществ с ТМ. Но при нейтрализации почвенной кислотности подвижность некоторых ТМ (молибдена, ванадия, селена) может возрастать. Ряд элементов сохраняет подвижность в широком диапазоне рН.

Имеющаяся информация свидетельствует о том, что необходимо экспериментально раз-

рабатывать научно-методические подходы к известкованию почв как специфическому мелиоративному приему по детоксикации ТМ с учетом свойств почв, особенностей культурных растений и химических свойств ТМ. В настоящее время ясным представляется лишь общее положение о том, что известкование является одним из наиболее эффективных и реально выполнимых с экономической и ресурсной точек зрения мероприятий по детоксикации загрязненных ТМ почв.

Емкость катионного обмена определяется минералогическим составом глинистой фракции и содержанием органического вещества. С увеличением обменной емкости катионов возрастает удерживающая способность почв в отношении ТМ, снижающая вероятность их накопления в растениях в избыточном количестве. Однако влияние состава обменных катионов на доступность ТМ растениям исследовано крайне слабо.

Дренаж, заключающийся в удалении избыточного количества влаги из почвы, снижает доступность ТМ растениям, поскольку избыток воды благоприятствует появлению в почве металлов с низкой валентностью в более растворимой форме. Анаэробные же условия повышают доступность ТМ растениям, так как растворимость тяжелых металлов при этом увеличивается. Аналогичную дренажную роль может выполнять глубокое рыхление слабокислотных почв.

В присутствии сероводорода и дефиците кислорода большая часть металлов выпадает в осадок. В системах, в которых имеется дефицит кислорода, повышается токсичность цинка, свинца и меди. В отсутствие сероводорода в анаэробной среде миграция железа, марганца, ртути и меди возрастает, особенно в форме комплексных соединений с органическими кислотами.

Характер распределения микроэлементов чувствителен к изменению среды выветривания. Различные микроэлементы образуют устойчивые ассоциации в разнообразных геохимических условиях. Элементы с ионными потенциалами ниже 3 преимущественно существуют в виде свободных ионов, элементы с ионными потенциалами 3–12 стремятся образовать гидролизированные или комплексные формы.

Среди почвенных факторов, влияющих на загрязнение растений ТМ, ведущая роль принадлежит содержанию и форме (степени подвижности) металла в почве. Детоксикационные мероприятия должны быть направлены прежде

всего на снижение содержания подвижных форм ТМ, так как на валовое их количество влиять практически невозможно.

Содержание прочнофиксированных соединений элементов зависит от типа почвы. Окультуренность почв уменьшает подвижность ТМ. Увеличение плодородия почвы, сопровождающееся повышением содержания гумуса, фосфатов, нейтрализацией избыточной кислотности и увеличением буферных свойств обеспечивает снижение содержания наиболее

агрессивной водорастворимой формы тяжелых металлов.

Решающую роль в распределении ТМ в системе почва-раствор играют процессы сорбции-десорбции на твердой фазе почвы, определяемые свойствами почвы и не зависящие от формы внесенного соединения. Образующиеся соединения ТМ с твердой фазой почвы термодинамически более устойчивы, чем внесенные соединения, поэтому они определяют концентрацию элементов в почвенном растворе.

### Литература

1. *Большаков В. А.* Аэротехногенное загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами: источники, масштабы, рекультивация. — М., 1993. — 90 с.
2. *Ильин В. Б.* К вопросу о разработке ПДК тяжелых металлов в почвах // *Агрохимия*. — 1985. — № 11. — С. 94–101.
3. Агроэкологическая характеристика пахотных почв Российской Федерации по содержанию тяжелых металлов, мышьяка и фтора. — М.: Агроконсалт, 2002. — 50 с.
4. *Акопов Э. И., Ивашевская О. А., Корженко В. П.* О круговороте тяжелых металлов в биосфере // Биогеохимические циклы в биосфере. — М.: Наука, 1976. — С. 272–284.
5. *Виноградов А. П.* Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // *Микроэлементы в жизни растений и животных*. — М.: Изд-во АН СССР, 1952. — С. 7–20.
6. *Ильин В. Б.* Тяжелые металлы в системе почва-растение. — Новосибирск: Наука, 1991. — 151 с.
7. *Кириллюк В. П.* Генетические и технологические аспекты накопления свинца в виноградном агроценозе и пути его регулирования // *Плодородие почв и пути его воспроизводства*. — Кишинев, 1987. — С. 33–42.
8. *Овчаренко М. М., Шильников И. А., Вендило Г. Г. и др.* Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение. — М.: Пролетарский светоч, 1997. — 290 с.
9. *Черных Н. А., Милащенко Н. З., Ладонин В. Ф.* Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. — М.: Агроконсалт, 1999. — 176 с.

A. F. Tumanyan

### Biosphere Pollution by Heavy Metals

*As a result of development of the industry, transport, power and agriculture anthropogenous influence on environment leads to development of tekhnogenesis processes. The solution of a problem of environmentally safe production manufacture in polluted territories is impossible without notice to migration and accumulation of heavy metals in a soil profile.*

**Keywords:** heavy metals, soil, plants.

## Вниманию специалистов!

**А. М. Данилов**

### ВВЕДЕНИЕ В ХИММОТОЛОГИЮ

Книга посвящена применению топлив, масел, специальных жидкостей. Приводится обширный справочный материал по их характеристикам и эксплуатационным свойствам. Изложены принципы создания и эксплуатации двигателей.

Книга адресована широкому кругу читателей.

**М.: Издательство «Техника», 2003. — 464 с.**

## Современное состояние и перспективы энергетического использования свалочного газа

А. С. Кузьминов, Г. А. Смага, О. А. Савватеева, С. П. Каплина  
Автономная некоммерческая организация «РУСДЕМ-Энергоэффект»

*Представлен опыт промышленно-развитых стран по использованию свалочного газа. Приведены данные европейской биогазовой ассоциации о количестве систем сбора и утилизации биогаза в странах Европы. Проанализировано состояние утилизации свалочного газа в Украине, Беларуси и России. Описаны проекты по удалению и обезвреживанию твердых бытовых отходов и утилизации биогаза в городах России.*

**Ключевые слова:** утилизация биогаза, свалочный газ, твердые бытовые отходы, полигоны ТБО.

Жизнедеятельность человека связана с накоплением огромного количества разнообразных отходов. Ежегодно в Российской Федерации образуется около 7 млрд. т отходов, из которых используется лишь 2 млрд. т. На территории страны в отвалах и хранилищах накоплено около 80 млрд. т только твердых отходов. Влияние накопления твердых бытовых отходов (ТБО) остро сказывается на глобальных геохимических циклах целого ряда биофильных элементов.

Одной из основных причин, по которым страны Европы с 2010 г прекращают прием несортированных бытовых отходов на полигонное захоронение, является биохимическая ферментация ТБО с выделением в атмосферу биогаза при полигонном захоронении. Свалочный газ загрязняет атмосферный воздух, содержит огромное количество токсичных и вредных веществ, оказывает негативное воздействие на растительный покров вокруг полигона. Кроме того, в отсутствие управления образованием и сбором свалочного газа происходит разрушение тела полигона вследствие сброса давления газа внутри него. Наконец, свалочный газ является парниковым газом.

Исходя из этого, проблемы образования биогаза на полигонах ТБО и минимизации его воздействия на окружающую среду весьма актуальны. Обеспечить снижение негативного воздействия свалочного газа на окружающую среду можно либо сокращением объемов захоронения органосодержащих отходов путем интенсификации их вторичного использования, либо организованным сбором биогаза на специально оборудованных полигонах с его использованием в различных производственных процессах, либо предотвращением образования метана, как наиболее опасного компонента биогаза [1–5, 7]. Именно добыча и дальнейшее использование газа полигонов являются, на взгляд авторов,

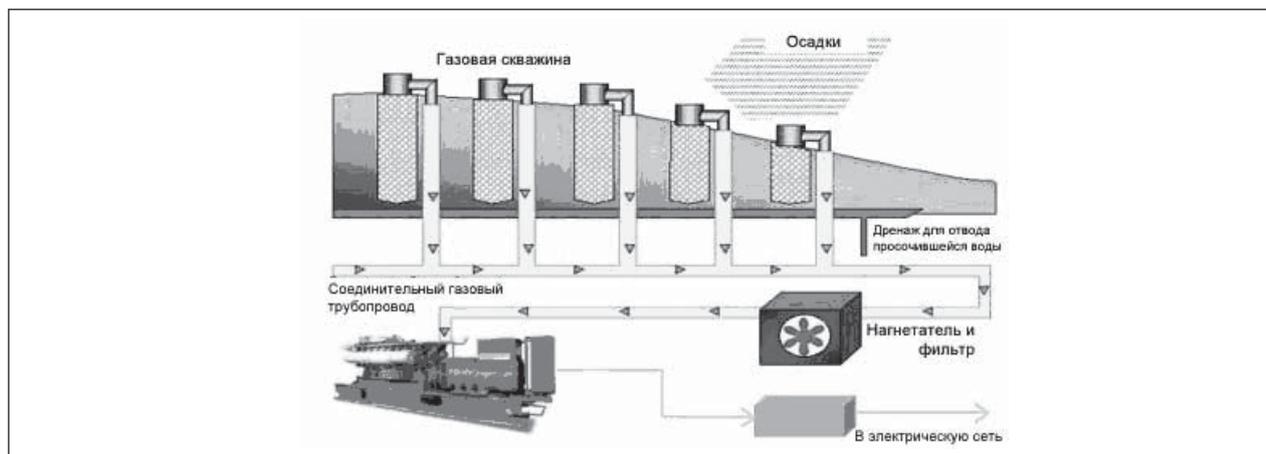
наиболее приемлемыми, перспективными и обоснованными с экологической и экономической точек зрения.

Человечество научилось использовать биогаз давно. Неуклонный рост стоимости энергии способствовал устойчивому развитию биогазовой отрасли в последние 2–3 десятилетия. Биогаз во всем мире превратился из альтернативного источника энергии в привычный для многих предприятий.

В 1–2 тысячелетия до н.э. на территории современной Германии уже существовали примитивные биогазовые установки. Отдельные случаи использования элементарных биогазовых технологий были зафиксированы в Китае, Индии, Ассирии и Персии начиная с XVII века до н.э. Однако систематические научные исследования биогаза стали проводиться только с XVIII в. н.э.

Первое научное обоснование образования воспламеняющихся газов на болотах и в озерных отложениях дал Алессандро Вольта в 1776 г., установив наличие метана в болотном газе. После открытия Дальтоном химической формулы метана в 1804 г. европейские ученые сделали первые шаги в исследовании практического применения биогаза. Вклад в изучение образования биогаза внесли и российские ученые. Влияние температуры на количество выделяемого газа было изучено С. В. Поповым в 1875 г. В 1881 г. начались исследования европейских ученых по использованию биогаза для обогрева помещений и освещения улиц. В то время большая часть опытов проводилась с газом, который получался в результате брожения сточных вод и собирался в закрытых емкостях.

Первая современная мусорная свалка с применением специальных инженерных сооружений открылась в Калифорнии в 1937 г. Исследования возможностей применения свалочного газа в США активизировались после принятия в 1965 г.



**Схема получения свалочного газа (свалка Раутенвег, Австрия)**

закона об утилизации твердых отходов. Работы по утилизации свалочного газа ускорились во время нефтяного кризиса 1970-х гг. С 1980 г. правительство США предоставляет налоговые льготы производителям свалочного газа. К концу 1984 г. в США действовала 41 теплоэлектростанция, работающая на свалочном газе. С начала 1990-х г.г. интерес к биогазу в Западной Европе начал стабильно расти [2, 12].

В настоящее время свалочный газ собирают (см. рисунок) и используют в качестве топлива для производства электроэнергии, тепла или пара, обогащают и вводят в газовые системы общего назначения, а также применяют в качестве автомобильного топлива [13].

В настоящее время в мире реализованы более 1100 проектов по использованию свалочного газа. Более 150 полигонов ТБО эксплуатируются как газовые месторождения, 80% из них находится в США, Германии и Великобритании. В заметных объемах биогаз добывается и утилизируется в ряде развитых западных стран: Нидерландах, Франции, Италии, Дании. Большое количество установок по добыче биогаза на свалках эксплуатируется в Китае. Имеются установки в Мексике, Израиле.

По данным европейской биогазовой ассоциации, количество систем сбора и утилизации биогаза на полигонах ТБО в 2002 г. составило: в Германии — 409, Италии — 89, Швеции — 83, Финляндии — 30, Дании — 17. В США существует около тысячи полигонов, на которых биогаз собирается и сжигается на факеле. Примерно третья часть этих полигонов использует биогаз для получения тепловой или электрической энергии.

Среди промышленно развитых стран ведущее место в производстве и использовании биогаза по относительным показателям при-

надлежит Дании: в ее общем энергетическом балансе биогаз составляет до 18%. Больше всего (более 18 млн.) малых биогазовых установок находится в Китае. Они позволяют заменить 11 млн. т условного топлива в энергобалансе этой страны.

Объемы годовой добычи свалочного газа представлены в таблице, из которой следует, что объем утилизируемого свалочного газа в мире составляет примерно 1,2 млрд. м<sup>3</sup>/год, что эквивалентно 429 тыс. т метана или 1% его эмиссии. Таким образом, объем извлекаемого газа по сравнению с объемом его образования ничтожен.

Одно из первых современных производств биогаза было организовано на полигоне «Стун» в США площадью 40 га с объемом отходов 10 млн. м<sup>3</sup> и толщиной захоронения от 25 до 45 м. На установке получали 7500 м<sup>3</sup>/ч. газа с содержанием метана 50% об. Газ транспортировался потребителям на расстояние 5000 м.

Уже в 1985 г. в США работали более 30 установок, использовавших биогаз, вырабатываемый на полигонах отходов. Из 6 тыс. свалок,

Добыча свалочного газа в различных странах	
Страна	Объем добычи свалочного газа, млн. м <sup>3</sup> /год
США	500
Германия	400
Великобритания	200
Нидерланды	50
Франция	40
Италия	35
Дания	5
Итого	1230

действующих в США (по состоянию на 2004 г.), около 300 собирают и утилизируют свалочный газ. Коммерческое извлечение метана возможно еще на 500–600 свалках. Полученной из этого газа электроэнергии будет достаточно для снабжения 1 млн. домохозяйств.

В настоящее время значительная часть биогаза поступает на электростанции, работающие на газообразном топливе. Суммарная электрическая мощность установок, работающих на биогазе, составляет около 200 МВт. Кроме того, все чаще осуществляется подача биогаза в коммунальные сети газоснабжения. В последние годы мощность энергетических установок на основе биомассы возросла с 250 до 9000 МВт. К 2025 г. США планируют ежегодно получать 29 млрд. кВт·ч электроэнергии из бытового мусора и свалочного газа.

В 2002 г. в Европе действовали 750 объектов по получению свалочного газа. Всего в мире насчитывается 1152 таких объектов, их общая энергетическая мощность — 3929 МВт, объем обрабатываемых отходов — 4548 млн. т. Суммарная мощность БиоЭС Великобритании составляет около 80 МВт. Существуют установки по обжигу цемента и кирпича, применяющие биогаз.

Во Франции добывается около 40 млн. м<sup>3</sup>/год биогаза. На одной из свалок вблизи Парижа была построена БиоТЭС, использующая биогаз, эмиссия которого составляет 1500 м<sup>3</sup>/сут.

В Германии более чем на 400 крупных свалках городского мусора имеются сборные пункты биогаза. В среднем на свалках Германии из 1 т мусора вырабатывается около 100 м<sup>3</sup> биогаза. Биогаз после очистки используют для получения электрической и тепловой энергии, а также в системах отопления. Объем биогаза, генерируемого на свалках, изменяется от 10 до 1200 м<sup>3</sup>/ч. Мощность установок по производству электроэнергии из биогаза составляет от 10 кВт до нескольких тыс. кВт, что позволяет обеспечить электроэнергией от нескольких домов до небольшого поселка. Нередко биогаз используется в качестве топлива в энергетических установках с двигателями внутреннего сгорания (ДВС).

В Украине ежегодно образуется около 10 млн. т бытовых отходов. Более 90% ТБО вывозится на 655 полигонов и свалок, из которых 140 пригодны для добычи и использования свалочного газа. Потенциал свалочного газа составляет около 400 млн. м<sup>3</sup>/год.

Утилизация биогаза весьма перспективна для Беларуси, так как в этой стране около 97% ежегодно образующихся отходов захоранивается

на полигонах и организованных свалках. Ежегодная эмиссия метана оценивается в размере порядка 100–200 млн. м<sup>3</sup>. Реализованы проекты когенерации в городах Гродно, Гомель, Можейково [1, 2, 4, 5, 8–11].

Площадь свалочных полигонов в Российской Федерации составляет около 15 тыс. га. Только в столичном регионе страны ежегодно образуется около 20 млн. м<sup>3</sup> ТБО, из которых 96,5% вывозится на полигоны для захоронения. Учитывая, что с 1 га полигона в течение года можно собрать около 1 млн. м<sup>3</sup> биогаза, объем его производства мог бы составить внушительную цифру — 15 млрд. м<sup>3</sup>/год. Ежегодная эмиссия метана со свалок России оценивается в размере 1,1 млрд. м<sup>3</sup> (788 тыс. т), что почти в два раза превышает его современное потребление в мире. При общем объеме потребления природного газа, равном 400–450 млрд. м<sup>3</sup>/год, биогаз — возобновляемый источник энергии — позволил бы экономить природные ресурсы. К сожалению, в России, несмотря на огромные возобновляемые ресурсы углеводородных отходов, работ по промышленному освоению производства из них биогаза и энергии крайне недостаточно [1, 6].

В нашей стране в настоящее время существует ряд новых предприятий, занимающихся системами обращения со свалочным газом. Среди них можно назвать СЗАО «ТелДаФакс Экотех МН» (совместно с Германией), «Партнерство за чистый город» (совместно с Австрией), Международную академию наук экологии и безопасности жизнедеятельности. В 2004 г. по инициативе стран «Группы восьми» учреждено международное партнерство «Метан — на рынки». Членами партнерства являются Аргентина, Австралия, Канада, Китай, Индия, Италия, Япония, Мексика, Польша, Россия, Украина, Великобритания и США.

В целевой среднесрочной экологической программе города Москвы еще на 2003–2005 гг. в перечне мероприятий подпрограммы «Организация системы управления промышленными и бытовыми отходами» имеется этап «Внедрение системы сбора и утилизации биогаза на полигонах ТБО для выработки тепло- и электроэнергии на полигонах с целью получения доходов от экономики тепло- и электроэнергии на собственные нужды (компенсация эксплуатационных затрат на сбор и утилизацию биогаза)».

В Нижнем Новгороде разработан проект утилизации биогаза с Игумновского полигона ТБО, который характеризуется высокой частотой возгораемости в теплый период года.

В Санкт-Петербурге ежегодно образуется около 5 млн. м<sup>3</sup> ТБО, из которых около 80% за-

хоранивается на трех действующих полигонах. Наиболее предпочтительным для утилизации биогаза является полигон ПТО-1 «Волхонский» — один из крупнейших в России. Расчеты показали, что ожидаемой эмиссии метана будет достаточно для работы тепловой электростанции мощностью 2000 кВт в течение 20–25 лет. Кроме того, на территории Ленинградской области имеется 55 организованных свалок, где ежегодно размещается около 1 млн. м<sup>3</sup> ТБО. Несмотря на сравнительно небольшие объемы захоронения отходов, получение биогаза на ряде свалок может быть рентабельным благодаря высокой стоимости традиционного топлива [6].

В Карагане разработан проект «Создание системы сбора и утилизации биогаза на полигоне ТБО предприятия ОАО «РМУ КХ Октябрьского района»». Предполагается, что биогаз будет использоваться для производства электроэнергии с помощью линейки газо-поршневых двигателей и генераторов. При наличии потребителя возможно квалифицированное использование тепловой энергии.

В рамках российско-датского проекта консалтинговой компанией КОВИ А/С разработано Техническое задание «Предварительные исследования для проекта совместной реализации установок по утилизации газов из органических отходов» на полигонах Южный, Северная Самарка, а также на полигонах Гатчины, Новгорода и Пскова.

Совместно с московско-голландской фирмой «Геополис» предприятие «Эко-Самара» разработало оригинальный проект по сбору и утилизации биогаза в Самаре на городском полигоне твердых бытовых отходов «Преображенка».

С января 1994 г. министерство экономики Голландии выделило ассигнования на реализацию российско-голландского проекта по удалению и обезвреживанию ТБО. Проект «Санитарное захоронение отходов с рекуперацией энергии в Московской области» осуществляется совместно голландской фирмой «Гронтмай» и российской фирмой «Геополис». В рамках проекта проводятся испытания по извлечению и утилизации биогаза на ряде полигонов ТБО. В качестве объектов для демонстрации возможностей биогазовой технологии с использованием оборудования, поставленного из Голландии, были выбраны два типичных полигона Московской области: полигон «Дашковка» в Серпуховском районе и полигон «Каргашино» в Мытищинском районе.

На пилотных полигонах ТБО был выбран вариант утилизации биогаза с получением электроэнергии. В настоящее время обе уста-

новки функционируют в опытно-промышленном режиме, вырабатывая по 80 кВт·ч электроэнергии каждая. Опыт их эксплуатации показал, что в российских условиях из 1 м<sup>3</sup> биогаза может быть выработано 1,3–1,5 кВт электроэнергии. Это означает, что при полном использовании запасов биогаза на полигонах может быть выработано от 260 до 300 кВт электроэнергии в час, что соответствует производству около 2500 МВт электроэнергии в год.

На полигоне ТБО г. Дмитрова реализован один из новейших проектов по внедрению системы сбора свалочного газа. На полигоне ТБО «Кучино» (вблизи г. Москвы) также внедрена технология получения биогаза из отходов в результате их микробиологического разложения. В качестве энергетического сырья генерируется 40 млн. м<sup>3</sup> метана и 24 млн. м<sup>3</sup> СО<sub>2</sub>.

При существующих ценах на электроэнергию потенциальный доход от эксплуатации одной биогазовой установки на типичном полигоне Московской области может составить около 1,2 млрд. руб. Однако современная финансовая ситуация и практика монопольного распределения электроэнергии заставляют сомневаться в возможности успешного поиска платежеспособного потребителя указанных объемов электроэнергии. Поэтому в сложившихся условиях целесообразно использовать часть выработанной электроэнергии для собственных нужд предприятия, эксплуатирующего полигон ТБО, а другую часть — для производства энергоемкой продукции хозяйством (например, выращивания рассады цветов или овощей в теплицах), что позволяет снизить себестоимость этой продукции и сделать ее конкурентоспособной в условиях рынка [1, 2, 4–6].

Коммерческое использование биогаза с полигонов ТБО в качестве энергетического топлива в определенной мере ограничивается высокой стоимостью природоохранного оборудования на энергогенерирующих установках. В составе отходящих газов мусоросжигательных заводов и биогаза с полигонов ТБО присутствуют практически одни и те же загрязняющие вещества. На мусоросжигательных заводах относительная стоимость природоохранного оборудования достигает 50% от стоимости завода. В случае биогаза этот процент будет намного выше, так как масштаб производства меньше, а физико-химические принципы газоочистки такие же.

Обычно применяемые системы очистки биогаза с полигонов ТБО предназначены только для его кондиционирования перед применением.

Как отмечается в рабочих материалах учебных курсов международной ассоциации по твердым отходам «Проектирование и эксплуатация полигонов для захоронения твердых отходов в странах с переходной экономикой», для очистки биогаза применяют только обезвоживание триэтиленгликолем и очистку от сероводорода с помощью его пропускания через паровоздушную смесь. Для осуществления рекомендуемых технологических процессов необходима энергия для работы компрессоров, насосов, приводов арматуры и др. в количестве 2,0–3,3 кВт·ч/кг очищаемого биогаза.

Биогаз можно использовать и как местный возобновляемый источник энергии. Например, полученную из собранного газа тепловую и электрическую энергию используют в административно-бытовых помещениях комплекса полигона ТБО, сортировочном цеху, а также на расположенных в непосредственной близости от полигона ТБО предприятиях с достаточно стабильным спросом на энергию (тепличные хозяйства, небольшие экопоселки,

некоторые производства, на которых требуется сушка, и др.). Такая схема вполне осуществима и экономически привлекательна. Однако коммерческое использование образующегося на полигонах ТБО биогаза в настоящее время в России практически не реализовано [3].

Говоря об экологической составляющей проектов по извлечению и использованию свалочного газа, необходимо отметить, что техническое использование свалочных газов обеспечивает сокращение ежегодных выбросов метана в десятки раз. Если это будет достигнуто, то произойдет стабилизация и даже снижение глобальной содержания метана в атмосфере. Можно сказать, что реализация проектов по извлечению и использованию свалочного газа будет эквивалентна следующим мерам [14]:

- изъятию из дорожного движения на один год 33 млн. автомобилей;
- лесопосадкам площадью 22,26 млн. га;
- устранению выбросов 50 электростанций мощностью 500 МВт, работающих на каменном угле.

### Литература

1. Бобович Б. Б., Рывкин М. Д. Твердые бытовые отходы – возобновляемый источник энергии – <http://www.sustainable-cities-net.org.ua/newtechshow.php?id=39>. – 2005.
2. Вронский В. А. Экология и окружающая среда. — М.: ИКЦ «Март»; Ростов н/Д: Издательский центр «Март», 2008. — 432 с.
3. Гонопольский А. М. К вопросу о рыночном использовании биогаза, образующегося на полигонах ТБО.
4. Гурвич В. И., Лившиц А. Б., Прыгов С. И. и др. Биогаз (БГ) полигонов ТБО — образование, распространение, обезвреживание // Экологический вестник Подмосковья. — 1999. — №1. — С. 25–28.
5. Гурвич В. И., Лифшиц А. Б. Добыча и утилизация свалочного газа (СГ) — самостоятельная отрасль мировой индустрии.
6. Масликов В. И. Энергетическое использование биогаза полигонов твердых бытовых отходов. — <http://www.baltfriends.ru/node/66>.
7. Мы и когенерация – Электронный журнал 2G Bio-Energietechnik. — <http://www.2g.rus-business.com/index.php>. — 2009.
8. Природный газ из «рукотворных» месторождений — <http://cnb.by/content/view/41/30/>.
9. Свиточ Н. А. Методы контроля за образованием и утилизацией биогаза. Потенциал энергии – <http://www.alfar.ru/smart/1/182/>.
10. Твердые бытовые отходы и проблемы их утилизации. — <http://energobaza.newmail.ru/Data/enr00019.htm>.
11. Шаимова А. М., Насырова Л. А. Разработка средозащитной технологии для обезвреживания полигонов твердых бытовых отходов. — [http://ecology.ostu.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=194&Itemid=2](http://ecology.ostu.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=194&Itemid=2).
12. <http://www.bio-energetics.ru/4/istorija.html>.
13. <http://www.cogeneration.ru/>.
14. <http://www.methanetomarkets.ru/partnership/>.

A. S. Kuzminov, G. A. Smaga O. A. Savvateeva, S. P. Kaplina

### The Existing Status and Perspectives of Landfill Gas Energy Utilization

*An experience of industrially advanced countries in landfill gas utilization is presented. The data of European Biogas Association on the quantity of biogas gathering and utilization facilities in European countries is given. The status of landfill gas utilization in Ukraine, Belarus and Russia is analyzed. Projects on solid waste utilization and disposal and biogas utilization in Russian cities are described.*

**Keywords:** biogas utilization, landfill gas, solid waste, solid waste landfill.

## Из истории присадок к топливам

А. М. Данилов  
ОАО «ВНИИ НП»

*Рассмотрена история разработки и становления производства антидетонационных, депрессорных и моющих присадок. Показаны основные факторы, повлиявшие на внедрение присадок различных типов. Выявлены задачи и направления развития производства отечественных присадок, важнейшим из которых является разработка противоизносных присадок и промоторов воспламенения.*

**Ключевые слова:** антидетонаторы, депрессоры, моющие присадки, промоторы воспламенения, противоизносные присадки.

История присадок к топливам насчитывает почти 90 лет. Известно около 50 типов присадок, каждый из которых является решением очередной проблемы химмотологии. Представляет интерес рассмотрение некоторых наиболее важных из них.

Первой задачей, которая была решена с помощью присадок, было обеспечение требуемых антидетонационных свойств авиационных, а затем и автомобильных бензинов. Начиная с 1919 г. в авиационные бензины для повышения их сортности стали прибавлять экстралин – его современным аналогом является технический N-метиланилин. Производство экстралина было организовано в Москве на Дорогомиловском химическом заводе, который в годы войны сыграл большую роль как поставщик экстралина для нужд военной авиации.

Для авиации и автомобильной техники появилась необходимость получения бензина с более высоким октановым числом, чем у бензиновых фракций прямой перегонки и термического крекинга. Поэтому лаборатории нефтяных и автомобильных компаний продолжали интенсивные поиски, увенчавшиеся ошеломительным успехом: в 1921 г. в лаборатории компании General Motors Res. Corp. были открыты уникальные антидетонационные свойства тетраэтилсвинца (ТЭС). Уже в феврале 1923 г. ТЭС поступил в продажу, но через два года на его применение Министерством здравоохранения США был наложен запрет, обусловленный высокой токсичностью этого соединения. Запрет продержался около года, после чего Министерство капитулировало и использование ТЭС возобновилось. Впрочем в СССР потребность в антидетонаторах почти не ощущалась. Только в 1936 г. на химическом заводе в Усолье Сибирском, а в 1938 г. на заводе «Ока» в г. Дзержинске было организовано небольшое производство ТЭС, обеспечивающее армию. В больших количествах (несколько тыс. т/год) в 1942 г. производство ТЭС было освоено

на Государственном заводе союзного значения «Ява» (г. Дзержинск) для обеспечения нужд фронта. Отечественная техника тех времен в бензинах с октановым числом выше 66 практически не нуждалась, но по ленд-лизу были получены «Студебеккеры», для которых низкооктановые бензины были непригодны. В народном хозяйстве ТЭС еще долго не использовался и лишь через несколько лет после войны был разрешен, но с ограничением: этилированные бензины нельзя было использовать в Москве, Ленинграде, столицах союзных республик, курортных зонах и районах Крайнего Севера.

В довоенные годы основным технологическим процессом, вырабатывающим высокооктановые бензиновые фракции, был термический крекинг. Он получил широкое развитие за рубежом, прежде всего в США. Однако при использовании бензинов, содержащих продукты термического крекинга, по причине их низкой окислительной стабильности, детали двигателей и топливной аппаратуры осмолялись. Поиски возможных антиоксидантов привели к открытию ионола, который был запатентован фирмой Standard Oil в 1937 г. Он стал родоначальником широкой гаммы антиоксидантов на основе экранированных фенолов, которые широко используются и в настоящее время в топливах и смазочных материалах. Они производятся на Стерлитамакском нефтехимическом заводе, который полностью обеспечивает потребности отрасли и часть своей продукции отправляет на экспорт.

Середина прошлого века ознаменовалась решением ряда новых проблем. Остановимся вначале на депрессорах. К тому времени они широко и успешно использовались в смазочных маслах, но попытки применения их в дизельных топливах успеха не имели. Широко было распространено мнение, что в топливах эти присадки в принципе неприменимы. Все же было установлено, что проблема состоит в молекулярной массе

полимерного компонента присадки. Она должна быть тем выше, чем тяжелее нефтепродукт. Молекулярные массы полимерных компонентов присадок, эффективно работающих в топливах, должны быть в 2–3 раза меньше (2–5 тыс. а.е.м.) молекулярных масс масляных депрессоров. После этого открытия последовали многочисленные исследования, которые привели к созданию огромного ассортимента депрессоров для дизельных топлив. Это объяснялось, с одной стороны, большими возможностями в области синтеза различных полимеров и сополимеров, с другой – практической необходимостью: действие депрессоров оказалось настолько селективным по отношению к топливам, что чуть ли не в каждом случае приходилось подбирать присадку с индивидуальными физико-химическими характеристиками.

Ассортимент депрессоров был создан, но при их применении были выявлены две проблемы: присадки не влияли на температуру помутнения топлива и не препятствовали его расслоению при холодном хранении. Было выявлено, что причиной этого является механизм действия депрессоров. Депрессор мог работать, сорбируясь на поверхности растущих кристаллов, размеры которых достигали 50 мкм. Следовало остановить рост кристаллов парафинов на порядок меньших размеров. Исследователи пошли по двум направлениям. Первые пытались синтезировать полимеры с повышенными диспергирующими свойствами. Вторые – использовать эффект отталкивания кристаллов с одноименно заряженными поверхностями, для чего в топлива добавляли катионные ПАВ, например, производные четвертичного аммония. Только в конце 1980-х г.г. удалось добиться практически значимых успехов. В 1988 г. фирма Deutsche Shell, а в 1989 г. — Exxon Chem. заявили о производстве нового поколения депрессорных присадок к дизельному топливу, обладающих диспергирующим действием. Это были те самые диспергаторы парафинов, без которых сейчас не обходится ни одна композиция присадок, улучшающих низкотемпературные свойства дизельных топлив.

В СССР проблема подбора депрессоров для топлив решалась с трудом. Только в 1980-х г.г. были разработаны депрессоры для мазутов ВЭС-408 и ВЭС-508, а затем и для дизельных топлив — ВЭС-410Д. Последняя присадка вырабатывается по оригинальной технологии ВНИИ НП на Ангарском заводе катализаторов и органического синтеза. Что касается диспергаторов парафинов, то в этом отношении пока имеются

лишь опытные лабораторные образцы «Пластнефтехим» и ВНИИ НП, которые еще предстоит всесторонне исследовать.

Не менее сложная проблема появилась в 1950-х г.г. в связи с прогрессом в области автомобилестроения. Были разработаны двигатели с системой принудительной вентиляции картера (повторной подачи картерных газов, представляющих собой смесь несгоревшего топлива с воздухом, обратно в двигатель). С 1963 г. принудительная вентиляция предусматривалась на всех новых автомобилях, выпускаемых в США. Калифорния уже в конце 1950-х г.г. вынудила своих таксистов приобрести такие автомобили. Принудительная вентиляция сократила на 20% эмиссию несгоревших углеводородов, но поставила работу карбюратора в жесткие условия. Осмоление заслонки приводило к перерасходу топлива, повышенной токсичности выхлопа, в некоторых случаях автомобиль останавливался. Через 10–15 тыс. км пробега требовалась чистка карбюратора. Выход был найден в применении моющих присадок, первые из которых были разработаны фирмой Chevron еще в 1954 г.

В середине 1980-х г.г. в США, а затем и в других странах было начато массовое производство двигателей с впрыском бензина, в которых предусматривалась также рециркуляция отработавших газов. Этот прием позволил снизить выбросы продуктов неполного сгорания топлив в атмосферу, но поставил работу впускной системы в очень жесткие условия. На впускных клапанах разлагались нестабильные компоненты топлив, масел, подтекающих по направляющим клапанов, присадок к маслам и топливам, в том числе и моющих, термостабильность которых оказалась недостаточной. Отложения на клапанах приводили к ухудшению пусковых свойств и неполному сгоранию топлива. Через несколько тыс. км пробега автомобиля его характеристики резко ухудшались: перерасход бензина достигал 7%, содержание оксида углерода в отработавших газах увеличивалось на 5–35%, дымность — в 3–4 раза. Зашла речь о своеобразном кризисе, высказывались даже предложения отказаться от новой системы питания. Но и в этом случае были найдены новые эффективные присадки, без которых эксплуатация двигателей в США и Европе сейчас представляется невозможной.

В России моющие присадки как правило используются на местах применения топлива, т.е. подразумевается определенный уровень технической культуры потребителя. В нашей

стране он оказался не очень высоким, поэтому ни одна из мощных присадок, среди которых были разработки, не уступающие зарубежным аналогам, широкого практического применения не получила. Тем не менее, ситуация понемногу меняется. Некоторые предприятия пошли по пути производства специальных марок бензинов с мощными присадками — это путь США и, по их признанию, не самый оптимальный. Тем не менее, вероятно, это единственный способ решить важную экологическую проблему.

В 1951 г. английский химик П. Посон открыл ферроцен. В процессе его пристального изучения были обнаружены высокие антидетонационные свойства, которые оказались присущи всем соединениям этого типа, прежде всего, марганецсодержащим. Появилась надежда на то, что они смогут стать полноценной заменой тетраэтилсвинца. Начались обширные исследования. В СССР, в частности, их возглавлял А. Н. Несмеянов. Однако у металлоценов были существенные недостатки: в их присутствии закоксуывались свечи зажигания, нормальная работа двигателя нарушалась. Поскольку проблема замены ТЭС в те годы стояла не особенно остро, от присадок на основе железа и марганца временно отказались. Однако последовательный курс на отмену этилированных бензинов заставил разработчиков вернуться к этому направлению. Особенно серьезное внимание ему уделили в России, так как другого пути обеспечить выработку неэтилированных бензинов не было — отечественная нефтепереработка не производила требуемого количества высокооктановых бензиновых фракций. Были установлены максимально допустимые концентрации металлов в бензине, безопасные для двигателя. 1990-е г.г. в России ознаменовались быстрым ростом ассортимента не содержащих свинец антидетонаторов, получивших название альтернативных. Вспомнили и об ароматических аминах: экстралине и ксилидине. В Волжском, Тамбове и Дзержинске было организовано многотоннажное производство присадок на основе N-метиланилина.

Рост количества альтернативных антидетонаторов в России становился неуправляемым. Во второй половине 1990-х г.г. патенты, посвященные данным присадкам, составляли более 35% всех охранных документов страны. В структуре мирового патентования антидетонаторов доля России составила 70%. Количество товарных марок достигло трех десятков. Многие из этих присадок вырабатывались в очень малых количествах и использовались малыми фирмами,

получившими разрешение на производство бензинов. Большая часть контрафактных бензинов была изготовлена именно этим путем. Лишь после того, как прогресс в нефтепереработке достиг определенного уровня, стало возможным отказаться от присадок на основе марганца и железа, что и произошло в конце 2007 г. Однако ароматических аминов это не коснулось. Более того, надо полагать, что в будущем у них неплохие перспективы применения.

В настоящее время задачи отечественной нефтепереработки обозначены нормами Специального технического регламента «О требованиях к автомобильному и авиационному бензинам, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту». Согласно этому документу, в России до конца 2008 г. должно было быть прекращено производство автомобильных топлив, соответствующих категории Евро-2, до 31 декабря 2009 г. — Евро-3, а до 31 декабря 2013 г. — Евро-4. В частности, это касается выработки дизельных топлив, характеризующихся низким и ультранизким содержанием серы и высокими значениями цетанового числа — 51, а в перспективе — 55 ед. Такие топлива невозможно вырабатывать без введения противоизносных присадок и промоторов воспламенения, которые сейчас закупаются за рубежом.

В недалеком будущем, когда весь объем топлив будет вырабатываться по нормам Евро, зависимость от импорта недопустима. Приблизительную потребность в присадках можно оценить следующим образом: противоизносных — 8 тыс. т/год на сумму 400 млн. руб., промоторов воспламенения — 25 тыс. т/год на сумму 1000 млн. руб. и депрессоров — 4 тыс. т/год на сумму 360 млн. руб. Исходя из этого, государство будет стимулировать разработку отечественных присадок перечисленных типов. С 2007 г. было открыто небольшое финансирование. Независимо от этого, отдельные компании тоже разрабатывают собственный ассортимент присадок для нужд своих предприятий. Уже сейчас можно назвать промышленно значимые разработки: противоизносные присадки — Каскад-5 (Пластнефтехим), Альта (Татнефть), Байкат (Ангарский завод катализаторов и органического синтеза); промоторы воспламенения — циклогексилнитрат, производство которого будет организовано на заводе им. Свердлова, (г. Дзержинск) и Миксент-2000 (Алтайский центр Прикладной химии, г. Бийск). Впереди — разработка пакетов этих присадок с целью обеспечения их совместимости в топливе.

В заключение следует обозначить перспективные задачи так, как они видятся в настоящее время:

- разработка пакетов с депрессорными присадками требует создания отечественных диспергаторов парафинов. Как уже отмечалось, в настоящее время есть только лабораторные образцы, требующие дальнейших испытаний;
- исследование возможности производства моющих присадок к бензинам (для инжекторных

двигателей), а вскоре и к дизельным топливам;

- необходимость создания присадок, повышающих физическую стабильность мазутов, содержащих нестабильные остаточные продукты крекинга, коксования и других деструктивных процессов. Несмотря на то, что эта проблема с достаточной ясностью пока не сформулирована, она быстро становится актуальной. Другой задачей является разработка антифоулянтов для процесса висбрекинга.

A. M. Danilov

### **Glimpses of the History of Fuel Additives**

*The history of the development and manufacture establishing of antiknock additives, depressants and detergent additives is considered. The main factors, which have influenced on implementation of different types of additives, are demonstrated. The problems and directions for the development of domestic additives manufacture, most important of which is antiwear additives and ignition promoters development were drawn out.*

**Keywords:** antiknock additives, depressants, detergent additives, ignition promoters, antiwear additives.

---

## **Вниманию специалистов!**

**С. В. Дейнеко**

### **ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ: ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

В лабораторном практикуме рассматриваются модели расчета надежности технологических элементов газонефтепроводов. Представлены основные этапы построения моделей и этапы компьютерного моделирования для решения задач оценки надежности.

Приводятся описание и примеры использования методов компьютерного моделирования для решения инженерных задач надежности в среде Excel.

Построение моделей объектов проводится на основе реальных статистических данных.

Лабораторный практикум предназначен для студентов, магистрантов и аспирантов специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» и для инженерно-технического персонала, связанного с оценкой эксплуатационной надежности газонефтепроводов.

**М.: Издательство «Техника», 2007. — 80 с.**

**С. В. Дейнеко**

### **ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ. ЗАДАЧИ С РЕШЕНИЯМИ**

В сборнике рассматриваются практические задачи оценки надежности объектов систем газонефтепроводов на стадии эксплуатации. В задачах используются конструкции реальных объектов и реальные статистические данные. Рассмотрены основные этапы и особенности построения структурных моделей – схем надежности систем газонефтепроводов, а также задачи, связанные с обработкой статистической информации о наработках на отказ и построением вариационных рядов. Заключительным этапом расчетов является количественная оценка надежности систем газонефтепроводов на основе построения структурных схем. Приводится решение задач.

Сборник задач предназначен для студентов, магистрантов и аспирантов специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» и для инженерно-технического персонала, связанного с оценкой эксплуатационной надежности газонефтепроводов.

**М.: Издательство «Техника», 2007. — 80 с.**

## Выбор юрисдикции для учреждения холдинговой компании

Ю. А. Крупнова  
ООО «НИИГазэкономика»

*Представлены принципы выбора эффективной с точки зрения налогообложения юрисдикции для международной холдинговой компании. Показано, что при организации зарубежных дочерних фирм и филиалов материнской компании целесообразно осуществлять владение дочерними фирмами и крупными долями участия через промежуточную компанию, находящуюся в льготной налоговой юрисдикции. Рассмотрены наиболее эффективные с точки зрения налогообложения иностранные юрисдикции для международной холдинговой компании.*

**Ключевые слова:** международная холдинговая компания, налогообложение, льготная налоговая юрисдикция, оперативно-холдинговые фирмы.

Ввиду расширения деятельности многих ведущих нефтегазовых компаний в области ведения проектов за рубежом целесообразно задуматься о необходимости выработки определенных критериев организации такой деятельности. Одним из них является налоговая эффективность, т.е. необходимость выбора наиболее эффективной с точки зрения налогообложения юрисдикции для международной холдинговой компании, которая будет владеть напрямую или через другие субхолдинговые компании добывающими, перерабатывающими, транспортными и сбытовыми активами в различных юрисдикциях. Кроме того, немаловажными остаются и такие вопросы неналогового характера, как преимущества и недостатки правовых систем различных государств (юрисдикций), требования к ведению бухгалтерского учета и обязательства аудита, раскрытие и предоставление информации о компании и др.

Особое внимание следует уделить управлению финансовыми потоками внутри компании (чаще всего холдинга). В этой связи необходимо упомянуть ряд удобных инструментов и операций, предусмотренных как национальным, так и международным законодательством:

- перераспределение процентного дохода;
- вклады в уставный капитал юридических лиц внутри компании (холдинга);
- создание филиалов, занимающихся финансовой деятельностью;
- создание компаний, финансирующих операции группы;
- использование гибридных инструментов;
- использование вспомогательных компаний.

Все вышеуказанные операции приводят к значительному снижению ставки налогообложения в рамках всего холдинга.

Механизм международного финансового планирования состоит в создании оффшорных убежищ капитала, направлении капиталов и доходов по оптимальным налоговым маршрутам, например, рекомендуется аккумулировать прибыль от деятельности компании на счетах компании в стране, где либо отсутствует налогообложение прибыли, либо ставка налога на прибыль невысока.

Учитывая тот факт, что деятельность холдинговой компании в основном заключается во владении акциями, необходимо обращать внимание на следующие факторы налогового характера:

- налогообложение получаемых дивидендов: эффективный налоговый режим подразумевает освобождение от налогообложения дивидендов, распределяемых дочерним предприятием, в юрисдикции резидентства холдинговой компании;
- налогообложение прибыли от прироста стоимости акций: прибыль от прироста стоимости акций, получаемая при реализации стоимости акций дочернего предприятия, не должна подлежать налогообложению в юрисдикции резидентства холдинговой компании;
- наличие соглашений об избежании двойного налогообложения позволяет снизить размер налога на распределяемые дивиденды или прирост стоимости, удерживаемого у источника выплаты, до минимально возможного уровня;
- налогообложение дивидендов, уплачиваемых холдинговой компанией в другой юрисдикции: желательно, чтобы ставка налога, уплачиваемого у источника выплаты дивидендов в стране резидентства холдинговой компании не превышала 15%;
- гербовые сборы, налоги на капитал: благоприятным является отсутствие косвенных

налогов, которыми облагаются отдельные операции;

- «существенное присутствие» холдинговой компании в юрисдикции ее резидентства: без наличия существенного уровня присутствия некоторые юрисдикции могут отказать холдинговой компании в праве применения договоров об избежании двойного налогообложения.

Оффшорная компания является одним из наиболее широко распространенных корпоративных инструментов, обеспечивающих оптимальное проведение зарубежных операций. Оффшорная компания не ведет какой-либо бизнес в своей юрисдикции, чем в основном и обеспечивается ее льготный налоговый статус. Однако в остальном она ничем не отличается от обычной компании как юридического лица и является самостоятельным субъектом хозяйственных отношений.

Итак, при организации зарубежных дочерних фирм и филиалов «цепочку» собственности и контроля во многих случаях бывает целесообразно «замкнуть» на компанию, находящуюся в льготной налоговой юрисдикции. Иными словами, материнская компания осуществляет владение дочерними фирмами и крупными долями участия не непосредственно, а через промежуточную компанию. Она играет роль вспомогательного центра прибыли материнской компании, центра управления зарубежной недвижимостью и другими видами активов. Такие компании и определяются в международной практике как оперативно-холдинговые фирмы.

В этой связи можно рассмотреть наиболее эффективную с точки зрения налогообложения

инострannую юрисдикцию для международной холдинговой компании, которая будет владеть напрямую или через другие субхолдинговые компании добывающими, перерабатывающими, транспортными и сбытовыми активами в различных юрисдикциях.

В качестве юрисдикции для учреждения головной холдинговой компании могут рассматриваться четыре европейских государства: Люксембург, Кипр, Нидерланды и Швейцария. У каждой из представленных юрисдикций есть свои преимущества и недостатки. Так например, с точки зрения налогообложения получаемых дивидендов, прироста дохода и капитала для материнской компании операционных предприятий предпочтительной юрисдикцией, скорее всего, являются Нидерланды, поскольку они имеют надежный и проверенный режим освобождения от налогообложения на основании доли участия\*. Кроме того, отсутствие в Нидерландах налога на капитал весьма благоприятно с точки зрения гибкости. Нельзя также не принимать во внимание преимущества юрисдикции в виде развитой системы договоров об избежании двойного налогообложения.

С точки зрения дивидендов, выплачиваемых у источника, предпочтительнее выглядит Кипр ввиду отсутствия налога на дивиденды. Нидерланды, Люксембург и Швейцария более или менее схожи по условиям налогообложения выплачиваемых дивидендов.

В отношении финансовой деятельности условия Швейцарии, Люксембурга и Кипра сравнимы, поскольку финансовые структуры, эффективные с точки зрения налогообложения, могут быть созданы в любой из этих юрисдикций.

\*Правительство страны может потребовать от компании, ведущей деятельность в пределах данной страны, чтобы доля иностранного капитала в ней составляла определенный процент.

Yu. A. Krupnova

### Choice of Jurisdiction for Establishing a Holding Company

*Choice principles of an efficient jurisdiction at tax assessment for an international holding company were presented. It was demonstrated, that at establishing foreign subsidiaries and affiliates of a parent company it is preferred to implement possession of subsidiaries and large investment shares through an intermediate company, which is located in a favorable tax jurisdiction. The most efficient in terms of tax assessment foreign jurisdictions for an international holding company were considered.*

**Keywords:** international holding company, tax assessment, favorable tax jurisdiction, operational holding companies.

## **Honeywell представляет расширяемый терминал дистанционного управления для более полного контроля удаленных объектов**

Корпорация Honeywell представила терминал дистанционного управления RC500 RTU — модульный расширяемый контроллер, легко интегрируемый с технологиями SCADA и предназначенный для предоставления производственным предприятиям возможностей более полного контроля за выполнением операций на удаленных объектах. Терминал RC500 рассчитан на работу в тяжелых условиях и идеально подходит для решения задач дистанционной автоматизации, свойственных таким отраслям, как добыча и переработка нефти и газа. Контроллер обладает минимальным энергопотреблением, что позволяет эффективно использовать его с локальными источниками питания, в том числе и на солнечной энергии, для непрерывного текущего контроля стационарных удаленных объектов.

Открытая коммуникационная архитектура RC500 обеспечивает полную интеграцию с автоматизированной системой управления технологическими процессами Honeywell Experion® PKS — одной из наиболее широко используемых платформ промышленной автоматизации. При использовании совместно с продуктами Experion SCADA, терминал RC500 позволяет более рационально решать сложные задачи автоматизации и дистанционного управления: измерение расхода газа, сбор данных и интеграцию телекоммуникационных функций, управление устьевым

оборудованием скважины, управление насосами и компрессорами, автоматизацию запорных клапанов и газовых станций, что ведет к снижению общей стоимости объекта.

За счет встроенной Linux-платформы серия контроллеров RC500 RTU поддерживает широкий спектр коммуникационных портов и протоколов, что позволяет гибко и экономично расширять систему управления. Также предусмотрена поддержка стандартных промышленных протоколов Modbus и DNP3. Кроме того, RC500 поддерживает равноранговую передачу сигналов с входов/выходов, что делает его идеальным решением для передачи данных и обмена информацией между устройствами в крупных сетях.

Среди других ключевых особенностей — возможность регистрации данных с записью значений входов/выходов в файлы данных. Информационные системы предприятия могут извлекать сохраненные файлы данных и отображать содержащуюся в них информацию в различных приложениях, что делает процесс анализа простым и экономичным.

RC500 также оснащен предохранителями с функцией самовозврата, независимой схемой самоконтроля и модулем Ethernet I/O-2, который обеспечивает минимальную цену в расчете на порт для наиболее распространенных приложений управления.

## **Honeywell улучшает систему управления HC900 для упрощения монтажа и снижения вероятности ошибок оператора**

Корпорация Honeywell объявила о новых функциях сенсорного операторского интерфейса «900 Control Station» — компонента системы HC900, предназначенной для управления автономными процессами и SCADA-приложениями на промышленных предприятиях. 900 Control Station теперь предусматривает новые функции, позволяющие инженерам быстрее конфигурировать систему, а операторам — эффективнее осуществлять мониторинг процессов и снизить вероятность ошибок при вводе данных.

«Многие предприятия сегодня нуждаются в небольших системах для управления автономными процессами или решения SCADA-задач, где применение распределенной системы управления было бы подобно стрельбе из пушки по воробьям, — говорит Генри Тауш, вице-президент и генеральный директор. Кроме того, все чаще нашим клиентам нужно работать с периодическим производством, которое не требует сложного управления рецептурами или процедурами. Усовершенствования, которые мы внесли в систему HC900, помогут таким предприятиям более эф-

фективно внедрять решения, необходимые им для удовлетворения своих нужд».

Система управления HC900 включает решения для аналогового и дискретного управления процессами, такими как регулирование температуры в котлах, печах и сушилках. Она также идеально подходит для применения в малотоннажных фармацевтических и химических производствах, в производстве биотоплива и на опытных установках. Функциональные нововведения системы включают автоматическое управление температурным режимом при производстве продукции партиями и подготовку соответствующей отчетности, расширение набора инструментов удаленного доступа и средств связи, улучшение систем сигнализации и безопасности.

Данные о сигналах, поступающих, например, с контроллера HC900, теперь интегрированы в операторский интерфейс. Это означает, что предприятия могут экономить время при монтаже системы, так как конфигурировать отдельно сигнализации операторского интерфейса не требуется. Кроме того, теперь система предусматривает автоматизированный ввод данных посредством считывания штрих-кодов, что позволяет операторам быстро вводить необходимые идентификационные данные текущей партии продукции и снижает влияние человеческого фактора. Операторы также могут обращаться к данным операторского интерфейса с мобильного телефона и дистанционно контролировать работу системы

## Новейшая версия АСУ ТП Experion компании Honeywell упрощает управление открытыми системами на промышленных предприятиях

Корпорация Honeywell объявила о внесении значительных усовершенствований в АСУ ТП Experion® Process Knowledge System (PKS), которые позволят промышленным предприятиям управлять своими системами контроля и автоматизации в условиях постоянно развивающихся технологий с меньшими усилиями и затратами. Усовершенствования в Experion R400 ориентированы на снижение стоимости эксплуатации открытой системы за счет увеличенного срока службы, гибких схем непосредственного перехода на новую версию без прерывания технологических процессов, виртуализации и упрощения установки и миграции. Все это позволит промышленным предприятиям сконцентрироваться на максимальном использовании преимуществ открытых систем для совершенствования своего бизнеса.

В Experion теперь также предусмотрена интегрированная система управления турбинами, которая даст возможность энергетикам повысить производительность оборудования за счет более тесной интеграции между котлами и турбинами. Это обеспечит более тщательный контроль работы турбин, позволяя эффективнее вырабатывать энергию за счет максимальной адаптации к колебаниям спроса на электроэнергию с одновременным снижением потребления топлива и производственных издержек.

АСУ ТП Experion, используемая на предприятиях основных отраслей перерабатывающей

промышленности по всему миру, тесно интегрирует все подсистемы предприятия, включая управление технологическими процессами, противоаварийную защиту, промышленную безопасность для повышения общей безопасности, надежности, эффективности и экологичности производства. Операторы технологических процессов получают более полное представление о том, как процессы, находящиеся в их ведении, влияют на общую работу предприятия, поэтому в диспетчерской принимаются более взвешенные решения.

«Не секрет, что появление открытых систем обозначило для перерабатывающей промышленности как огромные преимущества, так и серьезные проблемы, — сообщает Скотт Хиллман, директор по глобальным решениям Honeywell Process Solutions. — Усовершенствования, которые мы внесли в Experion, призваны облегчить решение большинства из этих проблем, предоставив предприятиям более простой и намного более экономичный способ обеспечения безотказной работы своих производственных линий на фоне постоянных смен операционных систем и сопутствующего программного обеспечения».

Эксплуатация АСУ ТП Experion в виртуальной среде обеспечивает значительное сокращение числа компьютеров на предприятии, упрощение управления и гарантированное надлежащее функционирование программного обеспечения даже при обновлении платформ. Кроме того,

наличие Experion R400 увеличивает срок службы операционных систем и ключевых компонентов инфраструктуры. Предприятиям, на которых используются более старые версии Experion, теперь будет проще произвести обновление до R400 благодаря расширенной схеме миграции без прерывания процессов и функциям автоматической установки.

В состав системы также входит новый шлюз Profibus, обеспечивающий резервирование и, следовательно, дополнительно повышающий надежность критических приложений управления технологическим процессом, таких как пульта интеллектуального управления двигателями и дистанционный контроль параметров наиболее важного оборудования.

## **Консорциум ASM провел ежеквартальное обзорное совещание. Предмет обсуждения — обеспечение безопасности и снижение негативного воздействия на окружающую среду**

В центре внимания ежеквартального обзорного совещания Консорциума по управлению нештатными ситуациями (Abnormal Situation Management (ASM) Consortium), проходившего в Университете штата Калифорния в Лос-Анджелесе, были вопросы обеспечения безопасности технологических процессов и снижения их воздействия на окружающую среду.

Члены консорциума, среди которых были представители производственных предприятий, поставщиков и университетов, сотрудничающих в области исследования современных практических подходов к управлению нештатными ситуациями на промышленных объектах, встретились на форуме для обсуждения текущих исследований и разработок. Это совещание, организованное членами Консорциума — Университетом штата Калифорния и компанией Human Centered Solution — позволило членам Консорциума обменяться информацией о преимуществах применения практических рекомендаций и продуктов ASM, а также обсудить новые проблемы, с которыми сталкиваются производственные предприятия.

«Авария в Мексиканском заливе подчеркнула тот факт, что недостаточное внимание к вопросам безопасности технологических процессов может привести к возникновению нештатных ситуаций с дорогостоящими и разрушительными последствиями», — сообщает Пегги Хьюитт, директор Консорциума ASM. — «Для снижения тяжести последствий аварий, аналогичных этой, необходимо принимать меры по всем трем направлениям, представляющим потенциальную угрозу и охватывающим технологические процессы, оборудование и персонал. Консорциум ASM повышает безопасность, надежность и

эффективность технологических процессов на производственных предприятиях за счет объединения накопленного предприятиями опыта, учета человеческого фактора и самых последних технологических достижений.

К числу других тем, затронутых на июньском ежеквартальном обзорном совещании, относятся: проект непрерывного совершенствования управления аварийной сигнализацией, определение компетентности ASM в управлении нештатными ситуациями, анализ требований к взаимодействию участников ASM, визуализация состояния клапанов для операторов, системы управления аварийной сигнализацией, системы автоматизации процедур управления.

Консорциум ASM был создан под руководством компании Honeywell в 1994 году для решения таких проблем, как незапланированные остановки, пожары, взрывы, вредные выбросы и др. Консорциум получил название Abnormal Situation Management®. Финансирование со стороны Национального института стандартов и технологий (NIST) позволило Консорциуму провести в течение нескольких лет исследования передовых решений в области управления нештатными ситуациями. Начатые исследования продолжаются, прикладываются дополнительные усилия к разработке и внедрению решений ASM.

Результаты исследований содержатся в публикациях для членов Консорциума и зачастую распространяются посредством обычных и интернет-семинаров, а также рабочих совещаний. Пользователи-члены Консорциума также помогают Honeywell в выборе и разработке решений, использующих исследования ASM. Организации, не являющиеся членами

Консорциума, могут ознакомиться с результатами исследований, которые представлены в Практических рекомендациях ASM по управлению аварийной сигнализацией, проектированию систем отображения информации.

На сегодняшний день членами Консорциума ASM являются BP, ExxonMobil, ConocoPhillips,

Sasol, Total, Shell, Honeywell, Human Centered Solution, Университет штата Калифорния, Центр безопасности технологических процессов MaryKay O'Connor в университете A&M (штат Техас), Технический университет Nanayang и Государственный университет штата Пенсильвания.

## Matrikon устанавливает систему управления запасами в корпорации ENMAX

Компания Matrikon Inc., ныне входящая в состав корпорации Honeywell, объявила о внедрении в ближайшее время в одном из подразделений корпорации ENMAX Corp. — поставщика электроэнергии, природного газа и сопутствующих услуг — своего интегрированного решения по управлению производственными процессами и складским хозяйством, которое поможет компании ENMAX улучшить краткосрочное и долгосрочное планирование технического обслуживания и ремонта оборудования.

Решение планируется внедрить в электроэнергетическом подразделении ENMAX. Специалисты Matrikon сконфигурируют и установят свою систему IBM Maximo, которая позволит ENMAX снизить частоту поломок оборудования, сократить затраты на ремонтно-профилактическое обслуживание и повысить рентабельность. Программное обеспечение управления исправностью оборудования Maximo обеспечивают рациональное ведение хозяйственной деятельности для повышения надежности оборудования и производительности труда. Помимо планирования технического обслуживания и ремонта оборудования, система должна улучшить контроль над использованием ресурсов на электростанциях, а также обеспечить наличие запасных частей в случае их необходимости.

Ключевая особенность решения — гибкость при удовлетворении будущих потребностей энергетической компании. Его интеграция с корпоративными системами, такими как система

финансовой отчетности PeopleSoft и система учета заработной платы Kronos, обеспечит беспрепятственное движение потоков данных и максимальную доступность информации внутри единой интегрированной среды. После создания интегрированной среды на корпоративном уровне ENMAX сможет рассмотреть возможность использования Maximo для поддержки управления производственными процессами и запасами и на других предприятиях, входящих в состав корпорации.

Имея в штате 30 сертифицированных консультантов по IBM Maximo, компания Matrikon является ведущим интегратором и партнером по поддержке решений на базе IBM Maximo.

Компания Matrikon специализируется на разработке и внедрении промышленных решений контроля производственной эффективности для предприятий и компаний нефтегазовой, энергетической, горнодобывающей и нефтехимической отраслей. Продукты Matrikon позволяют заблаговременно обнаруживать и устранять проблемы, выявлять возможности для рационализации, совместно использовать передовые технологии, внедрять и поддерживать высокие стандарты хозяйствования. Компания была основана в 1988 г. Располагая офисами в Северной Америке, Австралии, Европе и на Ближнем Востоке, а также клиентской базой, включающей ведущие предприятия целого ряда отраслей перерабатывающей промышленности, Matrikon является компанией глобального масштаба.