

**НДТ 2015**

# МОДЕЛЬ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБРАЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКЦИИ И ВНЕДРЕНИЕ НДТ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Д.О. СКОБЕЛЕВ – ДИРЕКТОР ВНИИ СМТ

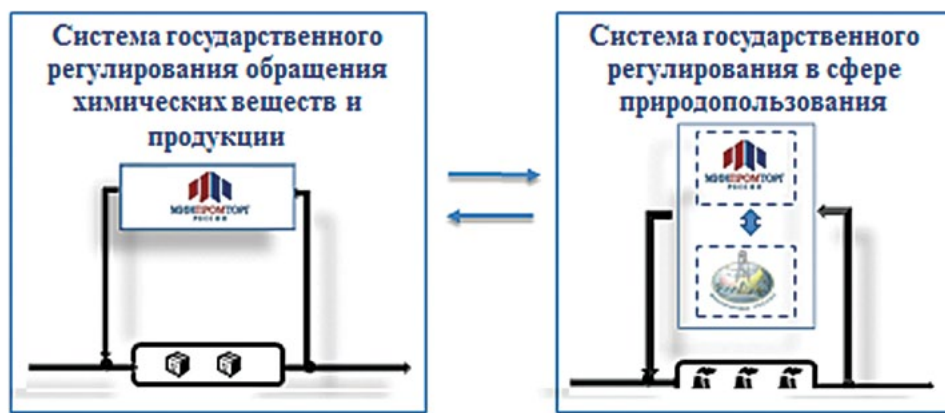
О.В. ГРЕВЦОВ – ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА ОТДЕЛА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Е.В. ЗБИТНЕВА – НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА РЕГУЛЯТОРНЫХ ПРАКТИК

Целью государственной политики, согласно Основам государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2015 года и дальнейшую перспективу, утвержденных Президентом Российской Федерации В.В. Путиным 1.11.2013г. Пр-2573, является последовательное снижение до приемлемого уровня риска негативного воздействия опасных химических и биологических факторов на население и окружающую среду. К приоритетным направлениям государственной политики, в том числе, относится совершенствование нормативного правового регулирования и государственного управления. Регулирование обращения химических веществ и продукции относится к сфере промышленной политики, где определен один регулятор. Регулирование в сфере природопользования характеризуется необходимостью сочетания промышленной политики и политики в области охраны окружающей среды (рис. 1). Настоящая статья посвящена сравнению моделей регулирования обращения химических веществ и продукции и регулирования, связанного с применением НДТ.



Рисунок 1. Сравнение систем государственного регулирования



В работе [1-2] приведено описание модели системы государственного регулирования, состоящей из одиннадцати типовых элементов. Модель была создана на основе анализа документов международных структур, оказывающих влияние на обращение химических веществ и продукции в мире, таких как Химический Диалог АТЭС, Международный подход к регулированию обращения химических веществ (SAICM), документов Комитета по химии ОЭСР и Подкомитета экспертов ООН-СГС. Типовые элементы модели системы регулирования представлены на рисунке 2.

Рисунок 2 - Типовые элементы модели государственного регулирования



Рассмотрим организацию системы регулирования обращения химических веществ и продукции на территории Российской Федерации на основе предложенной модели.

Первый элемент – объект регулирования - химические вещества и продукция, находящиеся в обращении.

Второй элемент – участники системы регулирования. Во-первых, это регулятор – Минпромторг России. В процессы регулирования обращения вовлечены и другие федеральные органы исполнительной власти. Например, в сфере охраны здоровья населения - Минздрав России, технического регулирования - Росстандарт, обеспечения пожарной безопасности - МЧС России, охраны окружающей среды - Минприроды России, санитарно-эпидемиологического благополучия населения - Роспотребнадзор, промышленной безопасности - Ростехнадзор, охраны труда - Минтруд, строительства - Минстрой, транспорта - Минтранс России и антитеррористической деятельности - ФСБ России.

Третий элемент – факторы влияния (национальные приоритеты и международные обязательства), которые оказывают существенное влияние на процессы государственного регулирования, в том числе в сфере обращения химических веществ и продукции. Например, в Плане первоочередных мероприятий по обеспечению устойчивого развития экономики и социальной стабильности в 2015 году [3] обозначена необходимость обеспечения поддержки экспорта и импортозамещения. Таким образом, в системе регулирования особенно важной становится задача обеспечить полноценный учет химических веществ и продукции в обращении на территории нашей страны.

Международные обязательства России рассматриваются в рамках заключенных соглашений (например, Конвенций), а также в рамках работ в международных организациях. Например, необходимость учитывать требования Совета ОЭСР к регулированию обращения химических веществ и продукции в рамках процесса присоединения к данной организации.

Следующий элемент – индикаторы регулирования, описывающие состояние регулируемой сферы (например, объемы производства/импорта и экспорта химической продукции), а также индикаторы управления – индикаторы, на которые регулятор может опираться при принятии решений (рисунок 3).

Рисунок 3 – Объекты регулирования, участники, факторы влияния и индикаторы регулирования системы

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Объект регулирования</b>     | <b>Химические вещества и продукция, находящиеся в обращении, их отдельные группы (например, вызывающие озабоченность на международном уровне)</b>   |
| <b>Участники</b>                | <b>Регулятор – Минпромторг России, другие ФОИВ (Минздрав, Роспотребнадзор, Минприроды, МЧС России, Минтруд, Росстандарт), промышленность, общественные организации</b>  |
| <b>Факторы влияния</b>          | <p><b>Национальные приоритеты</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Основы гос. политики в области хим-био. безопасности до 2025 г.: <b>снижение уровня риска</b></li> <li>• Стратегия 2020: <b>повышение конкурентоспособности продукции и сырья для экспорта</b></li> <li>• «Антикризисный план на 2015 г»: <b>поддержка импортозамещения и экспорта</b></li> </ul> <p>184-ФЗ: <b>защита жизни и здоровья, ОС</b><br/>                     52-ФЗ: <b>санитарно-эпидемиологическое благополучие населения</b><br/>                     197-ФЗ: <b>охрана труда</b></p> <p><b>Международные обязательства</b></p> <p><b>Международные договоры:</b> Стокгольмская (СОЗ), Базельская и Роттердамская Конвенции<br/> <b>Участие в работе МО:</b> ВТО, ЕЭС, ОЭСР (акты Совета ОЭСР: учет веществ, оценка рисков, контроль/ограничение/безопасные аналоги), АТЭС, Подкомитет ООН-СГС (внедрение СГС и глобальный список)</p> |
| <b>Индикаторы регулирования</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Показатели состояния</b> (объемы выпуска/экспорта/импорта химической продукции)</li> <li>• <b>Показатели управления</b> (показатели эффективности финансовой поддержки предприятий)</li> </ul>  |

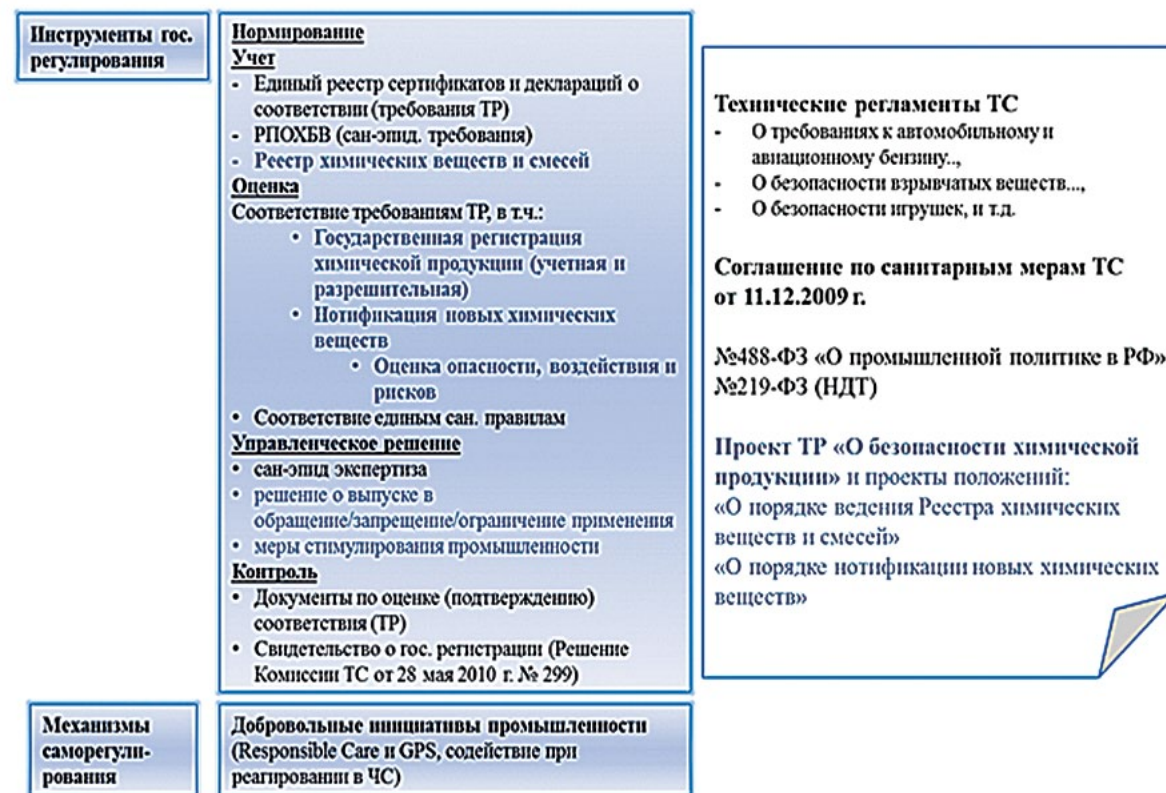
Сфера обращения химической продукции и веществ на данный момент является фрагментарной и достаточно сложной с точки зрения инструментов регулирования. Действует ряд технических регламентов на отдельные виды продукции и химических веществ, а также ряд других требований, например, санитарно-эпидемиологические требования в рамках Соглашения по санитарным мерам Таможенного союза. Ряд требований на данный момент являются несогласованными.

Инструменты регулирования условно можно разделить на следующие категории: нормирование, учет, оценка и управленческое решение и контроль.

В рамках проекта технического регламента Таможенного союза «О безопасности химической продукции» и актов второго уровня, детализирующих его положения, планируется осуществлять регулирование более системно: в том числе обеспечить учет и оценку химических веществ и продукции. Проектом этого технического регламента предусмотрены процедуры государственной регистрации химической продукции и нотификации новых химических веществ, в частности, проведение оценки опасности, воздействия и рисков негативного воздействия химических веществ на здоровье человека и окружающую среду.

Механизмы саморегулирования также являются важными инструментами, позволяющими обеспечить достижения национальных приоритетов без осуществления регулирования сверху, в рамках добровольных инициатив промышленности. Примерами таких эффективных инициатив являются программы «Ответственная забота» (Responsible Care, RC) и «Глобальная стратегия управления химической продукцией» (Global Product Strategy, GPS) (рисунок 4).

Рисунок 4 – Инструменты государственного регулирования и механизмы саморегулирования



Информационные ресурсы – необходимое звено в системе регулирования. Подобные ресурсы должны обеспечить информацией как регулятора, так и других участников системы. В России и Таможенном союзе существует ряд информационных ресурсов опасных свойств химических веществ и продукции, например, АРИПС «Опасные вещества» Роспотребнадзора. Федеральным законом Российской Федерации от 31 декабря 2014 г. N 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» предусмотрено создание государственной информационной системы промышленности (ГИС промышленности). Она, в свою очередь, может содержать в качестве сегмента информационно-аналитическую подсистему, в которой будет содержаться информация по химическим веществам, продукции и производителям.

Лабораторная инфраструктура включает аккредитованные испытательные центры и лаборатории, в том числе, удовлетворяющим требованиям надлежащей лабораторной практики.

Информирование об опасных свойствах химических веществ и продукции, мерах по обращению с ними осуществляется в соответствии с рекомендациями ООН-СГС, которые внедрены в рамках межгосударственных стандартов.

Необходимо учесть при построении модели человеческий фактор в рамках имитационного моделирования, предполагающего моделирование взаимодействий между участниками системы (рисунок 5).

Рисунок 5 – Информационные ресурсы, лабораторная инфраструктура, процессы информирования и учет



Представленные выше одиннадцать блоков формируют модель государственного регулирования обращения химических веществ и продукции.

Предложенный подход был использован для описания системы регулирования при переходе на НДТ.

В настоящее время в Российской Федерации для реализации политики государства по переходу на принципы НДТ сформирован перечень приоритетных мер, направленных на отказ

от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы наилучших доступных технологий и внедрение современных технологий.

По итогам совещания о внедрении НДТ в промышленности 24.10.2014 под председательством Д.А. Медведева в целях улучшения экологической ситуации в стране с одновременным развитием энергоэффективных производственных технологий, решения задач импортозамещения и повышения конкурентоспособности, было принято решение об актуализации комплекса мероприятий по переходу на НДТ.

В целях реализации данных мероприятий рассматривается и возможность интеграции основных принципов применения НДТ в национальную систему регулирования производства продукции (товаров), выполнения работ и оказания услуг.

Что касается объекта регулирования, в настоящее время объект государственного регулирования представляет собой область распространения того или иного законодательного акта. Так, Федеральным законом от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (в редакции Федеральных законов) обеспечиваются отношения, связанные с требованиями к продукции и процессам производства.

Федеральный закон от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» регулирует отношения, возникающие в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Регулирование выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредных физических воздействий на него осуществляется в соответствии с Федеральным законом от 4 мая 1999 года № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».

Тем не менее, в тех и иных случаях объектом регулирования является источник, оказывающий неблагоприятное воздействие на окружающую среду и человека.

Регулирование на основе НДТ базируется на Федеральном Законе от 21.07.2014 № 219 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации», который регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду.

Тем не менее, сфера применения вышеуказанного Федерального закона слишком велика. Логично предположить, что в таком случае объектом государственного регулирования станут химические вещества в составе выбросов, сбросов, отходов.

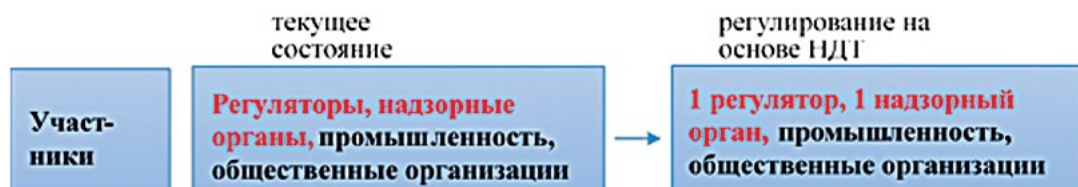
При этом учет всего разнообразия химических веществ в выбросах, сбросах, отходах не только не обязателен, но и не желателен. Необходима выборка так называемых маркерных веществ, в полной мере отражающих специфику отрасли производства.



Следующим необходимым элементом государственного регулирования являются участники системы.

В настоящее время существует достаточно большое количество ФОИВ и организаций, осуществляющих надзорные функции за процессами сбросов, выбросов и утилизации загрязняющих веществ. Функции ФОИВ, надзорных органов порой дублируют друг друга; межведомственное взаимодействие не всегда отлажено и увеличивает нагрузку на субъекты промышленной деятельности.

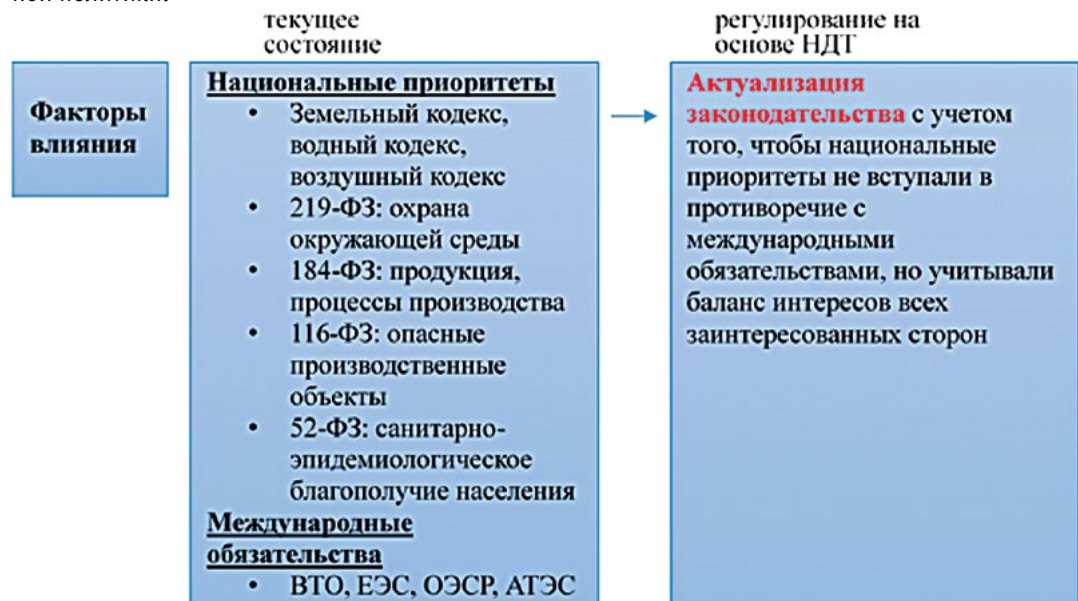
Регулирование на основе НДТ оптимально должно осуществляться при таких условиях, когда существует один регулятор и один орган, осуществляющий государственный надзор: тогда вся информация для принятия управленческих решений будет сосредоточена в одних руках.



Существенную роль в регулировании играют факторы внешнего влияния.

Текущее состояние государства предполагает, что во главе стоят национальные приоритеты, регулирующие отношения в разных сферах деятельности. Кроме этого существуют международные обязательства, которые в той или иной степени оказывают влияние вопросы регулирования.

При переходе на принципы НДТ необходима актуализация документов с учетом того, чтобы национальные приоритеты не вступали в противоречие с международными обязательствами, но учитывали баланс интересов между регулированием в сфере природопользования и промышленной политики.



Следует учесть, что как в настоящее время, так и при регулировании на основании НДТ индикаторами регулирования будут являться показатели состояния, основанные на превышении/непревышении ПДК (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, водных объектах, сточных водах, почве.

В то же время при регулировании с использованием НДТ индикаторами состояния должно стать отнесение объектов к I, II, III, IV категорий как показатель их воздействия на окружающую среду.

В настоящее время показатели управления – это классификация предприятий, водных объектов, сточных вод. При переходе на НДТ негативные воздействия в рамках субъект-объектных отношений могут оцениваться через понятие ущерба с учетом качественного анализа воздействий на окружающую среду субъектов промышленной деятельности и показателями управления, отражающими темпы переходы и эффективности внедрения НДТ.



Следующий элемент государственного регулирования – это непосредственно инструмент регулирования, который состоит из нескольких уровней, основанных на принципах взаимосвязи, документирования, контроля и ответственности, а также последовательным осуществлением каждого из уровней.

В настоящее время на субъекты промышленной деятельности тяжким бременем ложатся отчетность, разработка проектной экологической документации, гигиеническое (санитарное), экологическое и техническое нормирование, надзор (экспертная оценка).

Установленные законодательством и национальными стандартами значения правил и норм в области обращения химических, как правило, не отражают наивысшие достижения науки и техники и, по существу, являются компромиссом между возможностями промышленности (большинства изготовителей) и требованиями регулятора. Кроме того, в процесс вовлечены разные ФОИВ и надзорные организации, осуществляющие свои функции и свои задачи.

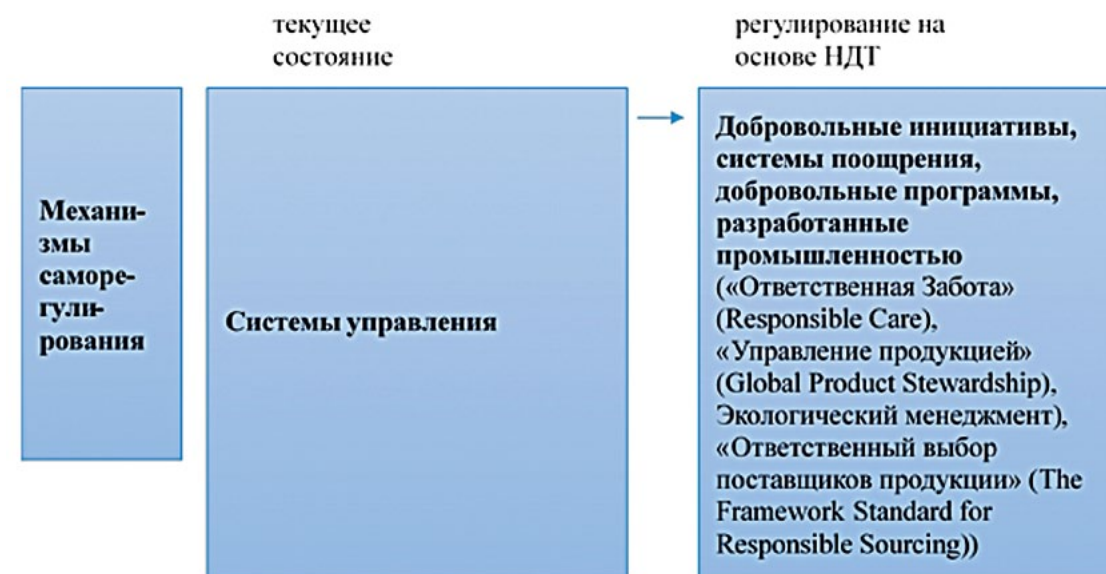
При переходе на НДТ возможно оптимальным решением станет переход от привычной отчетности к перечню маркерных загрязняющих веществ в соответствии с нормативами качества окружающей среду и внедрение технологического нормирования, основанного на принципах НДТ с учетом нормативов качества окружающей среды, корректировка которых должна быть проведена в ближайшее время.



При разговоре о процессах регулирования следует отметить о существовании механизмов саморегулирования на объектах регулирования.

Механизмы саморегулирования на субъектах промышленной деятельности в настоящее время в основном представлены системами менеджмента. Добровольные программы, инициативы недостаточно развиты.

Переход на регулирование на основе НДТ подразумевает глубокое вовлечение добровольных инициатив, программ, систем поощрения, разработанных самой промышленностью, что позволит ей более широко участвовать в процессах регулирования.



Информационные ресурсы являются важным составным элементов в вопросах регулирования. Сбор, обработка и анализ информации в настоящее время осуществляется различными ФОИВ, межведомственная координация между которыми нарушена или не отлажена. Это не позволяет владеть полным комплектом всей информации, чтобы принимать решения в области регулирования.

Предполагается, что при переходе на регулирование, основанное на принципах НДТ будет единый орган мониторинга, единая информационная база данных.



Это касается и вопроса лабораторной инфраструктуры. В настоящее время проведение исследований (испытаний, оценок) осуществляется различными лабораториями (Роспотребнадзор, Росгидромет), санитарных лабораторий предприятий, ведомственных лабораторий (водоканалуправление, институты, НИЦ). Используемые методы различаются, интерпретация результатов исследования – тоже.

В оптимальном варианте – это переход к единым методикам проведения испытаний, взаимному признанию данных.



Таким образом, построение системы государственного регулирования на основе принципов наилучших доступных технологий отразится не только на природоохранном законодательстве, но и на экономике промышленных предприятий, поскольку применение эффективной системы регулирования на основе НДТ позволит предприятиям внедрить качественно новый подход для обеспечения своей хозяйственной деятельности.

Применение современных ресурсосберегающих, инновационных и наилучших доступных технологий даст возможность использовать новое технологическое оборудование при финансовой поддержке государства, а также оптимизировать деятельность промышленных предприятий за счет перехода к выполнимым требованиям и показателям, которые установлены регулирующими органами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Д.О. Скобелев, П.А. Стороженко, Е.В. Журба, Н.М. Муратова. Структура модели национальной системы регулирования обращения химической продукции. Компетентность 9-10/110-111/2013
2. Д.О. Скобелев, П.А. Стороженко, Е.В. Журба, Н.М. Муратова. Структура модели национальной системы регулирования обращения химической продукции. Компетентность 1/112/2014
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 января 2015 года №98-р. План первоочередных мероприятий по обеспечению устойчивого развития экономики и социальной стабильности в 2015 году.
4. Мезенцева О.В., Скобелев Д.О. Внедрение наилучших доступных технологий как элемент системы комплексного предотвращения и контроля за негативным воздействием на окружающую среду // Наилучшие доступные технологии. Применение в различных отраслях промышленности. Сб. ст. – М., 2014. С. 24–31.

## РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К РЕГУЛИРОВАНИЮ НА ОСНОВАНИИ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НОРМ И ИСПОЛНЕНИЯ ЗАКОНОВ

Д.О. СКОБЕЛЕВ – директор ФГУП «ВНИИ СМТ»

В.П. КОВАЛЕНКО – инженер отдела стандартизации продукции нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности ФГУП «ВНИИ СМТ»

Е.В. БРАГИН – заместитель генерального директора ООО «УГМК-Холдинг»

Развитие и совершенствование предприятий отечественной промышленности в настоящее время требует разработки новых принципов и подходов. Одним из современных путей решения является внедрение в государственное регулирование промышленной деятельности принципов наилучших доступных технологий (НДТ).

Настоящая статья посвящена описанию попытки использования математической теории игр для моделирования поведения хозяйствующих субъектов в зависимости от выполнения и обоснованности установленных норм.

Внедрение НДТ в отечественную промышленность схематично может быть представлено на рисунке 1. Рассматривается ряд хозяйствующих субъектов, представляющих собой промышленные предприятия. Эти субъекты взаимодействуют как между собой, так с регулятором и надзорными органами.

В свою очередь регулятор может проводить как промышленную политику (Минпромторг России), так и экологическую политику (Минприроды России). Роль надзорных органов в данном случае заключается в контроле за исполнением требований законов хозяйствующими субъектами.

Далее более подробно будет рассмотрено поведение хозяйствующих субъектов в зависимости от управляющего воздействия.

Текущее представление о государственной политике сводится к тому, что ее неэффективность (проявляющаяся в высоком уровне негативного воздействия) требует дальнейшего ужесточения норм и процедур контроля. Однако, само принятие государством законов и подзаконных актов, установление новых жестких требований еще не обеспечивает того, что заключенные в них нормы будут соблюдаться. Часто законы не исполняются, т.к. в них устанавливают трудновыполнимые требования, противоречащие нормам, преобладающим в обществе. Так, например, СанПиН 2.1.4.1074-01 устанавливает предельно допустимую концентрацию (ПДК) меди в питьевой воде не более 1 мг/л, ПДК меди в дистиллированной воде, согласно ГОСТ 6709-72, должна составлять не более 0,02 мг/л. В свою очередь ПДК меди для водных объектов рыбохозяйственного назначения (в соот-

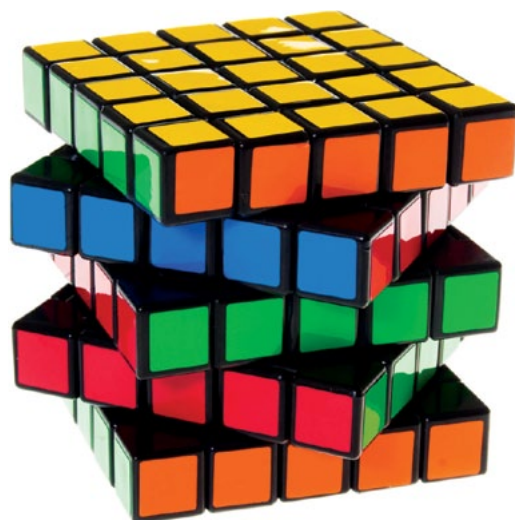


Рисунок 1 – Схема взаимодействия хозяйствующих субъектов и регулятора



ветствии с Приказом Росрыболовства №20 от 18.01.2010) должна составлять не более чем 0,001 мг/л. Очевидно, что такая норма для сточных вод трудновыполнима, т.к. она более жесткая, чем установленные для питьевой и дистиллированной воды.

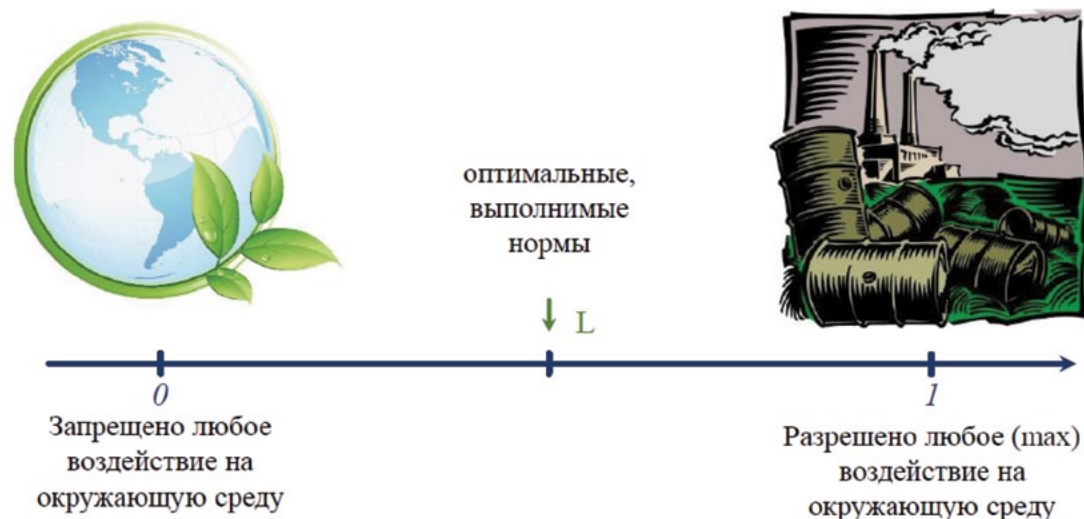
Резкие изменения в законодательстве также могут негативно влиять на предприятия, которые стараются соблюдать закон и используют для этого новые технологии. Например, до отмены «Индуктивно-методических указаний по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды»<sup>[1]</sup> предприятия, не использующие для промывки отходов производства фосфорной кислоты речную воду и тем самым, полностью исключаящие сброс промышленных стоков в поверхностные воды, относились к предприятиям 4-го класса опасности и платили штрафы определенного размера. После отмены этих указаний сумма штрафа возросла практически в десятки раз. Очевидно, что



в такой ситуации предприятиям выгоднее перейти на традиционную технологию с использованием речной воды, наносящую больший вред окружающей среде, т.к. оплата штрафа неизбежна при любой технологии и ее совершенствование в данном случае теряет здравый смысл.

Учитывая неоднозначность влияния норм закона на его исполнение, в настоящей работе предлагается использование результатов исследований американских ученых Массачусетского технологического института Дарона Айсмоглу и Мэтью О. Джексона на тему «Социальные нормы и исполнение законов»<sup>[2]</sup>. Принимается следующая формализация закона (рисунок 2). Он количественно характеризуется интервалом от 0 до 1. «0» означает полное исполнение закона, запрещение любого воздействия на окружающую среду. А «1» разрешает любое, даже максимальное, воздействие на окружающую среду.

Рисунок 2 – Формализация закона



Будем рассматривать процесс, используя принцип «от простого к сложному». Первоначально проанализируем статическую модель, т.е. математическую модель, в которой зависимости отнесены к одному моменту времени.

Одним из этапов любого процесса моделирования является формализация исходных данных. К ним можно отнести:

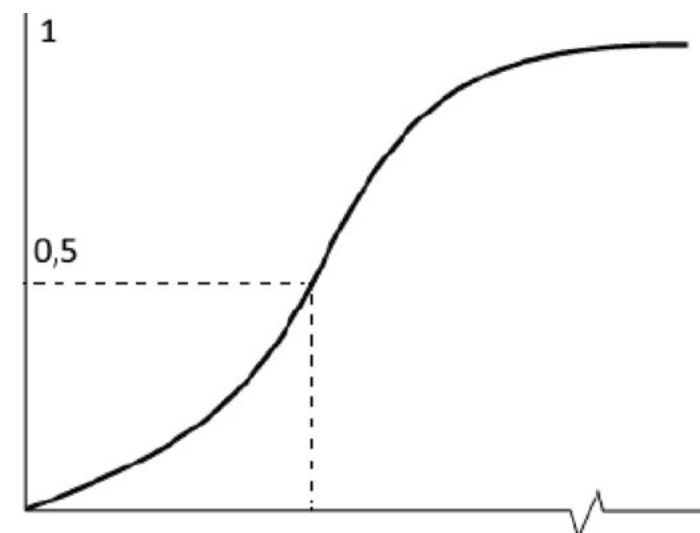
$N = \{1, \dots, n\}$ ,  $n \geq 2$  – конечное число хозяйствующих субъектов. Рассматривается равномерное случайное по-парное согласование.

$m$  – функция согласования.  $m(i)$  обозначает согласование партнера с  $i$ -м хозяйствующим субъектом,  $m(i) \neq i$ ,  $m(m(i)) = i$ .

$\theta_i \in [0, 1]$  – тип хозяйствующего субъекта. Представляет собой склонность объекта к исполнению закона. Распределен в соответствии с кумулятивной функцией распределения  $F$ . Для прос-

тоты считают, что  $F$  строго возрастает и непрерывна на отрезке от 0 до 1, причем  $F(0) = 0$  и  $F(1) = 1$ . Это означает, что в точке (0,0) полностью исполняется закон, а в точке (1;1) закон не исполняется (графически функция  $F$  представлена на рисунке 3).

Рисунок 3 – Кумулятивная функция распределения,



$b_i \in [0, 1]$  – базовый режим поведения. В частности, хозяйствующий субъект выбирает режим поведения до этапа согласования, т.е. он не знает  $m(i)$  при выборе своего режима поведения.

$B_i$  – фактический режим поведения. Означает то, что базовый режим может быть смещен к фактическому в виду соблюдения закона или действия внешних факторов.

$L \in [0, 1]$  – модель закона.

Также для понимания модели необходимо ввести дополнительные обозначения:

$\eta \in [0, 1]$  – вероятность контроля регулятором режимов любой пары хозяйствующих субъектов.

$\omega_i \in \{0, 1\}$  – решение хозяйствующего субъекта  $i$  сообщить о некорректном поведении партнера.

«1» означает положительное решение, «0» – отрицательное.

$\phi > 0$  – штраф, выплачиваемый в случае нарушения закона.

Тогда выгода хозяйствующего субъекта может быть рассчитана по формуле:

$$u_i(\theta_i, B_i) = -a \cdot (B_i - \theta_i)^2 - (1 - a) \cdot (B_i - B_{m(i)})^2 - \zeta \bar{B}_{-i} - (\eta + (1 - \eta) \omega_{m(i)} I_{\{b_i > L\}}) \cdot \phi$$

где  $\bar{B}_{-i} \equiv \frac{\sum_{j \neq i} B_j}{n-1}$  – средний режим поведения других хозяйствующих субъектов, отличных от  $i$ .

$\zeta \geq 1$  – параметр, который фиксирует отрицательные внешние эффекты.

$a \geq (0, 1)$  – мера «социальной чувствительности». Регулирует относительную важность собственных предпочтений по сравнению с преобладающей «нормой». В нашем случае соответствует

«ожидаемому режиму» поведения других хозяйствующих субъектов.

В процессе моделирования авторы применяют математическую теорию игр, рассматривая ситуацию с позиции байесовых игр. Поэтому результат представляет собой равновесное решение, т.е. ситуацию, которая выгодна всем участникам.

На рисунке 4 приведена графическая интерпретация 3-х случаев:

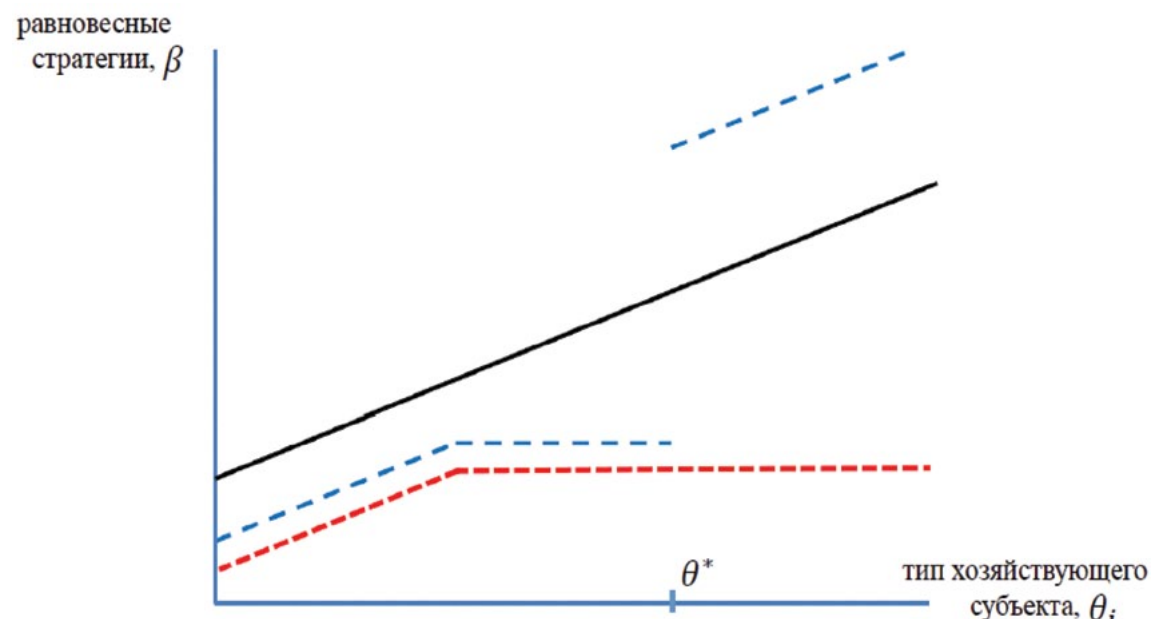
1. случай, когда закон разрешает все;
2. случай полного исполнения закона;
3. случай частичного исполнения закона.

Первая ситуация, когда закон разрешает все ( $L = 1$ ), представлена на рисунке черной сплошной линией. Линейность в данном случае является следствием того, что без рассмотрения законов выигрыш представляет собой квадратичную функцию. Рассмотренный выше параметр определяет угол наклона равновесных стратегий.

Случай полного исполнения закона на рисунке представлен красной пунктирной линией. Момент излома на графике означает момент введения закона.

Случай частичного исполнения закона представлен синей прерывистой линией. График имеет разрыв в точке  $\theta^*$ . Это означает, что до  $\theta^*$  субъект мог исполнять закон и ему это было выгодно, после же исполнение закона становится невыгодным и хозяйствующий субъект начинает его нарушать.  $\theta^*$  – граничная точка исполнения закона.

Рисунок 4 – Полное и частичное исполнение закона, равновесие без рассмотрения закона

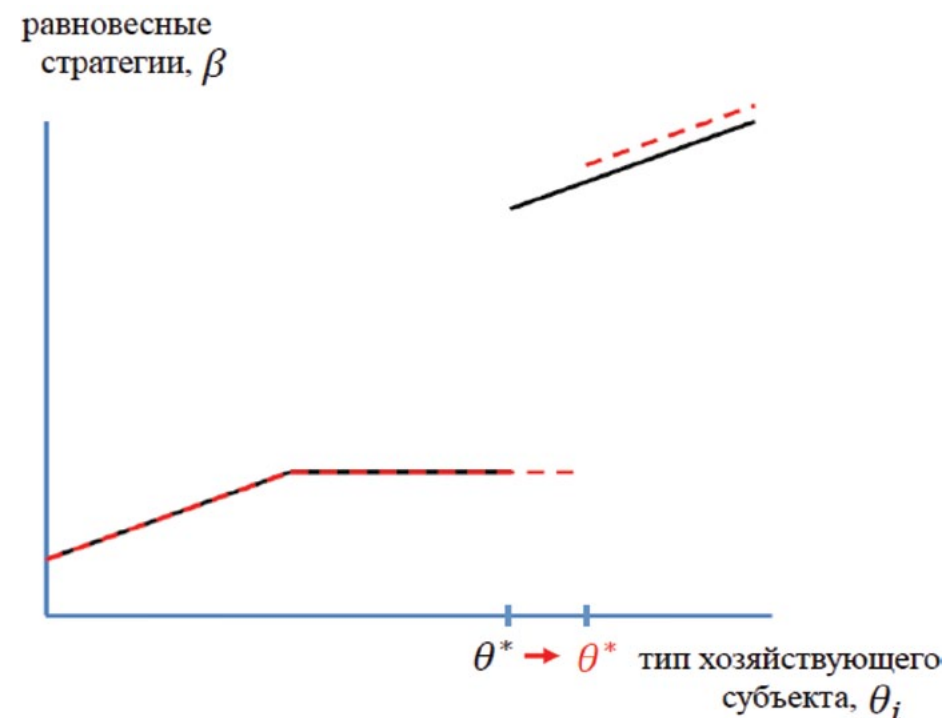


Так для примера, рассмотренного выше, до отмены индуктивно-методических указаний предприятия имели возможность исполнять закон, после же им необходимо решить: выбрать стратегию, представленную на рисунке красной линией или же выбрать стратегию, представленную синей линией.

Далее рассмотрим результаты сравнительной статистики, т.е. результаты анализа изменения состояния равновесия модели при изменении данных, на которых она была построена. Такими изменениями могут быть: увеличение штрафа, внешнего влияния, государственного принуждения или ужесточение закона.

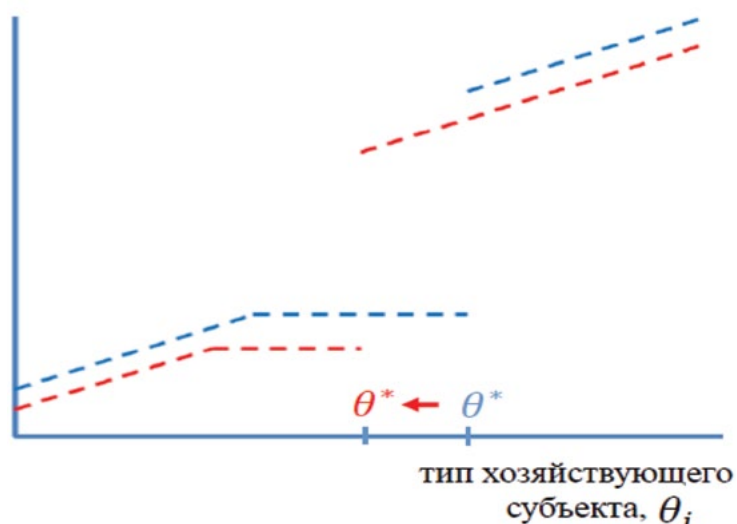
На рисунке 5 показано к чему приводит увеличение штрафа, внешнего влияния или государственного принуждения. В частности, начиная с определенного значения небольшое увеличение штрафа уменьшает число нарушителей закона. Однако, хотя нарушителей и становится меньше, сами нарушения будут значительнее. Повышение государственного принуждения имеет аналогичные эффекты, что и увеличение штрафа. В свою очередь повышение внешнего влияния на режим поведения хозяйствующих субъектов также имеет аналогичный эффект, но причина, побуждающая людей подчиняться закону, может быть иной. В этом случае подчинение закону позволяет одним субъектам сообщать о некорректном поведении других хозяйствующих субъектов, тем самими влияя на несоответствие между их режимами. Во всех трех случаях граничная точка исполнения закона смещается вправо.

Рисунок 5 – Увеличение штрафа,  $\phi$ ; внешнего влияния,  $\zeta$  или государственного принуждения,  $\eta$



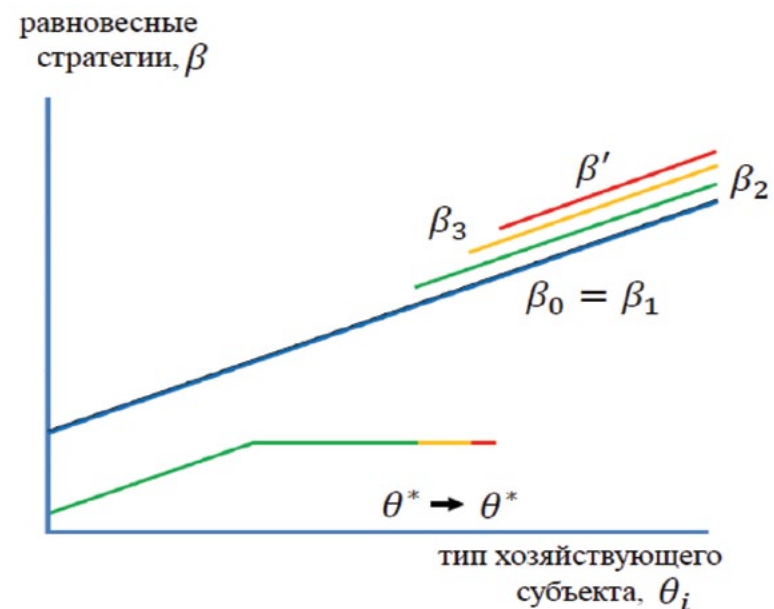
Ужесточение закона (рисунок 6) имеет противоположный эффект и приводит к увеличению числа нарушителей, т.к. соблюдение закона становится более обременительным. В этом случае  $\theta^*$  смещается влево.

Рисунок 5 – Ужесточение закона,  $L$   
равновесные стратегии,  $\beta$



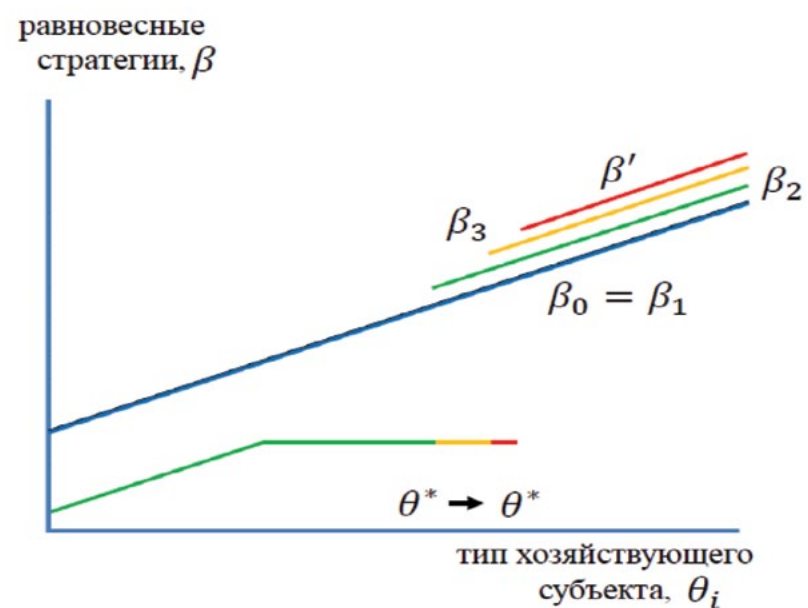
Рассмотрим более сложную – динамическую модель, представляющую собой обобщение статических состояний и учитывающую, в отличие от статической, возможность одного из хозяйствующих субъектов сообщать о некорректном поведении другого. Тогда резкое ужесточение закона (рисунок 7) приводит к неизбежному его нарушению. К резкому ужесточению относятся, в том числе непрерывные и постоянные его изменения за определенный период времени.

Рисунок 7 – Резкое ужесточение закона



В противоположность этому ряд последовательных изменений закона (рисунок 8) может быть эффективным в сдерживании правонарушений. Это обуславливается возможностью предприятия адаптироваться к незначительным изменениям.

Рисунок 8 – Постепенное ужесточение закона



Настоящая работа представила принципы использования математической теории байесовых игр для моделирования различных ситуаций взаимодействия регулятора и хозяйствующих субъектов и может быть использована при обосновании значений природоохранных норм в случае внедрения принципов регулирования на основе показателей НДТ. Кроме того результаты моделирования показали необходимость обоснованного формирования этих норм. Т.к. их резкое ужесточение приводит к неизбежному увеличению числа нарушителей закона.

В результате проведенного анализа можно сделать вывод о том, что на сегодняшний день необходимо оценить текущее состояние системы государственного регулирования (выполнимость действующих норм), чтобы, исходя из результатов этой оценки, разработать методику формирования норм. Рассмотренная публикация показывает такие возможности с использованием математического аппарата.

#### ЛИТЕРАТУРА

<sup>[1]</sup> Индуктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды (с изменениями на 12 июля 2011 года) приказ от 26 января 1993 года.

<sup>[2]</sup> Daron Acemoglu, Matthew O. Jackson, Social Norms and the Enforcement of Laws, NBER Working Paper No.20369.

<sup>[3]</sup> СанПиН 2.1.4.1074–01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

<sup>[4]</sup> ГОСТ 6709–72 Вода дистиллированная. Технические условия.

<sup>[5]</sup> Приказ Росрыболовства №20 от 18.01.2010 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.

## НДТ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

Т.В. Крамарева – ведущий инженер горно-металлургического отдела ФГУП «ВНИИ СМТ»

М.В. Доброхотова – и.о. начальника горно-металлургического отдела ФГУП «ВНИИ СМТ»

А.Г. Чесноков – к.т.н., председатель ТК 41 «Стекло», заведующий отделом стандартизации и испытаний ОАО «Институт стекла», руководитель испытательной лаборатории «Стекло»

Ю.М. Попов – менеджер по качеству отдела полированного стекла ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод»

### 1/ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТРАСЛИ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА



В современных условиях международного разделения труда, одной из отраслей специализации России является национальная стекольная промышленность. Продукция российского стекла составляет значительную долю в мировом производстве и торговле. Развитие мирового стекольного рынка в последнее время впечатляет своими темпами, при этом Российский стекольный рынок относят к одному из наиболее динамично развивающихся. Значительно увеличивающиеся объемы строительства и развитие автомобилестроения неминуемо приводят к потребности в увеличении поставок отечественного стекла.

За первое десятилетие XXI века производство стеклоизделий возросло примерно в 2 раза. Выпуск листового стекла возрос с 86 млн. м<sup>2</sup> до 195 млн. м<sup>2</sup>, а стеклянной тары с 5,6 млрд. шт. до 14,2 млрд. шт. Специалисты отрасли предполагают, что к 2020 году уровень производства отрасли достигнет показателей СССР 1985 года (свыше 300 млн. м<sup>2</sup> листового стекла и 16,5 млрд. шт. стеклянной тары).

За последние годы в развитие стекольной отрасли были привлечены значительные инвестиции, составляющие более 2 млрд. долларов США. При этом в общей отрасли произведено продукции на сумму более 930 млрд. рублей (что составляет приблизительно 29,6 млрд. долларов США). Кроме того, стекольная промышленность взаимодействует со смежными производствами, что выражается в покупке услуг на сумму более 325,2 млрд. рублей (10,1 млрд. долларов США).<sup>[2]</sup>

Одним из основных направлений потребления стекла являются строительство и машиностроение, что приводит к возрастающему спросу на листовое стекло, занимающее одно из ведущих положений в товарообороте отрасли. Производство листового стекла на настоящий момент составляет около 25 % общего объема всего стекольного производства.

В настоящее время в РФ действуют 14 предприятий, производящих листовое стекло, большая часть из которых выпускают высококачественное флоат-стекло, причем основная часть производства – более 80% сосредоточена в центральных районах. В таблице 1 представлены данные по действующим заводам РФ и стран СНГ.

В России можно выделить несколько основных производителей флоат-стекла: ОАО «Эй-Джи-Си Борский стекольный завод», ОАО «Салаватстекло», ОАО «Саратовстройстекло», ООО «Эй Джи Си Флэт Глас Клин», с 2006г. – ООО «Пилкингтон Гласс» и с 2008г. «Гардиан Стекло Рязань»<sup>[7]</sup>.

Таблица 1 - Производители листового стекла в РФ и странах СНГ [7]

| Завод                                | Регион РФ/Страна      | Мощность (тыс.т. в год) |
|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| «Эй-Джи-Си Борский стекольный завод» | Нижегородская область | 440                     |
| «Саратовстройстекло»                 | Саратовская область   | 400                     |
| «Салаватстекло»                      | Башкирия              | 440                     |
| «Эй Джи Си Флэт Глас Клин»           | Московская область    | 220                     |
| «Гардиан Стекло Рязань»              | Рязанская область     | 220                     |
| «Пилкингтон-Гласс»                   | Московская область    | 240                     |
| «Саратовский институт стекла»        | Саратовская область   | 60                      |
| «ЮгРосПродукт»                       | Ставропольский край   | 60                      |
| «Интергласс»                         | Киргизия              | 180                     |
| «Гомельский стекольный завод»        | Белоруссия            | 290                     |
| «Каспийский завод листового стекла»  | Республика Дагестан   | 220                     |
| «Гардиан Стекло Ростов»              | Ростовская область    | 290                     |

ОАО «Каспийский завод листового стекла» – одно из самых молодых предприятий листового стекла в России, создано на территории Республики Дагестан. За прошедший с момента пуска завода период его производственная мощность достигла 220 тысяч тонн стекла в год. Общая стоимость созданного проекта составила 10512 млн. руб. [9].

Другое производство автомобильного листового стекла недавно открыто в Елабуге (Татарстан). Завод автомобильного стекла – ЗАО «Аутоматив Гласс Альянс Рус» фирмы Trakya Glass Rus запущен в 2013 году и рассчитан на годовой объем производства в 800 комплектов для транспортного средства. Кроме того, там же начато строительство стекольного завода ЗАО «Тракья Гласс Рус» проектируемой мощностью 15 млн. кв.м. в год. Проект был запущен в 2013 году известными транснациональными корпорациями: французской компанией Saint-Gobain и турецкой Trakya Cam Sanayi, доля участия которых составила 70 % и 30 % соответственно. [12]. Объем инвестиций в создание предприятие составил около 210 миллионов долларов США.

Кроме того, на территории Ростовской области в городе Красный Сулин в 2012 году был запущен новейший проект компании Guardian – «Гардиан стекло Ростов». В проект было инвестировано порядка 200 миллионов долларов США. Кроме обычного полированного листового стекла завод выпускает высокотехнологичное стекло с магнетронным напылением. [10]

На данном этапе развития экономики страны и стекольной отрасли в частности рынок листового стекла в большой степени представлен иностранными производителями, а часть его занимают импортеры из Китая и других государств. На рисунке 1 представлена структура производителей и основных поставщиков листового флоат-стекла России.

Совокупные производственные мощности российских предприятий позволяют изготавливать порядка 90 млн.м<sup>2</sup> флоат-стекла в год, включая автомобильное стекло.

Кроме уже работающих производств на настоящий момент существует несколько перспективных инвестиционных проектов по производству флоат-стекла в России, планируемых к запуску в ближайшие годы (таблица 2). [1]

Рисунок 1 - Структура производителей и основных поставщиков листового стекла в России [4].

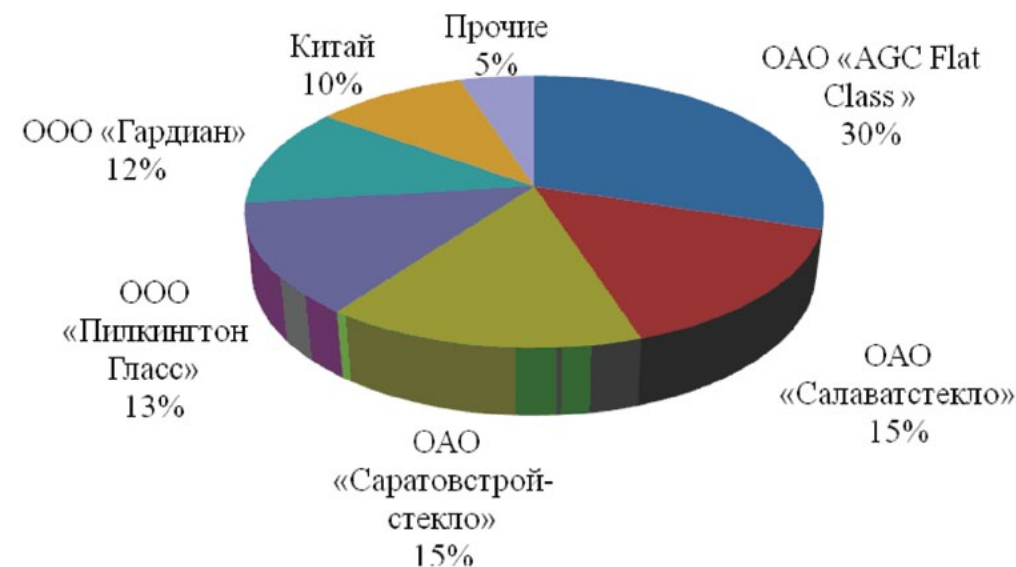


Таблица 2 - Планируемые инвестиционные проекты по производству флоат-стекла.

| Компания  | Место размещения    | Проектируемая мощность (т/сут) |
|---|---------------------|--------------------------------|
| ООО «Балтийская стекольная компания» совместно с ЗАО «Русская Содовая Компания» | Ленинградская обл.  | 600                            |
|   | Пермская обл.       | 600                            |
|   | г. Новосибирск      | 600                            |
| ООО «Северо-Западная стекольная компания» (СЗСК)                                | Ленинградская обл.  | 600                            |
| Стекольный завод «Востек»   | Тверская обл.       | 500                            |
| “Saint – Gobain”, Франция   | Ленинградская обл.  | 600                            |
| ЗАО «Промтехинвест»   | Ульяновская обл.    | 2 x 600                        |
| ООО «Гелиос»  | Ставропольский край | 600                            |

В ближайшие пару лет по данным Национального Объединенного Совета предприятий стекольной промышленности строительство двух стекловаренных заводов по производству полированного плоского стекла начнут российские инвесторы.

Кризис, распространившийся в последние пару лет на базовые отрасли экономики, сельское хозяйство, строительство транспорт и многие другие, не обошел стороной и стекольную отрасль. Несогласованность законодательной и банковской сфер привело к интенсивному давлению на стекольные производства финансового, транспортного и энергетического рынков. В результате повышение стоимости электроэнергии и топлива, сокращение спроса, уменьшение доступности банковских продуктов и повышение банковских процентов приводят к сокращению выпуска продукции, сокращениям персонала, замораживанию и прекращению инвестиционных и социальных программ.

В настоящий политический момент опоры государства на отечественную промышленность, развития тенденции к импортозамещению основных товаров и оборудования необходимо жесткое регулирование со стороны высших органов управления, способное поддержать стабилизацию и рост российского производства. Производители всех сфер экономики страны ждут от государства взвешенных, долгосрочных, взаимоприемлемых решений по основным проблемным вопросам, которые позволят развиваться как отдельным предприятиям, так и стране в целом.

Несмотря на то, что стекольная отрасль, как и вся экономика России, испытывает в новый экономический период снижение спроса потребления, объективные предпосылки по научным прогнозам экспертов для реального роста экономики России до 2020 года имеются, при необходимом содействии и поддержке данного процесса Правительством РФ, в рамках партнерства с Российским бизнесом.

Благодаря профессионально поставленным Правительством РФ задачам и сбалансированному регулированию национальной экономики ожидания в вопросах развития стекольной отрасли довольно оптимистичны. По прогнозам специалистов начиная с 2015 года стекольная отрасль сможет преодолеть посткризисный период и динамично развиваться с ежегодным приростом в 10-12%.<sup>[2]</sup>

## 2/ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

Листовым стеклом называют стекло, вырабатываемое в виде плоских стекол, толщина которых значительно меньше длины и ширины. Оно служит для остекления оконных и дверных проемов, фонарей верхнего света, витрин, является исходным материалом для стеклопакетов, сталинита и т.д.

К составам листового оконного стекла предъявляется ряд требований:

- высокая скорость варки;
- оптимальная скорость застывания, для обеспечения высокой скорости формования;
- температура кристаллизации должна быть ниже температуры формования;
- низкая склонность расплава к кристаллизации;
- возможность придания стеклу необходимых физико-механических свойств и химической стойкости.

Современное листовое стекло в своем составе имеет следующие оксиды:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$ .<sup>[6]</sup>

Для производства листового стекла используют шихту, представляющую собой однородную смесь предварительно подготовленных сырьевых материалов, составленную в соответствии с заданным рецептом. Рецепт шихты рассчитывается исходя из заданного состава стекла с учетом химического состава сырьевых материалов (кварцевого песка, кальцинированной соды, доломита, карбоната кальция, полевого шпата, сульфата натрия, гранулированного угля).

Увлажнение шихты до 4 – 5% уменьшает пыление и предупреждает или уменьшает расслоение шихты при ее хранении и транспортировании. Угар шихты в процессе стекловарения составляет около 17%.<sup>[8]</sup>

Для производства листового стекла применяют различное сырье и вспомогательные материалы, оказывающие значительное влияние на выбросы и применяемые НДТ. От правильного выбора материалов во многом зависит экологичность и экономические характеристики производства. В таблице 3 описаны основные типы материалов, применяемых для производства листового стекла

Таблица 3 – Материалы, применяемые для производства листового стекла

| Процесс (назначение)                   | Материал   |
|--|--|
| Стеклообразующий материал              | Кварцевый песок, стеклобой   |
| Вспомогающие стеклообразующие вещества | Карбонат натрия, известняк, доломит, сульфат кальция и гипс, нефелиновые сиениты, полевого шпат, доменный шлак, угольная и фильтровая пыль   |
| Окислители и осветлители               | Сульфат натрия, нитрат натрия, уголь   |
| Красители                              | Бихромат калия, оксид железа, оксид кобальта, оксид церия, селен или селенит цинка   |
| Нанесение покрытий                     | Соединения кремния (например, четыреххлористый кремний, карбонат кремния), сильные галоидангидриды, органические и неорганические соединения олова   |
| Топливо                                | Нефть, природный газ, электричество, легкое дистиллятное топливо   |
| Вода                                   | Потребление воды из водопроводной сети или местных природных источников (скважины, реки, озера и т.д.)   |
| Вспомогательные материалы              | Упаковочные материалы (включая пластмассу, бумагу, картон и дерево)<br>Смазочные материалы (преимущественно минеральные масла)<br>Технологические газы (включая азот, водород и диоксид серы)<br>Олово в флоат-ванне<br>Обработка воды для охлаждения воды и сточных вод |

Основной вклад в процесс изготовления листового стекла вносят материалы, содержащие диоксид кремния (песок и стеклобой) и карбонаты (сода, доломит и известняк). Сырье для стекольной шихты смешивают в нужной пропорции, чтобы произвести ряд композиций стекла.

В типичных композициях флоат-стекла, оксиды кремния, натрия, кальция и магния счет около 98% от стекла ( $\text{SiO}_2$ : 72,6%,  $\text{Na}_2\text{O}$ : 13,6%,  $\text{CaO}$ : 8,6%, и  $\text{MgO}$ : 4,1%). Диоксид кремния получается в основном из песка и стеклобоя. Оксид натрия – в основном из кальцинированной соды; оксид кальция – из доломита и известняка, а оксид магния – из доломита. [3]

Стекломассу получают из шихты, загруженной в печь и выдержанной там при соответствующей температуре (около 1300 °С) в течение достаточного времени для достижения состояния однородности. Затем температуру полученного расплава понижают, что увеличивает его вязкость и дает возможность формовать ленту стекла. После формования ленту стекла подвергают отжигу – медленной и постепенной термической обработке. После отжига ленту стекла режут на заданные размеры и упаковывают. [8] Описанный процесс отражен на рисунке 2 в общей схеме производства листового стекла.

Рисунок 2 – Схема производства листового стекла



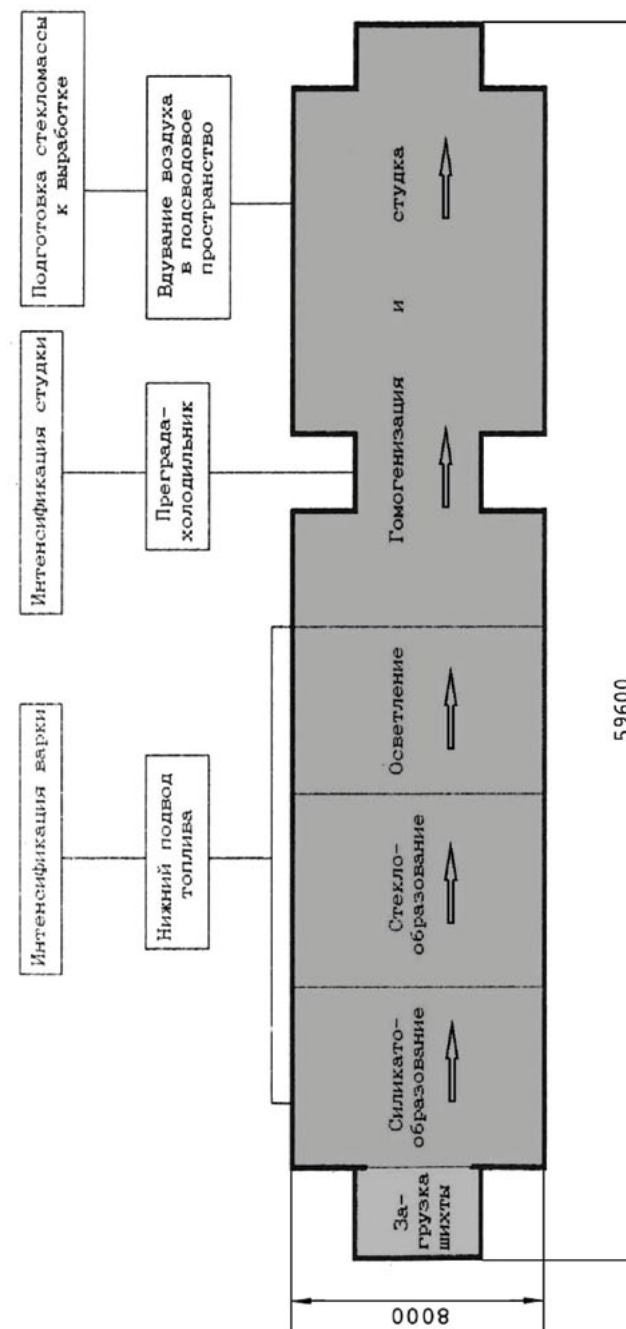
Плавнение или варка стекла начинается с загрузки шихты и стеклобоя в стекловаренную печь на расплав стекла. Содержание боя обычно составляет около 15 – 35%. Слой шихты продвигается вдоль стекловаренной печи, в процессе чего толщина его меняется вследствие расплава снизу и сверху. Образующийся сверху расплав стекает с куч шихты, а снизу непосредственно переходит в расплав стекла. Под действием высоких температур в шихте происходят различные изменения.

Этот путь преобразования шихты в стекло можно разделить на пять стадий:

- силикатообразование;
- стеклообразование;
- осветление;
- гомогенизация;
- студка.

На рисунке 3 схематично изображена стекловаренная печь (на примере стекловаренной печи ЛТФ-2) [8]

Рисунок 3 – Схематичное изображение стекловаренной печи

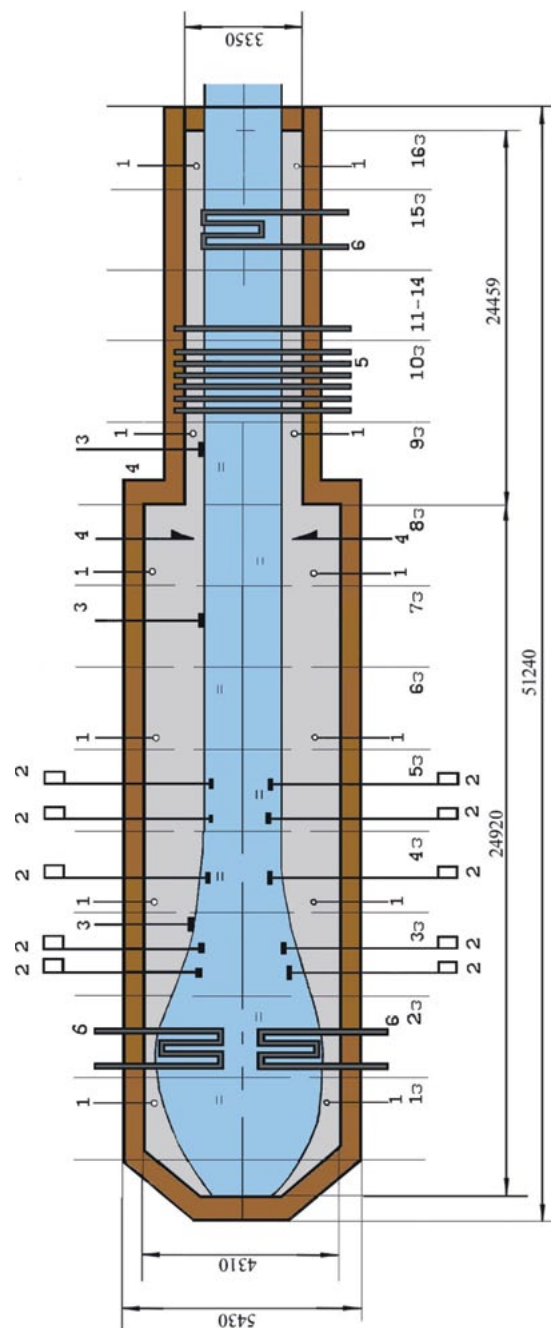


Повсеместно распространенный способ формования листового стекла – флоат-метод. По состоянию промышленности на 2013 год в России плоское стекло производили 12 заводов, из них 2 завода – методом вертикального вытягивания («Фурко технология») и 10 заводов – полированное стекло флоат-методом [3]. Все вновь открывающиеся предприятия отдают предпочтение флоат-методу как более современному и перспективному. Сущность такого способа непрерывного производства листового стекла заключается в термическом формовании стеклянной ленты на расплаве металла при подаче регулируемой струи стеклобоя из стекловаренной печи во флоат-ванну. Стеклобоя подается на поверхность металла, свободно растекается, продвигается по нему и, за счет сил тяжести и поверхностного натяжения, превращается в ленту стекла с огненно-полированными чрезвычайно плоскими и параллельными поверхностями. Нижняя поверхность ленты стекла полируется за счет контакта с идеально гладкой поверхностью расплавленного металла, а верхняя – под действием поверхностного натяжения за счет огневой полировки. [8] В качестве расплавленного металла применяют олово из-за его оптимальных физических свойств.

Флоат-ванна, в которой происходит процесс формования ленты стекла, представляет собой тепловой агрегат, в котором содержатся слой расплавленного металла, защитная азотно-водородная атмосфера, системы подачи стеклобоя и вывода ленты из ванны расплава в печь отжига.

Для подачи стеклобоя во флоат-ванну в стекловаренной печи предусмотрен сливной узел, позволяющий

**Рисунок 4** – Схематичное изображение флоат-ванны при формировании листового стекла



четко дозировать количество и скорость подачи стекломассы. Для прекращения подачи стекломассы во флоат-ванну применяют один из элементов сливного узла – осекающий шибер. Регулирование количества подаваемой во флоат-ванну на формирование стекломассы осуществляется другой составной частью сливного узла – дозирующим шибером. Далее лента стекла проходит участок «активного» формирования, где ее подвергают действию сил вытягивания. Продольное вытягивание осуществляют действием сил, передаваемых от роликов печи отжига вдоль затвердевающей ленты; а продольно-поперечное – с помощью утоняющих машин.

Схематичное изображение ванны расплава с принципиальной расстановкой оборудования приведено на рисунке 4. [8]

- 1 – термоэлектрический преобразователь;
- 2 – уточняющее (растягивающее) устройство;
- 3 – ограничитель ленты стекла;
- 1<sub>3</sub> – 16<sub>3</sub> – зоны ванны расплава;
- 4 – ограничитель потоков олова;
- 5 – прямоугольный холодильник;
- 6 – кассетный холодильник.

В процессе формирования изделий при достаточно быстром их охлаждении возникают неравномерно распределенные по стеклоизделию напряжения, отрицательно влияющие на механическую прочность. Для устранения этих напряжений сформованный лист стекла подвергают процедуре отжига – регулируемого охлаждения в определенном режиме от температуры формирования до температуры цеха. На режим процесса отжига влияют состав стекла, его свойства, размеры, а также толщина изделий. За счет отжига предотвращают образование временных напряжений и обеспечивают ослабление остаточных напряжений до величины, безопасной с точки зрения прочности изделий.

В печь отжига лента стекла попадает из ванны расплава. В печи лента продвигается и постепенно охлаждается по заданному режиму от температуры 600°C до 50°C. Процесс отжига является неотъемлемой частью общего технологического процесса выработки листового стекла и полностью определяет качество раскроя ленты стекла и отдельных листов на заданные заготовки.

Режим отжига листового стекла включает следующие стадии:

- предварительное охлаждение (или нагрев) изделия до температуры отжига – проводится с максимальной скоростью, не вызывающей разрушения стекла (от 600 до 570 °С);
- выдержка при температуре отжига до практически полного удаления временных напряжений (температура выдержки должна обеспечить достаточно высокую скорость релаксации напряжений, не вызывая деформации изделий);
- медленное охлаждение до нижней температуры отжига со скоростью, предотвращающей возникновение новых напряжений (от 570 до 510 °С);
- быстрое охлаждение, чья скорость ограничивается только термостойкостью изделия (от 510 до 60 °С).

После отжига лента стекла подвергается резке, упаковке и отгрузке.

Надрез ленты производится с помощью роликов из твердых сплавов, закрепленных в специальных устройствах. Упаковка стекла осуществляется по согласованным с потребителем схемам, а транспортируют продукцию любым видом транспорта с соблюдением требований к транспортировке грузов.

### 3/ ВЫБРОСЫ, СБРОСЫ, ОТХОДЫ И ПОТРЕБЛЕНИЕ РЕСУРСОВ

При производстве листового стекла продукт на выходе составляет около 70% от загрузки сырья. Оставшаяся часть в значительной степени состоит из выбросов в воздух (10 - 20%), представляющих собой в большей степени CO<sub>2</sub> от разложения карбонатов; и лома стекла (стеклобоя) около 10 - 20%, возникающего при обрезке краев, обрывах листа и изменениях в технологическом процессе. Стеклобой обычно непрерывно возвращают в производственный процесс, поэтому конечный продукт фактически составляет около 85% от загрузки сырья. [3]

Производство стекла – энергозатратный процесс, требующий большого расхода электроэнергии и различных типов топлива, что обуславливает выбросы в атмосферу побочных продуктов сгорания (диоксид углерода, оксиды азота и серы и т.д.). Кроме того, имеет место высокотемпературное окисление азота воздуха. Уровень выбросов загрязняющих веществ во многом зависит от применяемой печи, на них приходится около 80-90 % всех объемов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ стекольными заводами. На этапах формирования и полировки стекла выбросы зависят от специфики различных технологических процессов производства. [5]



Таблица 4 – Загрязняющие вещества при производстве листового стекла [3]

| Загрязняющие вещества   | Источник/примечание  |
|---|--|
| Твердые вещества  | Конденсация летучих компонентов шихты.<br>Перенос мелкозернистого материала в шихту.<br>Продукты сгорания некоторых ископаемых видов топлива.  |
| Оксиды азота  | Образование термических оксидов азота в связи с высокими температурами плавления.<br>Разложение азотных веществ в шихтовых материалах.<br>Окисление азота, содержащегося в топливе   |
| Оксиды серы   | Сера, содержащаяся в топливе.<br>Разложение серных веществ в шихтовых материалах.<br>Окисление сероводорода при вагранке с подогревом дутья  |
| Хлориды/HCl   | Присутствуют в качестве примесей в некоторых видах сырья, в частности в синтетической кальцинированной соде.<br>Хлорид натрия, используемый в качестве сырья при производстве некоторых видов специального стекла  |
| Фториды/HF  | Присутствует в виде незначительных примесей в отдельных видах сырья.<br>Применяется в качестве дополнительного сырья при производстве эмалевой фритты для придания определенных свойств конечному продукту.<br>Применяется в качестве дополнительного сырья в отраслях производства непрерывного стекловолокна и при производстве некоторых стекловых шихт с целью улучшения процесса плавления, или для придания определенных свойств стеклу, например, опалесцирующей мутности.<br>В случаях, когда к шихте примешиваются фториды, обычно к полевому шпату, могут иметь место неконтролируемые выбросы |
| Тяжелые металлы (например, ванадий, никель, хром, селен, свинец, кобальт, сурьма, мышьяк, кадмий) | Присутствуют в качестве незначительных примесей в отдельных видах сырья, стеклобоя и топлива.<br>Используются во флюсах и красящих веществах в отрасли производства фритт (главным образом свинец и кадмий).<br>Используются в некоторых формулах специального стекла (например, свинцовый хрусталь и некоторые виды цветного стекла).<br>Селен используется в качестве красителя (бронзовое стекло) или в качестве обесцвечивающего вещества в некоторых видах бесцветного стекла   |
| Двуокись углерода   | Продукт сгорания.<br>Выброс происходит после разложения карбонатов в шихтовых материалах (например, кальцинированная сода, известняк)  |
| Монооксид углерода  | Продукт неполного сгорания, в частности в вагранке с подогревом дутья  |
| Сероводород   | Образуется в вагранке с подогревом дутья из сырья или топлива, содержащего серу, в связи с восстановительными условиями, частично имеющими место в печи.   |

## Выбросы в атмосферу, возникающие в результате плавления

Таблица 5 – Уровни выбросов

| Вещество                                   | Обычная печь, мг/м <sup>3</sup> (кг/т выпл. стекла) | Печь с сокращением выбросов, мг/м <sup>3</sup> (кг/т выпл. стекла) |
|--|---|--|
| Оксиды азота (выражено в NO <sub>2</sub> ) | 1250 – 2870 (2,9 – 7,4)                             | 495 – 1250 (1,1 – 2,9)   |
| Оксиды серы (выражено в SO <sub>2</sub> )  | 365 – 3295 (1,0 – 10,6)                             | 300 – 1600 (0,5 – 4,0)   |
| Пыль (твердые частицы)                     | 80 – 250 (0,2 – 0,6)                                | 5,0 – 30 (0,02 – 0,08)   |
| Фториды (HF)                               | <1,0 – 25 (<0,002 – 0,07)                           | <1,0 – 4,0 (<0,002 – 0,01)   |
| Хлориды (HCl)                              | 7,0 – 85 (0,06 – 0,22)                              | 4,0 – 40 (<0,01 – 0,1)   |
| Металлы кроме Se (Ni, V, Co, Fe, Cr)       | <1,0 – 5,0 (<0,001 – 0,015)                         | <1,0 (<0,001)  |
| Селен (окрашенное стекло)                  | 30 – 80 (0,08 – 0,21)                               | <5 (<0,015)  |

Выбросы, возникающие в результате процессов плавления и переработки, могут существенно различаться для конкретных производств и применяемого оборудования и сырья. Выбросы в атмосферу могут возникать в результате: нанесения покрытия и/или высушивания; вторичной обработки (например, резка стекла, полирование и т.д.); формования продукции и др. [3]

## 1) Твердые вещества/пыль

Выбросы в атмосферу от стекловых заводов в большой степени состоят из твердых частиц, в том числе из пыли. Использование измельченных, гранулированных или пылеобразных сырьевых материалов, процессы их хранения и смешивания способствуют образованию большого количества пыли. Процессы транспортировки, обработки, хранения и смешивания сырья закономерно влекут за собой выбросы пыли в атмосферу. В процессе этих операций обычно образуется более крупная пыль, чем те твердые частицы, которые выделяются в процессе нагревания. Последние имеют размер менее 1 мкм, хотя легко могут агломерироваться в более крупные частицы. Выброс пыли, образующейся в процессе обработки, оказывают значительное влияние на здоровье людей, а также требуют мер по охране здоровья и труда работников предприятия. Твердые частицы, образующиеся в результате нагревания в шихтовальном цехе, представляют собой потенциальную экологическую проблему.

Основными источниками выбросов в атмосферу твердых частиц при плавлении являются унос содержащихся в шихте мелкодисперсных материалов, сжигание некоторых видов ископаемого топлива, а также смесь летучих компонентов шихты и расплавленного вещества с оксидами серы, образующие соединения, конденсирующиеся в отработанных печных газах.

### 2) Оксиды азота

Оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), выбрасываемые при производстве стекла, имеют несколько сценариев образования:

- образование термических  $\text{NO}_x$  при высокой температуре в печах;
- распад азотных соединений в шихте;
- окисление азота, содержащегося в топливе.

Монооксид азота ( $\text{NO}$ ) - это бесцветный, без запаха, плохо растворимый в воде газ. Он составляет более 90% от всех оксидов азота, образуемых при высокотемпературном горении. Если концентрация находится в пределах от 10 до 50 ppm, он не является сильно токсичным раздражающим веществом.

Диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ) - это газ, который заметен даже при небольшой концентрации: он имеет коричневато-красноватый цвет и особый острый запах. При концентрации более 10 ppm, является сильным коррозионным веществом и сильно раздражает носовую полость и глаза. При концентрации более 150 ppm, вызывает бронхит, а выше 500 ppm, - отек легких, даже если воздействие длилось всего несколько минут.

### 3) Оксиды серы

Содержание серы в топливе для стекловаренных печей во многом обуславливает присутствие оксидов серы ( $\text{SO}_x$ ) в отработанных газах. Кроме того, на серосодержащие выбросы в атмосферу влияет содержание сульфитов, сульфатов и сульфидов в сырьевых материалах, в частности, добавление сульфата натрия или сульфата кальция для окисления стекла.

Таблица 6 – Уровни выбросов оксидов серы при применении НДТ (выражены в  $\text{SO}_2$ )<sup>[3]</sup>

| Сектор   | Уровни выбросов при применении НДТ<br>( $\text{mgSO}_2/\text{m}^3$ при н.у.) |                               |
|--|--|-------------------------------|
|  | Нагревание<br>газообразным<br>топливом                                       | Нагревание<br>жидким топливом |
| Листовое стекло с приоритетной задачей снижения выбросов двуокиси серы | 200 – 500  | 500 – 1200                    |
| Листовое стекло с приоритетной задачей снижения количества отходов     | < 800  | < 1500                        |

### 4) Выбросы других веществ при плавлении

Наиболее существенными выбросами прочих веществ являются выбросы хлоридов (выраженные в  $\text{HCl}$ ), фторидов (выраженные в  $\text{HF}$ ), а также металлов и их соединений.

Хлориды и фториды образуются в отработанных газах стекловаренных печей из содержащихся в сырьевых материалах примесей, и их объем обычно бывает не значителен.

За исключением производства специальных сортов стекла, источники выбросов в атмосферу  $\text{HCl}$  и  $\text{HF}$  обычно связаны с присутствием в сырьевых материалах примесей (например, хлорида натрия или кальция) и реже – с присутствием в шихте незначительного количества фторида кальция ( $\text{CaF}_2$ ).

Выброс металлов в окружающую среду является серьезной экологической проблемой. Незначительное количество тяжелых металлов может присутствовать в качестве примесей в некоторых сырьевых материалах, в стеклосбросе и в топливе. Свинец и кадмий используются в составе стекломассы и красящих веществ. Производство специальных сортов стекла может повлечь за собой выброс в окружающую среду мышьяка, сурьмы и селена (красящее вещество при производстве бронзового стекла или обесцвечивающее вещество при производстве некоторых видов прозрачного стекла).

### 5) Парниковые газы

Доля выбросов в атмосферу парниковых газов, в первую очередь двуокиси углерода ( $\text{CO}_2$ ), приходящаяся на стекловаренную промышленность, довольно значительна. Производство 1 кг стекла в газовой печи приводит к образованию приблизительно 0,6 кг двуокиси углерода, из которых 0,45 кг образуется за счет сжигания ископаемого топлива и 0,15 кг – в результате диссоциации карбонатного сырья ( $\text{CaCO}_3$  и доломит), используемого в шихте. На образование парниковых газов непосредственно влияют сорт стекла, вид используемого ископаемого топлива, энергоэффективность технологических процессов и доля использования стеклосброса в сырье.

### Сбросы в воду

При производстве стекла образуется намного меньше жидких отходов, чем в других отраслях промышленности, и они образуются лишь при отдельных технологических операциях (например, при охлаждении горячей стекломассы, промывке готовых изделий). Производство листового стекла характеризуется потреблением наибольшего количества воды в процессах охлаждения и промывки готовых изделий и стеклосброса. Кроме того, сбросы загрязняющих веществ в водную среду образуются за счет промывной воды из системы подачи охлаждающей воды, промывочной воды, а также поверхностных стоков. Система оборотного водоснабжения позволяет в значительной мере снизить потерю воды. В состав отходов могут входить содержащиеся в стекле твердые частицы, некоторые используемые при производстве стекла растворимые материалы (например, сульфат натрия), некоторые органические соединения, входящие в состав смазочных материалов, используемых в процессе резки, и химические вещества, используемые для очистки системы водяного охлаждения (например, растворенные соли и реагенты для обработки воды).

Примерный состав сточных вод стекольного производства можно охарактеризовать показателями, представленными в таблице 7.

### Твердые отходы

Большинство производственных операций в стекольной промышленности не характеризуется образованием большого количества отходов. Основная часть твердых отходов при производстве стекла образуется в основном на площадках для комплектования груза перед его отправкой. В связи с этим приемные и отправные площадки требуют тщательной уборки и своевременного ремонта оборудования, что позволяет существенно сократить количество такого рода отходов.

В процессе плавки образуются твердые производственные отходы, которые состоят главным образом из пыли от регенераторов (или рекуператоров), удаляемой путем механической или термической очистки, а также из отработанных огнеупорных материалов, образующихся в результате периодического технического обслуживания, ремонта и вывода из эксплуатации печей.

Таблица 7 – Ориентировочный состав сточных вод стекольного производства

| Показатель                       | Содержание в сточных водах |
|----------------------------------|----------------------------|
| Взвешенные вещества              | < 30 мг/л                  |
| Химическое потребление кислорода | 100 - 130 мг/л             |
| Аммиак                           | < 10 мг/л                  |
| Сульфат                          | < 1000 мг/л                |
| Фторид                           | 15 - 25 мг/л               |
| Мышьяк                           | < 0,3 мг/л                 |
| Сурьма                           | < 0,3 мг/л                 |
| Барий                            | < 3,0 мг/л                 |
| Кадмий                           | < 0,05 мг/л                |
| Хром (общ.)                      | < 0,5 мг/л                 |
| Медь                             | < 0,5 мг/л                 |
| Свинец                           | < 0,5 мг/л                 |
| Никель                           | < 0,5 мг/л                 |
| Олово                            | < 0,5 мг/л                 |
| Цинк                             | < 0,5 мг/л                 |
| Фенол                            | < 1,0 мг/л                 |
| Борная кислота                   | 2 - 4 мг/л                 |
| Степень кислотности              | pH 6.5 - 9                 |
| Минеральные масла                | < 20 мг/л                  |

производимых каждые 5 – 15 лет. Кроме того, к числу твердых отходов можно отнести пыль, собранную в очистном оборудовании.

Кроме того, в процессе производства образуется значительное количество стеклобоя, который либо возвращают в процесс плавки, либо, при повышенных требованиях к качеству производимого стекла, продают сторонним организациям для дальнейшего использования.

#### 4/ ПРИМЕНЯЕМЫЕ МЕРЫ НДТ

##### НДТ для предотвращения выбросов в атмосферу

###### а) НДТ для уменьшения выбросов пыли

К первичным мерам для предотвращения выбросов твердых частиц в атмосферу можно отнести [5]:

- разграничение зон хранения и приготовления шихты и других производственных зон;
- использование закрытых бункеров для хранения шихты;
- сокращение количества мелких частиц в шихте путем увлажнения водой или щелочным раствором (например, растворами гидроокиси натрия [NaOH], углекислого натрия [Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>]) или путем предварительного спекания, брикетирования или укладки в поддоны;
- соблюдение надлежащих процедур погрузки и разгрузки;
- транспортировка партий сырья к печам на закрытых транспортерах;
- осуществление контроля в зонах подачи материала в печи (например, увлажнении шихты, обеспечение сбалансированной работы печи для поддержания в ней слегка избыточного давления (<10 Па), чтобы повысить эффективность сгорания при одновременном сокращении вероятности выброса в атмосферу загрязняющих веществ; улавливание пыли с помощью фильтров; использование закрытых шнековых транспортеров; и ограждение загрузочных камер).

Такие меры позволяют довести уровень выбросов твердых частиц с топочным газом до уровня менее 100 мг/м<sup>3</sup>. Без принятия соответствующих мер контроля объем выбросов в атмосферу твердых частиц увеличивается по мере продолжительности периода эксплуатации печи, поскольку износ огнеупорных материалов предполагает больший расход энергии, в результате чего возрастает скорость выхода из печи продуктов горения.

Кроме того, мерами по предотвращению выбросов в атмосферу являются:

- повышение уровня утилизации стеклобоя;
- оптимизация конструкции и герметизации печи для снижения температуры в печи;
- использование топлива с низким содержанием серы;
- изучение возможности оптимизации методов загрузки материалов, величины зерна, уровня влажности.

Таблица 8 – Уровни выбросов пыли из плавильной печи при применении НДТ

| Параметр | Уровни выбросов при применении НДТ |                                 |
|----------|------------------------------------|---------------------------------|
|          | мг/Нм <sup>3</sup>                 | кг/т<br>выплавленного<br>стекла |
| Пыль     | <10 – 20                           | <0.025 – 0.05                   |

В основном НДТ для контроля пылевых выбросов в результате работы печей в стекольной промышленности считается использование электростатического пылеуловителя или системы рукавных фильтров. Уровень выбросов, связанных с данными технологиями, составляет 5-30 мг/м<sup>3</sup> при н.у., что обычно приравнивается к менее 0,1 кг на т выплавленного стекла. Для использования систем рукавных фильтров обычно характерны значения нижней части диапазона. К снижению выбросов пыли также могут приводить некоторые случаи применения НДТ в отношении выбросов металлов.

Несмотря на высокую затратность установки фильтров «на конце трубы» вторичное улавливание пыли является НДТ в отношении большинства стеклоплавильных печей, за исключением случаев, когда аналогичные уровни выбросов можно достигнуть посредством первичных мер.

Капитальные затраты при установке электростатических фильтров (включая расходы на удаление кислотного газа) составляют, как правило, от 1,0 млн. до 1,5 млн. евро для печи производительностью 50–100 тонн продукции в день (либо рукавные тканевые фильтры, либо электростатические) и от 2,5 млн. до 3,5 млн. евро для печи производительностью 500 тонн продукции в день (обычно электростатические). Величина ежегодных эксплуатационных расходов колеблется от 50 тысяч до 250 тысяч евро в том случае, если побочный продукт повторно используется в процессе плавления, хотя это требует обеспечения однородности цвета. Стоимость фильтров во многом ограничивает их применение крупными заводами, имеющими две и более стекловаренных печи, где за счет крупных масштабов производства может быть достигнута экономия. Стоимость электростатических осадителей и рукавных тканевых фильтров может колебаться в широком диапазоне и в значительной степени определяется требуемыми характеристиками и объемом отходящих газов.

#### б) НДТ для уменьшения выбросов оксидов азота из плавильной печи

Высокотемпературное образование оксидов азота, окисление содержащегося в топливе азота, а также распад азотистых соединений шихты приводят к выделению большого количества оксидов азота, осуществляющих крайне негативное влияние на окружающую среду.

В отношении оксидов азота сложнее всего прийти к выводу о том, что является НДТ, в связи с проблематичностью оценки общих уровней выбросов для различных секторов стекольной промышленности. В отношении выбросов оксидов азота выбор наилучшей доступной технологии в значительной степени зависит от конкретной производственной площадки, в частности, от используемой технологии плавления и срока службы печи. Использование определенных технологий на различных предприятиях может привести к существенно отличающимся результатам экологического регулирования, а также потребовать различных затрат в зависимости от конкретного состояния промышленного объекта.

Для производства листового стекла считается, что уровень выбросов оксидов азота при применении НДТ, составляет около 500-700 мг/м<sup>3</sup>. Однако в случае сильного износа печи эти показатели могут существенно измениться.

Наиболее перспективной технологией можно назвать кислородно-топливное плавление, хотя приемлемые результаты сокращения выбросов могут быть достигнуты и посредством первичных мер, в отношении применения выборочной некаталитической редукации не существует препятствий технического характера. Использование этой технологии все еще несет в себе элемент финансового риска, но данная технология признается в качестве НДТ. Уровень выбросов при применении этой технологии составляет 1,25 -2,0 кг/т расплавленного стекла. <sup>[3]</sup>

В отношении сокращения выбросов оксидов азота можно выделить первичные меры НДТ (таблица 9) и вторичные меры, так называемые меры «на конце трубы» (таблица 10).

Таблица 9 –Первичные НДТ для сокращения выбросов оксидов азота

| Технология  | Описание и применение  |
|---|--|
| <b>1. Модификации сжигания</b>  |  |
| 1) Уменьшение соотношения воздух/топливо                                    | Метод основан на некоторых особенностях:<br>- минимизация протечек воздуха в печь;<br>- мониторинге воздуха, используемого для сжигания;<br>- модификации конструкции камеры сжигания  |
| 2) Снижение температуры предварительного нагрева воздуха для сжигания       | Использование рекуперативных печей, вместо регенеративных печей, приводит к снижению температуры предварительного нагрева воздуха и, следовательно, более низкой температуре пламени. Однако, эффективность работы печи более низкая, что приводит к большему потреблению топлива.<br>Применимость метода ограничивается печами малой емкости для производства специального плоского стекла. |
| 3) Ступенчатое сжигание<br>а) Воздушная ступень<br><br>б) Топливная ступень | Воздушная стадия заключается в достехиометрическом горении и добавлении недостающего воздуха или кислорода непосредственно в печь.<br>Топливная стадия основана на первичном пламени низкого импульса в горлышке впрысочного отверстия (около 10 % общей энергии), основание которого охватывает вторичное пламя, снижая температуру ядра пламени  |
| 4 Рециркуляция дымовых газов  | Метод заключается в рециркуляции отходящих топочных газов в область сжигания с целью снижения доли кислорода, а следовательно, и температуры пламени. Доля применения этого метода необходимо использовать специальные горелки с автоматической рециркуляцией топочного газа, который охлаждает основание пламени и снижает содержание кислорода в самой горячей его части                   |
| 5 Горелка с низким выбросом NOx   | В основе метода лежит принцип снижения пиковых температур пламени за счет замедления, но полного завершения сжигания и увеличения теплопередачи пламени горелки.   |
| 6 Выбор топлива   | От вида топлива во многом зависят уровни выбросов оксидов азота при сжигании. В общем, при применении жидкого топлива количество оксидов азота в топочных газах ниже, чем при использовании газообразного.   |

(продолжение таблицы 9)

| Технология   | Описание и применение   |
|--|---|
| <b>2. Феникс-процессы</b>  |   |
| Основные характеристики:<br>- уменьшение избыточности подаваемого воздуха;<br>- подавление очагов напряженности в кель-пунктах благодаря гомогенизации температуры пламени;<br>- контролируемое смешивание топлива и воздуха в камере сгорания | Метод основан на комбинации нескольких первичных методов оптимизации сгорания с поперечным направлением пламени в регенеративных печах со сниженным потреблением энергии.<br>Метод применим для новых регенеративных печей.<br>Модернизация существующей печи требует больших экономических и трудовых затрат в связи с необходимостью интеграции нового инжектора, а также относительно размеров печи. |
| <b>3. Кислородно-топливное плавление</b>   |   |
| Кислородно-топливное плавление   | Методика заключается в замене воздуха в области сжигания на кислород (>90 чистоты), что позволяет снизить термическое образование оксидов азота за счет снижения поступления в печь азота воздуха.  |

Таблица 10 – Вторичные НДТ для сокращения выбросов оксидов азота

| Технология   | Описание и применение   |
|--|---|
| Химическое восстановление топлива (например, 3R процесс) | При пропуске отходящих топочных газов через нефть или природный газ оксиды азота, образовавшиеся в процессе сжигания, восстанавливаются до азота. Технология применяется в регенеративных печах. Применимость метода ограничена повышенным расходом топлива и, как следствие экологическим и экономическим воздействием.  |
| Селективное каталитическое восстановление                | Реакция восстановления оксидов азота до азота в результате взаимодействия с водным раствором аммиака в каталитическом слое при температуре 300-450 °С позволяет снизить вредные выбросы в атмосферу. В процессе применяют 1 или 2 слоя катализатора в зависимости от необходимой степени восстановления оксидов азота.<br>Для применения необходимо обновление системы пылеулавливания для обеспечения снижения выбросов пыли до 10-125 мг/м <sup>3</sup> и установка системы десульфуризации для удаления выбросов SO <sub>x</sub> . Из-за оптимального рабочего температурного диапазона применяют электростатические фильтры и почти не применяют рукавные (из-за необходимости повторного нагрева отходящих газов). Технологическое решение требует значительного пространства. |

Применение разнообразных мер НДТ приводит к существенному сокращению уровней выбросов оксидов азота (таблица 11), во многом так же зависящих от технологического решения конкретного завода.

Таблица 11 - Уровни выбросов оксидов азота при применении НДТ

| Параметр                                       | НДТ                                     | НДТ – АЕЛ         |           |
|--|---|-------------------|-----------|
|  |   | мг/м <sup>3</sup> | кг/т      |
| NO <sub>x</sub> , выраженный в NO <sub>2</sub> | Модификации сжигания, феникс-процесс    | 700-800           | 1,75-2,0  |
|  | Кислороднотопливное плавление           | Не применяется    | <1,25-2,0 |
|  | Вторичные технологии («на конце трубы») | 400-700           | 1,0-1,75  |

*в) снижение выбросов оксидов серы (SO<sub>x</sub>)*

Для снижения выбросов оксидов серы чаще всего применяют следующие методы:

- использование топлива с низким содержанием серы (например, природного газа);
- сокращение количества сульфата натрия и сульфата кальция в шихте.

Применение природного газа в качестве топлива позволяет достигнуть хороших результатов в сокращении выбросов SO<sub>2</sub> с отработанными газами. Если этих мер не достаточно, применяют дополнительную вторичные методы очистки (очистку «на конце трубы»):

- скруббер сухой очистки, в котором материалы на основе кальция или натрия вводятся в поток отходящих газов до фильтрации отработанного газа;
- установка скрубберов полусухой очистки (реакционные скрубберы или камеры закалки) с добавлением некоторых основных реакционно-способных химических веществ (на основе кальция и натрия), которые растворяются в промывочной воде (мокрая очистка).

При использовании технологии сухой абсорбции рукавные фильтры обычно более эффективны, чем электростатические, ввиду их большей площади контактной поверхности и более продолжительное время взаимодействия газа и твердых материалов.

В большинстве случаев серные отходы могут быть повторно использованы в качестве печного топлива с целью предотвращения образования потоков твердых отходов. Однако существует предел, до которого стекло может накапливать серу, и система быстро достигнет равновесия, при котором значительное количество используемой повторно серы будет выбрасываться в отходящих газах. Поэтому, при повторной утилизации пыли в полном объеме, эффект десульфуризации пылеуловителя может быть ограничен возможностями стекла поглощать серу.

Количество экономически жизнеспособных вариантов утилизации веществ вне производственной площадки весьма ограничено, и наиболее вероятным маршрутом удаления отходов является полигон для захоронения отходов, что влечет за собой образование потока твердых отходов. <sup>[3]</sup>

г) *снижение выбросов фторидов (HF) и хлоридов (HCl)*

Обычно для сокращения объемов выбросов в атмосферу HF используются методы сухой и полусухой газоочистки, а также методы сокращения выбросов в атмосферу оксидов серы, которые положительно влияют и на снижение уровня галогенидов.

д) *снижение выбросов металлов при выплавке стекла*

Для снижения количества выбросов металлов применяют несколько распространенных технологий, отраженных в таблице 12.

Таблица 12 – НДТ для сокращения выбросов металлов

| Технология  | Описание, применимость   |
|---|--|
| Выбор сырья с низким содержанием металлов                                   | Методика заключается в тщательном подборе компонентов шихты (например, внешнего стеклобоя). Применимость метода может быть ограничена в связи с особенностями изготавливаемого стекла. |
| Применение системы фильтрации   | Система пылеулавливания в значительной мере сокращает не только выбросы пыли, но и частиц металлов, однако ее эффективность во многом зависит от рабочей температуры                   |
| Применение сухой и полусухой газоочистки в комбинации с системой фильтрации | Методика заключается в улавливании газообразных металлов методом промывки щелочным реагентом, в результате чего образуются твердые вещества, удаляемые фильтрацией.                    |

При применении перечисленных методов выбросы металлов в атмосферу могут быть снижены до следующих значений.

Таблица 13 - Уровни выбросов металлов при применении НДТ

| Параметр   | Уровень выбросов при применении НДТ |                               |
|--|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | мг/м <sup>3</sup>                   | кг/т                          |
| (As, Co, Ni, Cd, Se, CrVI)                               | < 0,2 - 1                           | < 0,5 - 2,5x10 <sup>-3</sup>  |
| (As, Co, Ni, Cd, Se, CrVI, Sb, Pb, CrIII, Cu, Mn, V, Sn) | < 1 - 5                             | < 2,5 - 12,5x10 <sup>-3</sup> |

е) *снижение выбросов парниковых газов*

Методы предотвращения и контроля выбросов парниковых газов при производстве листового стекла включают:

- использование топлива с низким содержанием углерода (например, замена мазута или

твердого ископаемого топлива природным газом);

- использование в максимально возможном объеме стеклобоя в целях повышения энергоэффективности и сокращения использования карбонатного сырья. По различным данным потребление энергии для обеспечения работы печи на каждый процент содержания стеклобоя в шихте сокращается на величину от 0,1 до 0,3 %, а использование топлива – на 0,4 %<sup>[14]</sup>;

- использование инверторных приводов с регулируемой скоростью для мощных вентиляторов, подающих воздух горения и охлаждения;

- утилизация отходящего тепла от топочных газов, которое используют для предварительного подогрева шихты или стеклобоя, для отопления помещений с использованием тепловой энергии или пара. Перспективной считается технология утилизации тепла в виде пара высокого давления для производства электроэнергии в паровой турбине.

- меры по повышению энергоэффективности, в том числе методы повышения эффективности работы печей;

Методы повышения эффективности работы печей включают следующее:

- размер печи: при производительности печи менее 50 т продукции в день уровень потерь используемой для плавки стекла энергии через ограждающие конструкции обычно довольно высок, что делает их неэффективными;

- выбор технологии плавки: регенеративные печи являются более энергоэффективными по сравнению с рекуперативными печами благодаря предварительному подогреву топочного воздуха до более высокой температуры;

- внедрение методов и использование материалов, обеспечивающих большую теплоизоляцию;

- методы регулирования процесса горения;

- внедрение методов и использование материалов, обеспечивающих большую теплоизоляцию;

- методы регулирования процесса горения;

- максимально возможное использование стеклобоя;

- предварительный нагрев шихты и стеклобоя до их подачи в печь путем регенерации тепла отработанных печных газов.

ж) *снижение сбросов сточных вод*

К числу технологий очистки воды, используемой в технологических процессах в данной отрасли промышленности, относятся:

- применение водомасляных сепараторов;

- усреднение стоков по объему и составу с корректировкой pH;

- улавливание и осаждение взвешенных твердых частиц с использованием отстойников или осветлителей;

- многослойное фильтрование для сокращения уровня концентрации неосаждаемых взвешенных частиц;

- обезвоживание и захоронение отходов очистки на специальных полигонах или, при наличии опасных отходов, в местах, предназначенных для их захоронения.

Охлаждающая вода может содержать в своем составе металлы, растворенные соли,

органические вещества, а также химические вещества, используемые для водоочистки. Удаление этих соединений из охлаждающей воды может потребовать дополнительные меры технического контроля и предварительной обработки воды. Кроме того, одной из наиболее применяемых мер водосбережения в стекольном производстве можно назвать повторное использование технологической воды от механической обработки.

### з) снижение уровня твердых отходов

В отношении предотвращения возникновения твердых отходов, а минимизации уровня их сбросов в окружающую среду обычно применяют следующие меры:

- максимальное применение стеклобоя в качестве исходного сырья на стекольном производстве, а также в смежных отраслях;
- повторное использование отработанных огнеупорных материалов в качестве исходного сырья для производства кирпича;
- замена огнеупорного кирпича (обычно производится каждые 6–12 лет);
- повторное использование пыли в шихте, при соблюдении требований к цвету продукции.

## 5/ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕРЫ НДТ



Перечисленные методы сокращения выбросов в окружающую среду вредных веществ известны довольно давно и в той или иной степени применяют на различных заводах по производству листового стекла. Однако, технологии не стоят на месте, и в стекольной отрасли появляются все новые меры по предотвращению загрязнений, оптимизации производственного процесса, минимизации энергозатрат и потерь сырья.

К перспективным методам НДТ для производства листового стекла можно отнести некоторые модификации печей и очистки отходящих газов.

Так например, некоторые новые стекловаренные печи предусматривают другие технические решения для уменьшения объемов выброса в атмосферу оксидов азота. Печи с низким уровнем образования NOX и печи FlexMelter характеризуются обратным потоком отработанных газов в топочной камере, которая отделена от зоны сгорания в целях создания условий для “ступенчатого сгорания”. Еще одним методом является “многоступенчатая система”, которая применяется в головке горелки. До окончательного этапа сгорания происходит раздельное предкамерное сгорание части топлива, что позволяет осуществлять сжигание с использованием воздуха с более низкой концентрацией O<sub>2</sub>, поддерживающего горение. Такая технология характеризуется более высокой ценой, чем традиционные технологии сжигания, поэтому требует тщательного изучения ее экономических, технологических и экологических выгод по сравнению с аналогичными показателями других печей, имеющих обычную планировку и оборудованных системами очистки в конце технологического цикла.

Перспективные технологии, позволяющие совершенствовать процесс производства,

уменьшать уровень его воздействия на окружающую среду, требуют на этапе разработки и внедрения как вложения средств, так и определенной доли риска для применения их на уже работающих и вновь создаваемых заводах. Однако, они могут в значительной степени окупиться за счет решения сразу комплекса проблем предприятий.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Анализ производства и потребления плоского стекла на стекольном рынке России [HTTP://TYVET.RU/CONTENT/ARTICLES/INDEX.PHP?SECTION\\_ID=597&ELEMENT\\_ID=50257](http://tyvet.ru/content/articles/index.php?SECTION_ID=597&ELEMENT_ID=50257)
- [2] Осипов В.И. «Перспективы развития стекольного рынка России до 2020 года», Международный форум «Стекло и современные технологии» в рамках выставки «Мир стекла 2014» [HTTP://WWW.STEKLOSOUZ.RU/STATIC/MASH2014.HTML](http://www.steklosouz.ru/static/mash2014.html)
- [3] Комплексный контроль и предотвращение загрязнений окружающей среды Справочный документ по наилучшим доступным технологиям в стекольной промышленности
- [4] Анализ состояния и тенденции развития стекольной промышленности в России Абилова Махабат Гумаровна (67) УЭКС, 7/2014 (электронный научный журнал) [HTTP://WWW.UECS.RU/UECS67-672014/ITEM/2996-2014-07-29-07-17-26](http://www.uecs.ru/uecs67-672014/ITEM/2996-2014-07-29-07-17-26)
- [5] Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда. Стекольное производство. Международная финансовая корпорация.
- [6] Стекольная промышленность России: состояние и проблемы развития. В.Д. Шигаев, генеральный директор Эй Джи Си Флэт Гласс Россия. Заседание круглого стола на тему: «Законодательное обеспечение технического перевооружения предприятий промышленности строительных предприятий»
- [7] Захарова Н.С. Повышение конкурентоспособности предприятий стекольной промышленности на основе маркетингового исследования // Современные научные исследования и инновации. – Январь 2012. – № 1 [Электронный ресурс] [HTTP://WEB.SNAUKA.RU/ISSUES/2012/01/6129](http://web.snauka.ru/issues/2012/01/6129)
- [8] ОАО «Саратовстройстекло» Производство листового стекла флоат-способом. Учебное пособие
- [9] [HTTP://FLATGLASS.RU/FINANCE/](http://flatglass.ru/finance/)
- [10] [HTTP://WWW.GUARDIAN-RUSSIA.RU/RU/ABOUT/GUARDIAN/](http://www.guardian-russia.ru/ru/about/guardian/)
- [11] В.Е. Маневич, К.Ю. Субботин, А.Г. Чесноков Влияние качества шихты на стекловарение [HTTP://GLASSINFO.RU/INDEX.PHP?PAGE=PAGE42](http://glassinfo.ru/index.php?page=page42)
- [12] Чечкин Е.И. Российский рынок стекла: «Все прозрачно»// Эксперт-Урал – Февраль 2014. – №7 (588)
- [13] А. Батищев, А.Г. Чесноков Флоат-стекло [HTTP://WWW.OKNAMEDIA.RU/SPAGE-PUBLISH/SECTION-ARTICLE/DETAIL-345.HTML](http://www.oknamedia.ru/spage-publish/section-article/detail-345.html)
- [14] Т.К. Павлушкина, Н.Г. Кисиленко Использование стекольного боя в производстве строительных материалов [HTTP://GLASSINFO.RU/INDEX.PHP?PAGE=PAGE42](http://glassinfo.ru/index.php?page=page42)

# РАССМОТРЕНИЕ ПОДХОДОВ К РАЗРАБОТКЕ СПРАВОЧНИКОВ ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, АММИАКА И КИСЛОТ

И.А. Косоруков – ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА ОТДЕЛА СТАНДАРТИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
 В.М. Костылева – и.о. НАЧАЛЬНИКА ОТДЕЛА СТАНДАРТИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
 И.П. СЕРГЕЕВА – СОВЕТНИК РОССИЙСКОЙ АССОЦИАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ УДОБРЕНИЙ  
 Е.В. Супрун – ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ РОССИЙСКОЙ АССОЦИАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ УДОБРЕНИЙ



Целью настоящей статьи является разработка подходов к созданию информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям в области производства минеральных удобрений, аммиака и кислот. В поисках возможных подходов к созданию данного справочника, впрочем, это характерно для большинства справочников, планируемых для разработки, невозможно не оглядываться на опыт Европейского Союза. С другой стороны, необходимо понимать те цели и задачи, которые должен решить отечественный справочник, а также понимать, что структура российской промышленности минеральных удобрений, безусловно, отличается от той, что сложилась в Европейском союзе. Таким образом, разработка отечественного справочника не должна включать необдуманные заимствования данных и выводов, содержащихся в европейском справочнике. В целях разработки информационно-технического справочника необходимо рассмотреть и проанализировать характеристику отрасли применения

НДТ, актуальность отрасли для российской экономики и её вклад в воздействие на окружающую среду. Важной частью информации, необходимой для разработки справочника по НДТ, является анализ текущего состояния отрасли. При проведении анализа и дальнейшей разработке справочника необходимо уделить внимание следующим факторам: ассортимент продукции, её тоннаж, наиболее подходящее сырьё, существующие технологии переработки данного сырья, средний возраст оборудования.

## 1/ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ НДТ

Химическая промышленность является одной из ведущих в мире по показателям производительности труда, капиталоемкости и наукоёмкости среди прочих промышленных отраслей. Важность и необходимость осуществления поддержки химического производства показывает тот факт, что страны с крупнейшими экономиками являются также мировыми лидерами производства продукции химического комплекса (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Статистика по экономическим показателям ведущих развитых стран

| Рейтинг стран по номинальному значению ВВП <sup>1</sup> |          |                  | Рейтинг мирового производства химической продукции <sup>2</sup> |          |   |
|---|----------|------------------|---|----------|---|
| п/п   | Страна   | ВВП (млрд долл.) | п/п   | Страна   | Производство химической продукции, млрд долл. |
| 1   | США      | 16 799,7         | 1   | КНР      | 1431,9  |
| 2   | КНР      | 9 181,4          | 2   | США      | 769,4   |
| 3   | Япония   | 4 901,532        | 3   | Япония   | 357,3   |
| 4   | Германия | 3 636,0          | 4   | Германия | 237,4   |
| 5   | Франция  | 2 737,4          | 5   | Бразилия | 153,0   |
| 8   | Россия   | 2 118,01         | 13  | Россия   | 76,1  |

<sup>1</sup> По данным МВФ за апрель 2014 г. (<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2014/01/weodata/index.aspx>).  
<sup>2</sup> По данным American Chemistry Council's (<http://www.americanchemistry.com/Jobs/EconomicStatistics/Industry-Profile/Global-Business-of-Chemistry>).

Химическая промышленность играет незаслуженно малую роль в экономике России. Так, если в промышленно развитых странах доля химического комплекса в ВВП в 2013 г. составляла более 11%, то в России данный показатель составил всего 1,8 %.

По ключевым показателям производства и потребления продукции химического комплекса Россия существенно отстает от мировых лидеров. Например, в Японии показатель выработки химической продукции на одного работника практически в 7 раз превышает аналогичный показатель в России, что свидетельствует о недостаточно высоком уровне химизации отечественных отраслей-потребителей продукции химического комплекса. Отставание России по данному показателю от стран ЕС, в частности, Германии – до 4 раз. Что касается темпа роста выпуска российского химического комплекса, то он также отстает от мировых показателей.

Внутренний рынок продукции химического комплекса в России характеризуется низким уровнем развития в сравнении с мировыми лидерами отрасли. Так, в Германии уровень удельного потребления химической продукции более чем в 9 раз выше, чем в России.

Для Российской Федерации химическая промышленность является одной из ключевых отраслей российской экономики, оказывающей значительное влияние на состояние экономического, инновационного и социального развития и уровень обороноспособности страны.

Ассортимент химической продукции насчитывает десятки тысяч наименований. Структура химической промышленности Российской Федерации состоит из следующих основных подотраслей: горнохимическая, минеральные удобрения, основная химия, химические волокна и нити, пластмассовые изделия, стекловолоконные материалы, стеклопластики и изделия из них, лакокрасочные материалы,



химические реактивы и особо чистые вещества, синтетические красители.

Химический комплекс, в структуре ВВП, страны составляет 1,8%, предприятия химического комплекса обеспечивают около 5% общероссийского объема валютной выручки<sup>[1]</sup>.

В области химической промышленности лидирующие позиции в структуре экспорта Российской Федерации занимают минеральные удобрения. К числу основных экспортных видов удобрений относятся такие минеральные удобрения, как калийные, азотные и фосфорные (табл. 2).

Таблица 2 – Экспорт минеральных удобрений

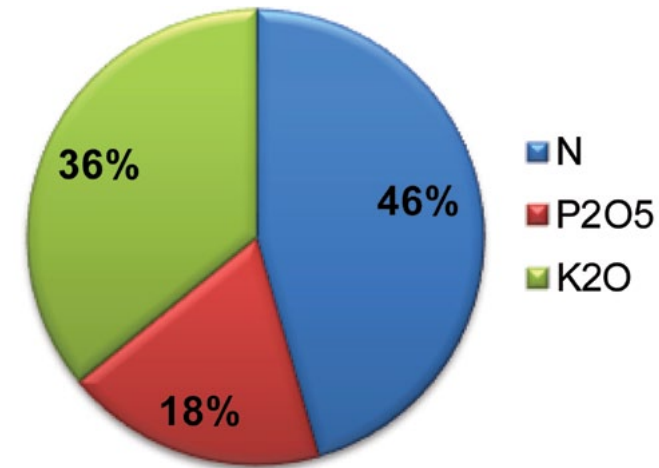
| Показатели                             | Единица измерения                       | 2013 год факт | Прогноз 2014 год |         |
|--|---|---------------|------------------|---------|
|  |   |               | I вар.           | II вар. |
| Экспорт всего                          | млн. долл. США                          | 25453,8       | 24000            | 24500   |
| химическое производство                | млн. долл. США                          | 22892,3       | 21600            | 22050   |
| <i>в т.ч. по группам товаров</i>       |   |               |                  |         |
| Минеральные удобрения в 100% пит. в-ва | тыс. тонн пит. в-в                      | 14773,3       | 14737,1          | 14870   |
| <i>из них:</i>                         |   |               |                  |         |
| азотные удобрения                      | тыс. тонн N                             | 5992,8        | 6150             | 6130    |
| калийные удобрения                     | тыс. тонн K <sub>2</sub> O              | 6200,0        | 6080             | 6210    |
| фосфатные удобрения                    | тыс. тонн P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 2580,5        | 2507,1           | 2530    |
| Метанол                                | тыс. тонн                               | 1362,6        | 1260             | 1320    |

(продолжение таблицы 2)

| Показатели  | Кол-во тыс. т | Стоим-ть млн. долл. |
|---|---------------|---------------------|
| Минеральные удобрения в 100% пит. в-ва  | 9620,9        | 6646,8              |
| <i>из них:</i>  |               |                     |
| азотные удобрения*  | 3449,0        | 2452,0              |
| калийные удобрения**  | 4516,0        | 1915,1              |
| фосфатные удобрения   | 1655,9        | 2279,7              |
| * Без азотной части сложных удобрений<br>**Без калийной части сложных удобрений |               |                     |

На рисунке 1 приведена структура экспорта удобрений за 2013 г. в зависимости от вида.

Рисунок 1 – Структура экспорта минеральных удобрений в России, млн.т (д.в.) в 2013г.



Источник: Федеральная служба государственной статистики.

В настоящее время в стране имеются мощности по производству более 22 млн. тонн минеральных удобрений (в пересчете на 100% действующих веществ – д.в.). В 2014 году объем выпуска азотных удобрений составил 8209,5 тыс. тонн, что меньше на 0,5% по сравнению с 2013 годом, фосфорных – 3008,8 тыс. тонн (-1,5%), калийных 8397,5 тыс. тонн. (+17,5%). Загрузка мощностей в производстве минеральных удобрений составила 89%.. Основными отечественными производителями минеральных удобрений являются:

- ОАО «ОХК «УРАЛХИМ»
  - ОАО «Завод минеральных удобрений Кирово-Чепецкого химического комбината»
  - ОАО «Воскресенские минеральные удобрения»
  - ОАО «Минеральные удобрения» (г. Пермь)
  - Филиал «Азот» ОАО «ОХК «УРАЛХИМ» в г. Березники
- АО «МХК «Еврохим»
  - ОАО «Невинномысский азот»-
  - ОАО «Новомосковская акционерная компания „Азот“»
  - ООО «ЕвроХим — Белореченские минудобрения»
  - ООО «Промышленная группа «Фосфорит»
- ОАО «ФосАгро»
  - ОАО «ФосАгро-Череповец»
  - ЗАО «Агро-Череповец»
  - Балаковский филиал ОАО «Апатит»
  - ООО «Метакхим»

- Группа «Акрон»
  - ОАО «Акрон»
  - ОАО «Дорогобуж»
- ОАО «Минудобрения» (г.Россошь)
- ОАО «СДС Азот»
  - КОАО «Азот»
  - ООО «Ангарский азотно-туковый завод»
  - ЗАО «Капролактам Кемерово»
- АО «КуйбышевАзот»
- ОАО «Минудобрения»
- ОАО «Сильвинит»
- ПАО «Уралкалий»
- ООО «Менделеевсказот»
- ЗАО «Корпорация «Тольяттиазот»
- ОАО «Газпром нефтехим Салават».

Отдельным вопросом является выявление производств, которые должны быть рассмотрены при разработке справочника. Необходимо идентифицировать наиболее важную продукцию, которая или характеризуется большими тоннажами производства или её производство связано с выбросом в окружающую среду или большого количества отходов или отходов, которые оказывают достаточно сильное негативное влияние на окружающую среду. Перечень продукции, которая была охвачена в аналогичном европейском справочном документе по наилучшим доступным технологиям в производстве крупнотоннажных неорганических химических веществ, аммиака, кислот и удобрений (далее справочник ЕС) <sup>[4]</sup> приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Объекты распространения справочника НДТ

| Продукция               | Основные рассматриваемые вопросы  |
|-------------------------|---|
| Аммиак                  | Энергопотребление, выбросы в атмосферу оксидов азота, сточные воды                                    |
| Карбамид, КАС удобрение | Энергопотребление, выбросы в атмосферу аммиака и пыли, сточные воды, содержащие аммиак и карбамид     |
| Азотная кислота         | Экспорт энергии, выбросы в атмосферу закиси азота и других оксидов азота                              |
| Серная кислота          | Экспорт энергии, выбросы в атмосферу SO <sub>2</sub> , тумана серной кислоты                          |
| Фосфорная кислота       | Выбросы в атмосферу фтороводорода и кремнефтористоводородной кислоты, отвалы фосфогипса, сточные воды |
| Фтороводородная кислота | Выбросы в атмосферу фтороводорода, пыли ангидрида, сточные воды                                       |
| Суперфосфаты (TSP/SSP)  | Выбросы в атмосферу фтороводорода, пыли, сточные воды   |

(продолжение таблицы 3)

| Продукция                                    | Основные рассматриваемые вопросы   |
|--|--|
| Аммоний нитрат                               | Выбросы в атмосферу аммиака и пыли, сточные воды   |
| Аммоний нитрат/<br>кальций аммоний нитрат    | Выбросы в атмосферу аммиака и пыли, сточные воды   |
| НРК (азотные, фосфорные, калийные) удобрения | Выбросы в атмосферу аммиака, оксидов азота, фтороводорода, хлороводорода, пыли, сточные воды |
| Кальций нитрат                               | Выбросы в атмосферу оксидов азота и пыли   |

## 2/ ОПИСАНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА И ОБОРУДОВАНИЯ

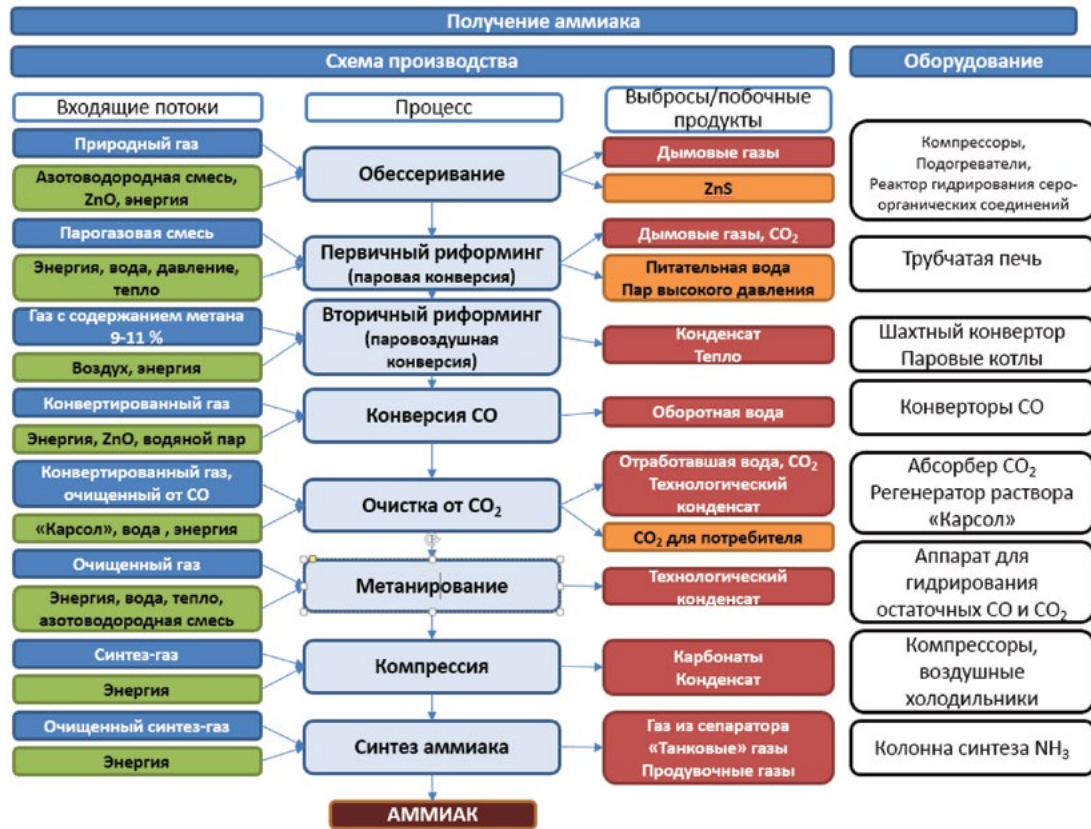
После рассмотрения ассортимента и тоннажа производства минеральных удобрений необходимо рассмотреть используемые способы получения конечной продукции, какие из способов получения находят применение у нас в России, а какие, в силу определенных обстоятельств, не используются. Так допустим, в европейском справочнике по производству крупнотоннажной химической продукции, аммиака, кислот и минеральных удобрений рассмотрено два способа производства аммиака: конвекционный риформинг природного газа и частичное окисление кислородом различного углеводородного сырья (от природного газа до угля). Однако в отечественной практике распространение получил только первый вариант производства аммиака, что обуславливается большей доступностью исходного сырья. Таким образом, видится целесообразным принятие решения, включать ли в разрабатываемый справочник два основных существующих способа производства аммиака или ограничиться наиболее часто используемым. Очевидно, что данное решение должно быть принято на основе данных по энергопотреблению и выбросам отечественных предприятий. Также необходимо помнить о возможности применения перспективных технологий, которые также могут быть рассмотрены как кандидаты на рассмотрение в справочнике по НДТ. В случае, если речь идет о производстве аммиака, это может быть производство на основе водорода, полученного электролизом воды, или на основе биотехнологий, правда в данном случае речь пока не идет о крупнотоннажном производстве.

В информационно-технический справочник по НДТ в области производства минеральных удобрений, аммиака и кислот предлагается включить следующие виды производств:

- производство аммиака;
- производство аммиачной селитры;
- производство калийной селитры;
- производство сложных минеральных удобрений (НРК – удобрений)
  - производство карбамида и карбамидно-аммиачной смеси (КАС);
- производство азотной кислоты;
- производство серной кислоты;
- производство фосфорной кислоты.

Таким образом, справочник должен содержать описание вышеприведенных технологий производства и оборудования, используемого для реализации данных технологий. В качестве примера можно привести описание технологий производства аммиака. Общая схема процесса приведена на рисунке 2.

Рисунок 2 – Схематическое описание технологии производства аммиака



Подробное описание каждого подпроцесса представлено на рисунках 3-10.

Рисунок 3 – СХЕМА ОБЕССЕРИВАНИЯ

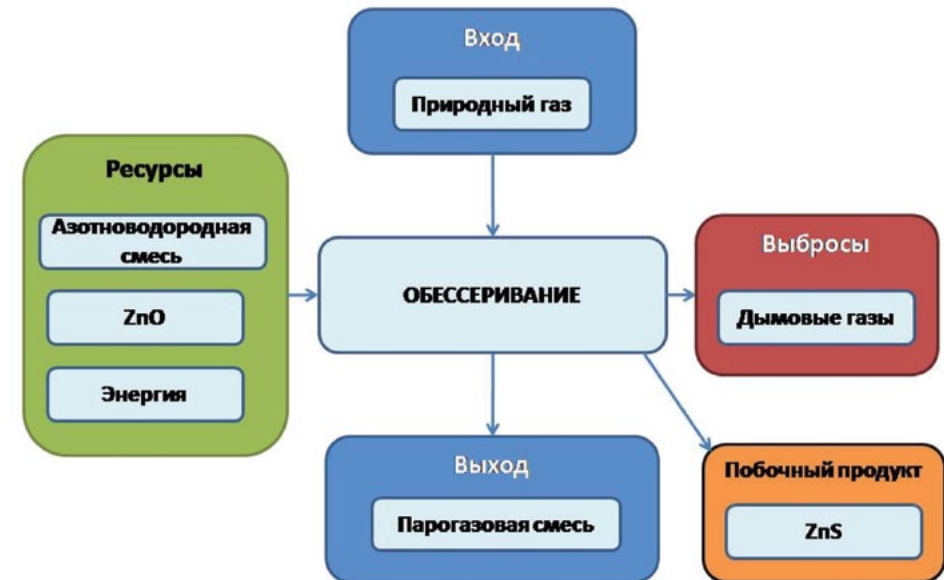


Рисунок 4 – СХЕМА ПЕРВИЧНОГО РИФОРМИНГА



Рисунок 5 – СХЕМА ВТОРИЧНОГО РИФОРМИНГА

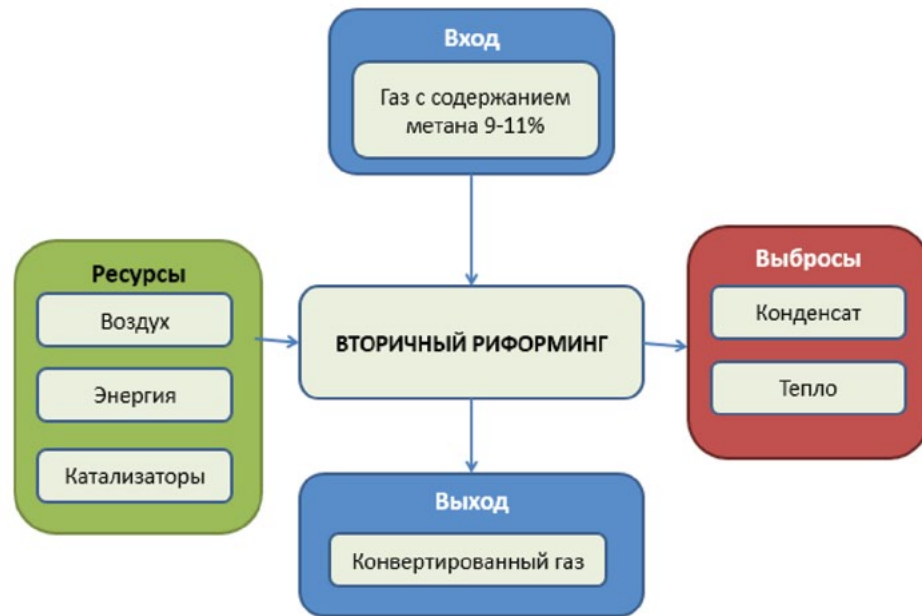


Рисунок 7 – СХЕМА ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ CO<sub>2</sub>

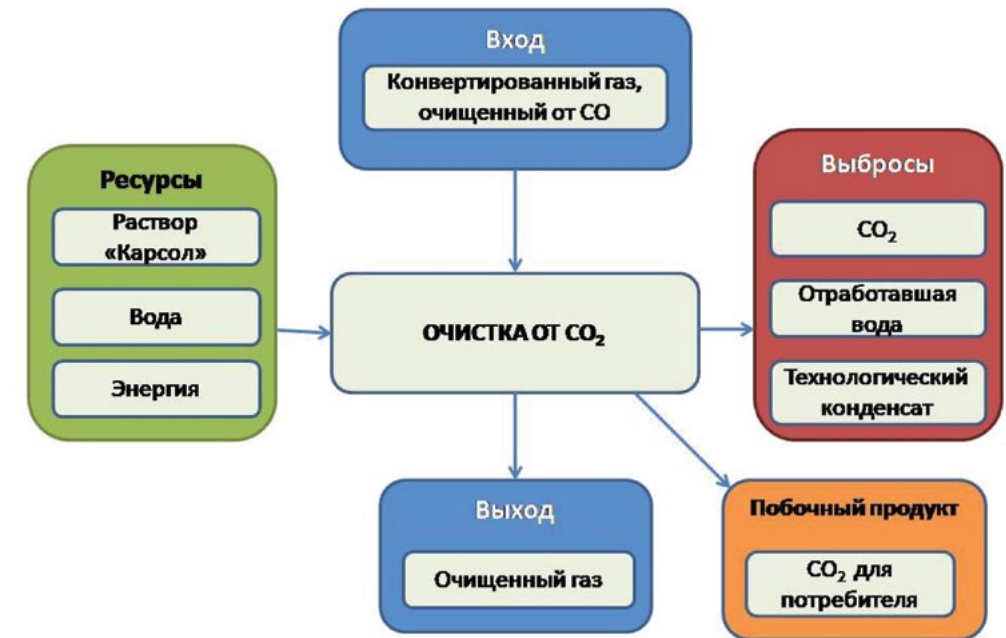


Рисунок 6 – СХЕМА КОНВЕРСИИ CO

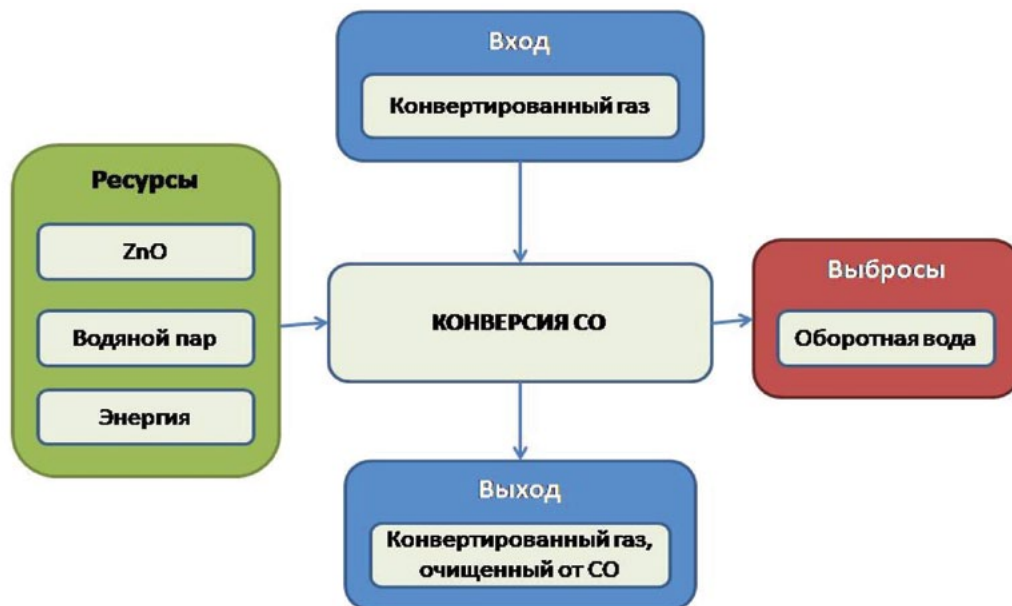


Рисунок 8 – СХЕМА МЕТАНИРОВАНИЯ

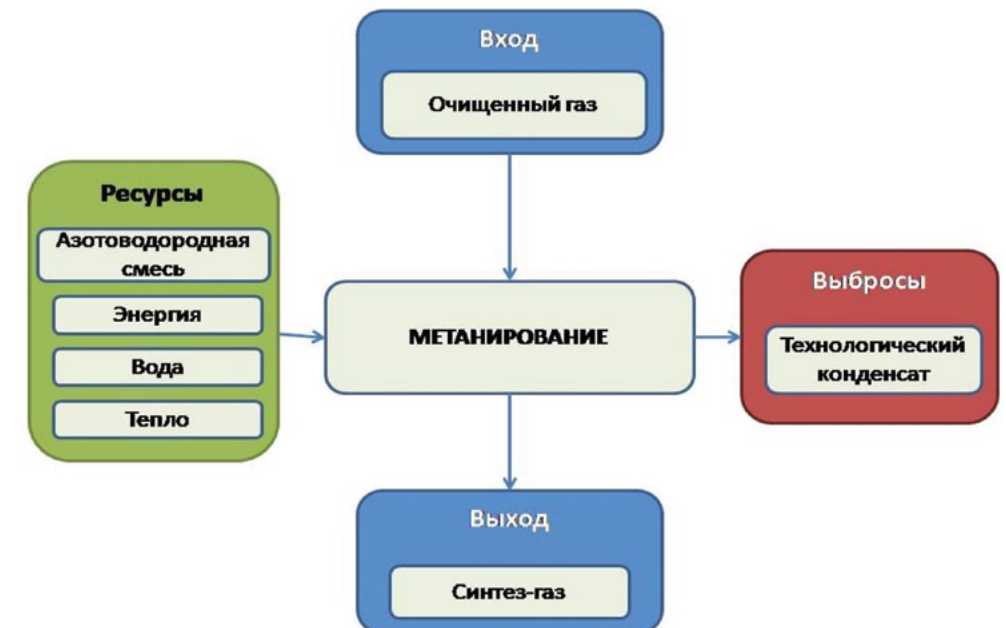


Рисунок 9 – СХЕМА КОМПРЕССИИ

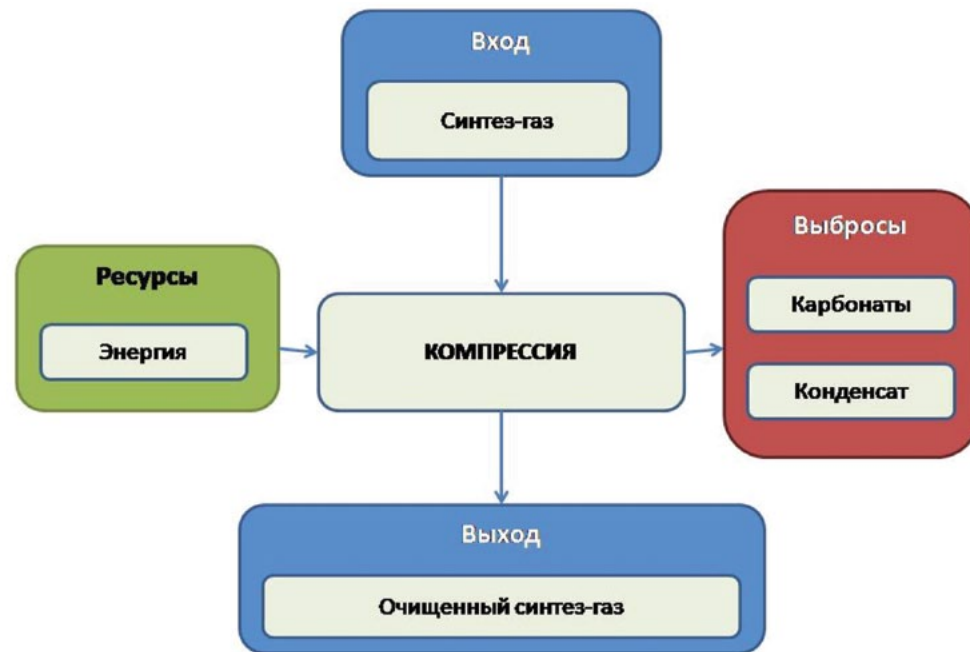
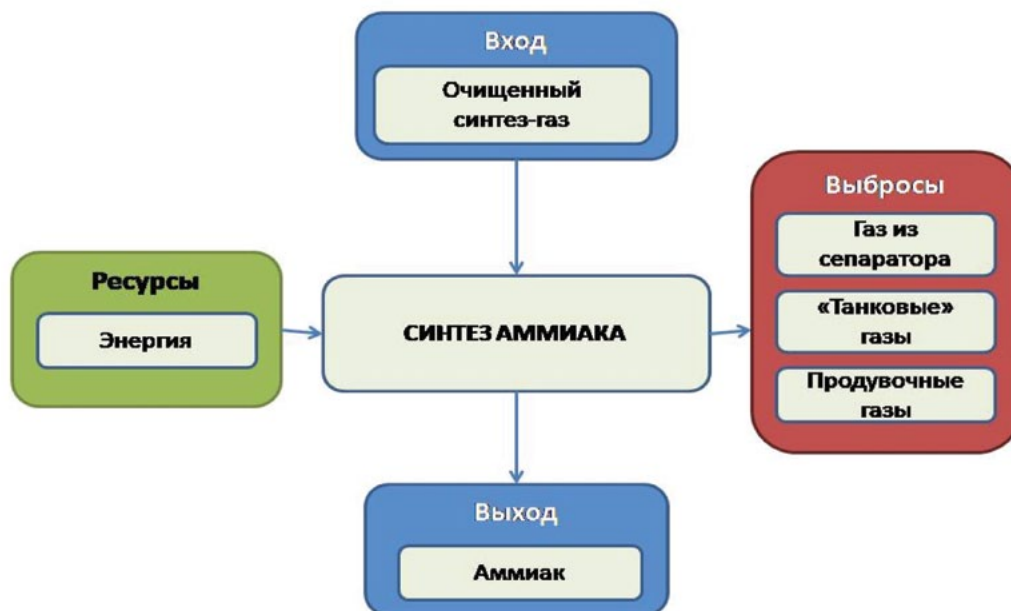


Рисунок 10 – СХЕМА СИНТЕЗА АММИАКА



### 3/ СУЩЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ВЫБРОСОВ И ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Для каждой рассматриваемой технологии необходимо собрать данные по заводам изготовителям об уровнях выбросов и потреблении ресурсов.

Рассмотрим уровень выбросов и потребления ресурсов на примере производства аммиака. По данным за 2013 г. расход природного газа на тонну продукции варьируется в диапазоне 1108-1137 м<sup>3</sup>.

По итогам четвертого квартала 2013 г. (без учета тольяттинских данных) средний по России показатель удельного расхода природного газа на тонну аммиака составил 1108 м<sup>3</sup>/т, что на 3,1% ниже показателя четвертого квартала предыдущего года. На аммиачных агрегатах ТЭС расход газа снизился на 2,2% - до 1098 м<sup>3</sup>/т, на отечественных агрегатах (без учета тольяттинских данных) – на 4,0% до 1115 м<sup>3</sup>/т.

По результатам 2013 г. средний по России удельный расход газа составил 1124 м<sup>3</sup>/т, что на 2,9% ниже показателя 2012 г. Средний расход газа на агрегатах ТЭС и отечественных агрегатах составил 1108 м<sup>3</sup>/т и 1137 м<sup>3</sup>/т, соответственно (что на 1,7% и 2,0% ниже аналогичных результатов 2012 г.).

На тринадцати крупных агрегатах средний удельный расход газа в 2013 г. сократился относительно предыдущего года. Наиболее заметно – на салаватском, череповецком (ТЭС) и куйбышевском агрегатах.

### 4/ МЕТОДОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НДТ

При определении возможности отнесения к наилучшим доступным технологиям в рассматриваемой области применения необходимо выделить основные вопросы, которые имеют наибольшее значение, если оценивать технологию с точки зрения минимизации негативного воздействия на окружающую среду или с точки зрения экономической эффективности. В первую очередь при рассмотрении данной возможности необходимо выделить технологические меры, которые применяются при конкретной реализации технологии. В случае производства минеральных удобрений основными вопросами являются выбросы в атмосферу аммиака, оксидов азота (особенно N<sub>2</sub>O) и пыли продукта. Кроме того, важное значение имеет энергопотребление, а также наличие различных технологических мер, которые позволяют наиболее эффективно использовать энергию, как потребляемую, так и энергию, которая может быть выделена на отдельных участках производства.

### 5/ ПРИМЕНЯЕМЫЕ ИЛИ ВНЕДРЯЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРЫ НДТ

В первую очередь рассмотрим общие подходы к организации производства минеральных удобрений, предлагаемые в справочных документах по наилучшим доступным технологиям.

Для целей повышения энергоэффективности, уменьшения выбросов в воду, экономии деминерализованной воды и решения других задач предлагается наращивать интеграцию связанных производств. В качестве примера можно привести интеграцию производства азотной кислоты и аммиачной селитры. Данные производства имеют общее сырье – аммиак в газовой фазе, таким образом, оба производства могут совместно использовать один испаритель аммиака, работающий за счет пара, полученного при производстве аммиачной селитры. Пар низкого давления, полученный при производстве аммиачной селитры, может быть также использован при нагревании технической воды для бойлеров. Нагретая техническая вода для бойлеров затем также может быть использована

для предварительного нагрева остаточных газов производства азотной кислоты. Однако при такой организации производства необходимо учитывать, что изменение параметров одного производства будет влиять на параметры другого производства. В настоящее время крупные предприятия имеют в своей собственности производственные площадки с интегрированными производствами, так например, на предприятии НАК «Азот» сосредоточены производства аммиака, карбамида, аммиачной селитры и кальцинированной аммиачной селитры.



Помимо уже приведенного примера использования избытка пара необходимо всегда искать возможности его использования для различных целей. Таким образом, использование избытка пара с пользой является одним из примеров НДТ. При реализации данного подхода рекомендуются следующие приоритетам:

- избегание снижения давления пара без использования энергии;
- настройка параметров системы в целом для того, чтобы минимизировать избыток пара при помощи минимизации общего потребления;
- использование избытка пара как внутри производства, так и вне его.

Использование избытка пара для генерации электрической энергии рекомендуется, только если существуют факторы, препятствующие использованию избытка термальной энергии на производстве или вне его.

Также в производстве минеральных удобрений рассматривают как наилучшую доступную технологию получение азотной кислоты из отработавших газов. Отходящие газы из реакторов, питающих резервуаров, буферных емкостей и др. источников могут быть уловлены при помощи скрубберов. В каскаде скрубберов первые скрубберы могут использовать воду, последние – раствор перекиси водорода, используемый для окисления монооксида азота.

Среди технологических мер, в том числе приведенных в примерах, можно выделить технологические меры достаточно очевидные, среди них многие были каким-либо образом применены при проектировании и создании действующих производств минеральных удобрений, в том числе запускаемых ещё в СССР в 60-е и 70-е годы. Например, реактор – нейтрализатор ИТН (ИТН – использующий тепло нейтрализатор), используемый при производстве аммиачной селитры.

Более подробно рассмотрим подход к наилучшим доступным технологиям на конкретном примере. В качестве примера возьмем одно из распространенных крупнотоннажных удобрений – аммиачную селитру. Аммиачная селитра или нитрат аммония ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) – кристаллическое вещество белого цвета, содержащее 34,4% азота в аммонийной и нитратной формах. Как аммонийная, так и нитратная форма азота легко усваивается растениями. Питательные вещества в нитратной форме быстро поглощаются растениями, устраняя нехватку азота. Аммонийная форма азота действует с задержкой и обеспечивает более продолжительный эффект питания. Аммиачную селитру применяют в больших масштабах перед посевом и для всех видов подкормок.

В основе процесса производства аммиачной селитры лежит гетерофазная реакция взаимодействия газообразного аммиака с раствором азотной кислоты ( $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$ ) и дальнейшая

обработка полученного продукта для придания ему конечного вида. Основная реакция синтеза является экзотермической, т. е. происходит с выделением большого количества тепла, что обуславливает многие аспекты проведения процесса производства аммиачной селитры. Так, к наилучшим доступным технологиям при производстве аммиачной селитры можно отнести использование пара, полученного при использовании тепла экзотермической реакции для различных целей при других производствах. Полученное количество тепла экзотермической реакции может быть использовано не только в рамках производства данного типа продукции, но и быть применено на смежных производствах. Помимо этого в процессе производства генерируется загрязненный низкотемпературный пар, часть которого попадает в воздух. С целью снижения энергетических затрат данный пар может быть использован для охлаждения воды при помощи литиево-бромидных радиаторов. В случае, если конечным продуктом производства является раствор аммиачной селитры, т.е. нет необходимости в большом количестве энергии для выпаривания получаемого раствора, то на внешнее потребление может быть использовано около 170 кг нагретого пара на тонну продукта (по данному европейского справочника).

В настоящее время на большинстве отечественных предприятий аммиачную селитру получают при помощи агрегата АС-72 или его модернизированных версий, реализующих технологическую схему производства, аналогичную предлагаемой и рассматриваемой в справочном документе по НДТ. Схема использует частичное упаривание раствора за счет тепла нейтрализации. Основная масса воды упаривается в реакторе – нейтрализаторе ИТН. Этот аппарат представляет собой цилиндрический сосуд, выполненный из нержавеющей стали, внутри которого находится другой цилиндр. Сопоставление имеющихся данных по расходным коэффициентам, полученным в агрегате АС-72 и модифицированных версиях показывает, что значения сопоставимы. Так, например, для получения 1 т аммиачной селитры в агрегате АС-72 требуется около 30 кВт ч<sup>[10]</sup>, что соответствует диапазону, указанному в европейском справочном документе для гранулированной селитры. Расходные коэффициенты для используемого сырья также соответствуют указанным в справочных документах по НДТ.

## 6/ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕРЫ НДТ

Это в первую очередь организация и поддержка посредством научно-исследовательских программ и технологических разработок серии проектов по экологически чистым технологиям (проекты, предусматривающие сокращение выбросов, сбросов и т.д.).

Кроме того необходима поддержка проектов по внедрению новых технологий, в части инвестиций государственных средств, в проекты частных компаний.

Данные проекты могут оказаться полезными при пересмотре справочного документа по НДТ в будущем. В связи с этим, необходимо информировать бюро о результатах любых научных исследований, которые соответствуют области применения справочника.

7/ ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ, ПРЕДУСМОТРЕННЫЕ К РЕАЛИЗАЦИИ КОМПАНИЯМИ, ВХОДЯЩИМИ В СОСТАВ РОССИЙСКОЙ АССОЦИАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ УДОБРЕНИЙ

| Предприятие  | Объем вводимых производственных мощностей, тыс. т в год | Годы ввода |
|--|---|------------|
| <b>Апатитовый концентрат</b>   |   |            |
| ОАО "Ковдорский ГОК"   | 441   | 2014-2018  |
| ОАО "Северо-Западная фосфорная компания"   | 1000  | 2018       |
| ОАО "Апатит", г. Кировск   | 800   | 2015       |
| <b>Калий хлористый</b>   |   |            |
| ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий»   | 2300  | 2017       |
| ОАО «Уралкалий», г. Березники  | 400   | 2017       |
| ОАО «Уралкалий», г. Березники  | 2800  | 2020       |
| ЗАО "Верхнекамская калийная компания", г. Березники (Талицкий ГОК) (ОАО "Акрон") | 1000  | 2019       |
| ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий»   | 2300  | 2021       |
| ООО "ЕвроХим-Усольский калийный комбинат"  | 2322  | 2017       |
| ООО "ЕвроХим-Усольский калийный комбинат"  | 1222  | 2022       |
| <b>Неорганические кислоты</b>  |   |            |
| ООО «Менделеевсказот»*, г. Менделеевск, Республика Татарстан                     | 120   | 2016-2017  |
| <b>Метанол</b>   |   |            |
| ОАО "Аммоний" г. Менделеевск (площадка ОАО "Менделеевсказот")                    | 233,8   | 2015       |

| Предприятие   | Объем вводимых производственных мощностей, тыс. т в год | Годы ввода |
|---|---|------------|
| <b>Аммиак</b>   |   |            |
| ОАО «Невинномысский Азот»                                     | 115,5   | 2014       |
| ОАО "Аммоний" г. Менделеевск (площадка ОАО "Менделеевсказот") | 455   | 2015       |
| ОАО "Метафракс", г. Губаха                                    | 450   | 2016       |
| ОАО "Куйбышевазот", г. Тольятти                               | 489,1   | 2017       |
| ОАО "Акрон", г. Великий Новгород                              | 700   | 2017       |
| ОАО "Новомосковская АК Азот"                                  | 49  | 2014       |
| ОАО "Новомосковская АК Азот"                                  | 52,5  | 2015       |
| ОАО "Новомосковская АК Азот"                                  | 28  | 2016       |
| ОАО «ФосАгро-Череповец» (ЗАО "ФосАгро")                       | 760   | 2017       |
| Кемеровское ОАО «Азот»  | 77  | 2015       |
| ООО ПГ «Фосфорит» (г. Кингисепп)                              | 1000  | 2018       |
| <b>Аммиачная селитра</b>                                      |   |            |
| ООО "Ангарский азотно-туковый завод"                          | 270   | 2015       |
| ОАО "Аммоний" г. Менделеевск (площадка ОАО "Менделеевсказот") | 130   | 2015       |
| ОАО "Новомосковская АК Азот"                                  | 340   | 2015       |
| ОАО «Куйбышевазот»** (г. Тольятти) (нитросульфат)             | Расширение до 401,5                                     | 2019       |
| Кемеровское ОАО "Азот"  | 500   | 2016       |
| ОАО «Дорогобуж», г. Дорогобуж                                 | 400   | 2019       |
| ОАО «Невинномысский Азот»                                     | 916   | 2025       |

| Предприятие   | Объем вводимых производственных мощностей, тыс. т в год | Годы ввода |
|---|---|------------|
| <b>Нитрат кальция</b>   |   |            |
| ОАО «ЗМУ КЧХК»*, г. Кирово-Чепецк                             | 93 (новое производство)                                 | 2015       |
| <b>Карбамид</b>   |   |            |
| ОАО «Новомосковская АК Азот»                                  | 100   | 2017       |
| ОАО «Аммоний» г. Менделеевск (площадка ОАО «Менделеевсказот») | 717,5   | 2015       |
| ОАО «Акрон», г. Великий Новгород (ГК «Акрон»)                 | 150,2   | 2015-2018  |
| ОАО «ФосАгро-Череповец» (ЗАО «ФосАгро»)                       | 500   | 2017       |
| ОАО «Куйбышевазот», г. Тольятти                               | 547,5   | 2018       |
| ОАО «Тольяттиазот»  | 206,5   | 2020       |
| ОАО «Невинномысский Азот»                                     | 1172  | 2025       |
| ОАО «Минеральные удобрения»* г. Пермь                         | 275 (расширение с 650 до 925)                           | 2019       |
| Ф-л «Азот» ОАО «ОХК «УРАЛХИМ»**, г. Березники                 | 319 (расширение с 531 до 850)                           | 2019       |
| <b>Известково-аммиачная селитра</b>                           |   |            |
| ОАО «ЗМУ КЧХК»**, г. Кирово-Чепецк                            | 600 (расширение с 182 до 782)                           | 2018       |
| <b>Сложные минеральные удобрения</b>                          |   |            |
| ОАО ПГ «Фосфорит», («ЕвроХим») г. Кингисепп                   | 150   | 2017       |
| ОАО «Дорогобуж», г. Дорогобуж                                 | 110   | 2018       |
| ООО «Еврохим-Белореченские Минудобрения»                      | 55  | 2015       |
| ОАО «Невинномысский Азот»                                     | 60 (NK)   | 2017       |
| <b>Химические волокна и нити</b>                              |   |            |
| ОАО «Куйбышевазот», г. Тольятти (ткань кордная)               | 16,4  | 2016       |

| Предприятие  | Объем вводимых производственных мощностей, тыс. т в год | Годы ввода |
|--|---|------------|
| <b>Полиамид-6</b>  |   |            |
| ОАО «Куйбышевазот»   | 58,4  | 2016       |
| <b>Циклогексанон</b>   |   |            |
| ОАО «Куйбышевазот»*  | 140   | 2016       |
| <b>Капролактамы</b>  |   |            |
| ОАО «Куйбышевазот»*  | до 260  | 2020       |
| <b>Редкоземельные металлы</b>  |   |            |
| ОАО «Воскресенские минеральные удобрения»**, г. Воскресенск (прорабатываемый проект) | 6,816   | 2020       |

\* – реализуемый проект

\*\* – прорабатываемый проект

\*\*\* – общий объем инвестиций проекта

*Источник: Минпромторг России*

#### ЛИТЕРАТУРА

Министерство экономического развития Российской Федерации: [Электронный ресурс]. М., 2007.

[HTTP://ECONOMY.GOV.RU](http://economy.gov.ru) (ДАТА ОБРАЩЕНИЯ: 13.01.2015).

Федеральная таможенная служба Российской Федерации [Электронный ресурс]. М., 2007. [HTTP://FSTRF.RU](http://fstrf.ru) (ДАТА ОБРАЩЕНИЯ: 13.01.2015).

Федеральная служба государственной статистики: [Электронный ресурс]. М., 1999-2013. [HTTP://WWW.GKS.RU](http://www.gks.ru) (ДАТА ОБРАЩЕНИЯ: 13.01.2015).

REFERENCE DOCUMENT ON BEST AVAILABLE TECHNIQUES FOR THE MANUFACTURE OF LARGE VOLUME INORGANIC CHEMICALS AMMONIA, ACIDS AND FERTILISERS – AUGUST 2007. – EUROPEAN COMMISSION.



## Наилучшие доступные технологии в производстве керамических изделий: потенциальные возможности и риски

Т. В. Гусева – ученый секретарь Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева, профессор кафедры менеджмента и маркетинга

Я. П. Молчанова – доцент кафедры менеджмента и маркетинга Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева, координатор проектов Экологического центра

М. Б. Бегак – ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского центра экологической безопасности Российской академии наук

Е. М. Аверочкин – аспирант Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева

В соответствии с Федеральным законом от 21.07.14 № 219-ФЗ «О внесении изменений в федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»<sup>[1]</sup> в России осуществляется переход к технологическому нормированию в охране окружающей среды (ОС). Прежде всего это касается крупных предприятий ключевых отраслей экономики, оказывающих значительное воздействие на ОС. Они будут обязаны получать комплексные экологические разрешения (КЭР)



и продемонстрировать соответствие требованиям наилучших доступных технологий (НДТ). К таким предприятиям отнесены и заводы, выпускающие керамические изделия. Пока сложно сказать, какая именно производительность станет пороговой для включения в перечень предприятий, обязанных получать КЭР. По аналогии с требованиями Директивы 2010/75/ЕС о промышленном загрязнении (промышленных эмиссиях), можно ожидать, что речь пойдет о предприятиях по производству кирпича, черепицы и прочих строительных изделий из обожженной глины с проектной мощностью 1 млн. штук в год и более<sup>[2]</sup>.

Для того чтобы разобраться в сути вопроса, обратимся к его истории и основным понятиям. В Европейском Союзе почти 20 лет условием получения комплексных экологических разрешений для предприятий ключевых отраслей экономики служит выполнение требований наилучших доступных технологий, обеспечивающих экологическую безопасность и ресурсоэффективность производства<sup>[3]</sup>. Аналогичные условия действуют в Казахстане и в Беларуси, где приняты национальные законы и идет подготовка информационных источников, описывающих НДТ для соответствующих отраслей экономики. В рамках международного проекта «Управление качеством атмосферного воздуха», в котором Россия принимает участие, подготовлены практические рекомендации по переходу к технологическому нормированию в охране ОС и по порядку выдачи КЭР (см. сайт проекта <http://airgovernance.eu/>). Можно надеяться, что эти рекомендации будут учтены при разработке нормативной базы, в том числе, при создании целостной системы комплексных экологических разрешений в РФ.

Некоторая разница в терминологии не является существенной, хотя в Беларуси используется понятие «наилучшие доступные технические методы». Приведем определение НДТ в соответствии

с 219-ФЗ (с сокращениями). «Наилучшая доступная технология – технология производства продукции<...>, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны ОС при условии наличия технической возможности её применения. При этом сочетанием критериев достижения целей охраны ОС для определения НДТ является наименьший уровень негативного воздействия на ОС в расчёте на единицу времени или объём производимой продукции <...>, экономическая эффективность её внедрения и эксплуатации, применение ресурсо- и энергосберегающих методов; период её внедрения; промышленное внедрение этой технологии на двух и более объектах, оказывающих негативное воздействие на ОС»<sup>[4]</sup>.

По предварительным оценкам, комплексные разрешения будут обязаны получить все заводы по производству керамического кирпича и по производству керамической плитки и санитарной керамики (около 400 предприятий). Идентификация отечественных НДТ для этих видов экономической деятельности будет осуществлена в ходе подготовки информационно-технических справочников по НДТ; руководство процессом их создания возложено на Технический комитет по стандартизации 113 «Наилучшие доступные технологии». Предполагается, что Техническая рабочая группа «Керамические изделия» завершит работу над справочником по НДТ для производителей керамических изделий в 2015 году<sup>[5]</sup>.

В течение переходного периода некоторая часть предприятий (представляющих компании-лидеры) сможет получить комплексные разрешения на добровольных началах; остальные должны будут достичь соответствия требованиям НДТ в течение нескольких лет. Ожидается, что действующие предприятия будут получать преимущества при предъявлении аудиторских заключений, свидетельствующих о соблюдении требований НДТ. Достаточно высока вероятность того, что это станет обязательным требованием, однако нормативная база, определяющая порядок выдачи КЭР, контроля выполнения их условий, проведения инспекций и пр., пока ещё не создана.

Отраслевые проекты, выполняемые исследовательскими коллективами в сотрудничестве с отечественными компаниями, способствуют накоплению российского опыта и позволяют апробировать подходы к созданию информационно-технических справочников, проведению бенчмаркинга и добровольному подтверждению соответствия требованиям НДТ. Обсуждению такого опыта посвящены выпуски издания «Наилучшие доступные технологии. Аспекты практического применения»<sup>[6,7]</sup>, а также монография «Наилучшие доступные технологии и комплексные экологические разрешения: перспективы применения в России»<sup>[3]</sup>.

В отношении производства керамических изделий в систематизированном виде доступные материалы описаны в диссертационной работе Е. М. Аверочкина «Инструменты экологического нормирования предприятий по производству керамических изделий (на примере национальных стандартов по наилучшим доступным технологиям)»<sup>[8]</sup>.

В работе<sup>[8]</sup> и в публикации автора в журнале «Стекло и керамика»<sup>[9]</sup> сделан справедливый вывод о том, что до настоящего времени требования к НДТ в производстве керамических изделий (и в промышленности строительных материалов) не установлены. Сравнительный анализ экологической результативности и ресурсо- и энергоэффективности предприятий проведен в ограниченном масштабе (по материалам примерно 50 компаний и при активном участии Ассоциации производителей керамических стеновых материалов). Бенчмаркинг – необходимая процедура, так как НДТ представляют собой лучшие из внедрённых и показавших свою действенность технологических, технических и управленческих решений. Параметры НДТ (экологическая результативность, ресурсо- и энергоэффективность производства) идентифицируются именно в результате сравнительного анализа и представляют собой обоснованные интервалы численных

значений. Они могут отличаться от тех, которые характерны для стран-членов Евросоюза, например, в связи с климатическими особенностями или свойствами сырьевых материалов. Если же процедура бенчмаркинга не позволит выявить и обосновать достижимые параметры НДТ для российских компаний (а такой риск напрямую связан со степенью участия промышленных предприятий в предоставлении и анализе информации по применяемым технологическим процессам), то установленные параметры (например, адаптированные в некоторой степени европейские) могут оказаться невыполнимыми для большинства российских производителей керамических изделий.

Отметим, что в последние 2-3 года был выполнен ряд пилотных проектов и экспертных оценок доступной информации о производстве строительной керамики в Азербайджане, Беларуси, Грузии, Молдове, России и Украине. Установлено, что большинство компаний, выпускающих керамическую плитку, используют технологические процессы и технические решения, близкие к европейским НДТ<sup>[8, 9]</sup>. Это обусловлено прежде всего тем, что в результате перевооружения в этих компаниях установлены испанские и итальянские технологические линии. В производстве кирпича ситуация более сложная: наряду с новыми заводами продолжают функционировать предприятия, созданные в 70-80-е года прошлого века. Энергоэффективность и экологическая результативность таких заводов существенно ниже, чем параметры НДТ, характерные для европейских компаний. Тем не менее, все российские предприятия, производящие строительную керамику, постепенно должны будут или достичь соответствия новым требованиям, или принять решения о существенном сокращении производства, репрофилировании и даже уходе с рынка.

Как уже отмечено, справочник по производству керамических изделий вошёл в первую группу информационно-технических справочников НДТ. И, несмотря на то, что переход к комплексным экологическим разрешениям займёт несколько лет, в интересах производителей принять активное участие в подготовке справочника (в рамках деятельности соответствующей технической рабочей группы) и оценить возможности частичного раскрытия результатов сравнительного анализа ресурсоэффективности, который ведущие компании выполнили в порядке оценки своих рыночных позиций. В качестве исходных материалов могут быть использованы перевод Справочного документа ЕС по НДТ для производства керамических изделий<sup>[10]</sup> и национальные стандарты по НДТ. Речь идёт о стандартах ГОСТ Р55646–2013 «Ресурсосбережение. Производство кирпича и камня керамических. Руководство по применению наилучших доступных технологий повышения энергоэффективности экологической результативности»<sup>[11]</sup> и ГОСТ Р55645-2013 «Ресурсосбережение. Производство керамической плитки. Руководство по применению НДТ повышения энергоэффективности экологической результативности»<sup>[12]</sup>.

Определённый интерес для предприятий по производству керамических изделий имеют также Справочный документ и связанные с ним стандарты по НДТ обеспечения энергоэффективности, а также документ, содержащий рекомендации в области производственного экологического мониторинга и контроля:

- Справочный документ по НДТ обеспечения энергоэффективности (2009 и 2012, <http://14000.ru/projects/energy-efficiency/EnergyEfficiency2012RUS.pdf>)<sup>[13]</sup>;
- ГОСТ Р 54196–2010 Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по идентификации аспектов энергоэффективности [14];
- ГОСТ Р54195–2010 Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по определению показателей (индикаторов) энергоэффективности<sup>[15]</sup>;
- ГОСТ Р 54197–2010 Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по планированию показателей (индикаторов) энергоэффективности<sup>[16]</sup>;
- ГОСТ Р54198–2010 Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по применению наилучших доступных технологий для повышения энергоэффективности<sup>[17]</sup>;

– Справочный документ по общим принципам мониторинга / НДТ производственного экологического мониторинга и контроля (2009, [http://14000.ru/brefs/BREF\\_Monitoring.pdf](http://14000.ru/brefs/BREF_Monitoring.pdf))<sup>[18]</sup>.

Отметим, что в рамках Системы добровольной оценки соответствия Национального объединения строителей (СДОС НОСТРОЙ) действуют «Правила и порядок сертификации предприятий промышленности строительных материалов по параметрам наилучших доступных технологий» (утверждены 20 сентября 2012 г.; № DS.NOS-16.0-2012). НОСТРОЙ выступил в роли отечественного лидера: возможность учёта жизненного цикла продукции при выборе поставщиков в России используется крайне редко. В июне 2014 года первый сертификат соответствия требованиям НДТ был выдан ОАО «НЕФРИТ-КЕРАМИКА», предприятию, сотрудничающему с исполнителями проектов в сфере НДТ и КЭР в течение нескольких лет и успешно прошедшем сертификационный аудит.

В ходе международных и российских исследовательских проектов и в порядке разработки национальных стандартов по НДТ и «Правил и порядка сертификации предприятий промышленности строительных материалов по параметрам наилучших доступных технологий» представители российских компаний, выпускающих строительные материалы, были ознакомлены с принципами и подходами НДТ. Для некоторых предприятий в пилотном порядке была проведена оценка соответствия экологической результативности и энергоэффективности требованиям национальных стандартов.

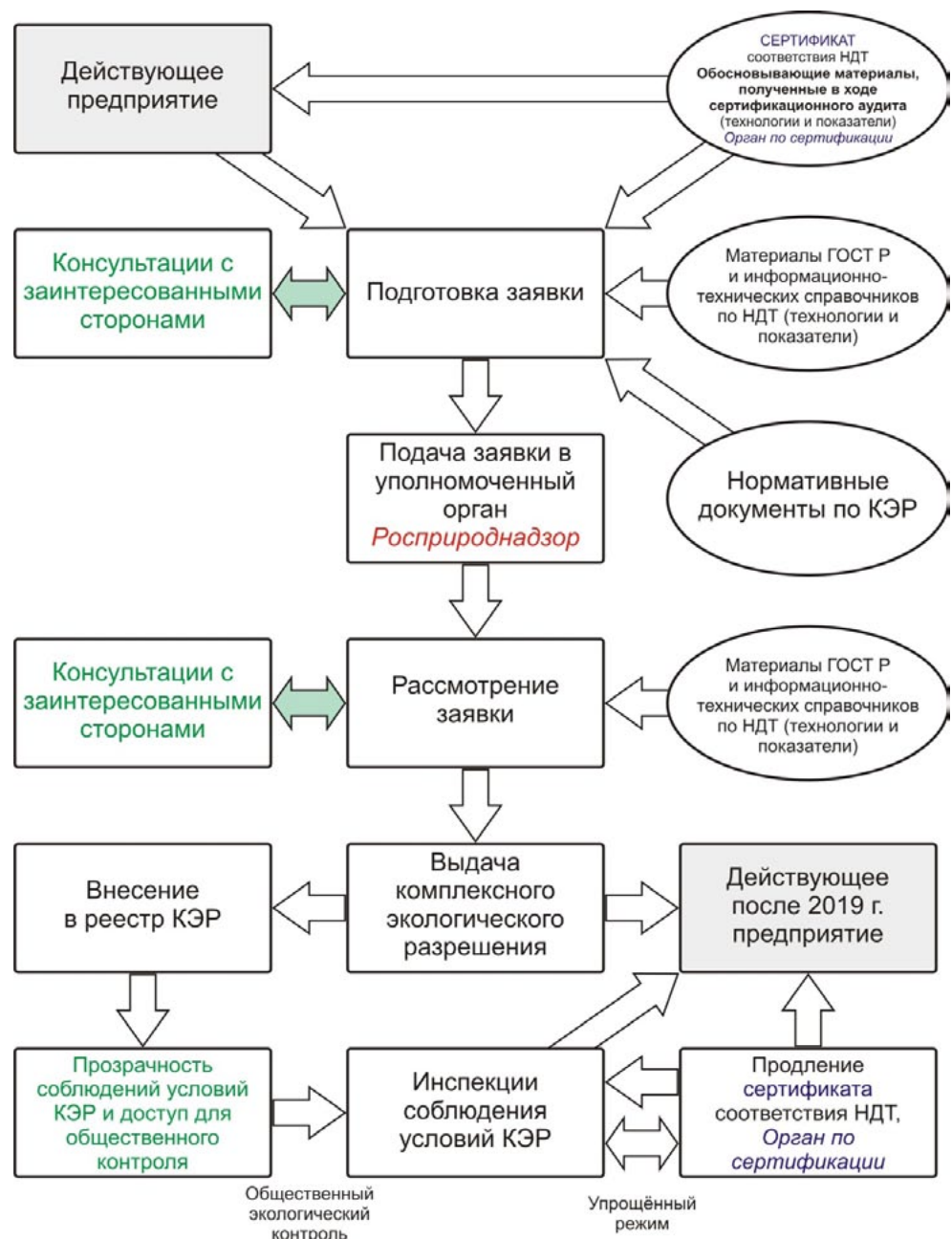
Многие ведущие российские компании в той или иной степени сотрудничают с Национальным объединением строителей и могут быть заинтересованы как в участии в коллективной деятельности, направленной на подготовку к переходу к комплексным экологическим разрешениям, так и в распространении в России подходов «зелёного» строительства. Учёт жизненного цикла продукции, применяемой в строительстве, посредством оценки соответствия предприятий промышленности строительных материалов требованиям наилучших доступных технологий, открывает новые возможности присоединения к «зелёному движению» для компаний-производителей.

Аспект экологического лидерства представляется весьма значимым. «Зелёные» строительные стандарты могут продвигаться как в отношении проектирования, возведения и эксплуатации зданий и сооружений, так и в части производства и выбора строительных материалов.

Подчеркнём ещё раз, что процедура выдачи комплексных экологических разрешений в России к настоящему времени ещё не определена. Можно ожидать, что основные этапы и подходы будут отражать опыт, накопленный на протяжении полутора десятилетий в государствах-членах ЕС и в течение последних двух лет – в Республике Беларусь. По всей вероятности, получение КЭР для вновь создаваемых предприятий будет совмещено с процедурой оценки воздействия на окружающую среду<sup>[3, 8]</sup>. Для действующих производств в течение переходного периода исключительно важную роль будет играть постепенное внедрение наилучших доступных технологий (см. рис. 1).

Именно в это время российские предприятия смогут добровольно декларировать и подтверждать соответствие НДТ и обращаться в природоохранные органы с заявками на получение комплексных экологических разрешений в индивидуальном порядке. Но и позднее, когда процедура получения КЭР станет обязательной для всех крупных отечественных предприятий, вопрос подтверждения соответствия параметрам НДТ для действующих производств не потеряет актуальности. Наиболее очевидным предложением является использование экологического аудита, инструмента менеджмента, охватывающего систематическую, документированную, периодическую и объективную оценку функционирования организационной структуры, менеджмента и оборудования с целью обеспечения охраны окружающей среды<sup>[11]</sup>. При этом аудиторам ещё предстоит разработать подходы к созданию специальных программ, непосредственно отвечающих целям оценки соответствия деятельности предприятий требованиям НДТ.

Рисунок 1 – Предлагаемый порядок выдачи комплексных экологических разрешений предприятиям по производству керамических изделий с учетом результатов добровольной оценки соответствия требованиям НДТ<sup>[19]</sup>



Таким образом, в сложившейся ситуации ведущие предприятия по производству керамических изделий (и промышленности строительных материалов в целом) просто обязаны сыграть ведущую роль в создании нормативной базы технологического нормирования в охране окружающей среды и прежде всего - в формировании информационно-технических справочников НДТ. В части перехода к комплексным экологическим разрешениям представляется, что лидеры промышленности строительных материалов имеют уникальную возможность сделать опережающий ход и в добровольном порядке подтвердить соответствие требованиям наилучших доступных технологий<sup>[19]</sup>. Необходимые условия для этого созданы. Решение остаётся за практиками.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
- [2] DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL OF 24 NOVEMBER 2010 ON INDUSTRIAL EMISSIONS (INTEGRATED POLLUTION PREVENTION AND CONTROL) // OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION, 17.12.2010, P. L.334/17-L334/119.
- [3] Наилучшие доступные технологии и комплексные экологические разрешения: перспективы применения в России / Под ред. М. В. БЕГАКА. М.: ООО «ЮРИнфоР-Пресс», 2010.
- [4] Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «Об охране окружающей среды».
- [5] Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 01.08.2014 № 1236 «О создании технического комитета по стандартизации «Наилучшие доступные технологии».
- [6] Боровский Б. В., Скобелев Д. О. Наилучшие доступные технологии. Аспекты практического применения. / Под ред. В. Р. Венчиковой, Т. В. Боровской. Москва, 2013. 217 с.
- [7] Боровский Б. В., Скобелев Д. О., Венчикова В. Р., Боровская Т. В. Наилучшие доступные технологии. Аспекты практического применения. М.: ОАО «КТС», 2014. 190 с.
- [8] Аверочкин Е. М. Инструменты экологического нормирования предприятий по производству керамических изделий (на примере национальных стандартов по наилучшим доступным технологиям) : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.17.11 и 05.02.23 / Рос. хим.-технол. ин-т им. Д. И. Менделеева. Москва, 2015. 14 с.
- [9] Гусева Т.В., Бегак М.В., Молчанова Я.П., Аверочкин Е. М., Вартамян М.А. перспективы внедрения наилучших доступных технологий и перехода к комплексным экологическим разрешениям в производстве стекла и керамики // Стекло и керамика, 2014. № 7. С. 26-36.
- [10] Справочный документ по наилучшим доступным технологиям производства керамических изделий, 2009. [HTTP://14000.RU/BREFS/BREF\\_CERAMICS.PDF](http://14000.ru/BREFS/BREF_CERAMICS.PDF)
- [11] ГОСТ Р55646–2013 «Ресурсосбережение. Производство кирпича и камня керамических. Руководство по применению наилучших доступных технологий повышения энергоэффективности экологической результативности».
- [12] ГОСТ Р55645–2013. Ресурсосбережение. Производство керамической плитки. Руководство по применению НДТ повышения энергоэффективности экологической результативности.
- [13] Справочный документ по НДТ обеспечения энергоэффективности, 2012 [HTTP://14000.RU/PROJECTS/ENERGY-EFFICIENCY/ENERGYEFFICIENCY2012RUS.PDF](http://14000.ru/PROJECTS/ENERGY-EFFICIENCY/ENERGYEFFICIENCY2012RUS.PDF)
- [14] ГОСТ Р 54196–2010 Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по идентификации аспектов энергоэффективности.
- [15] ГОСТ Р54195–2010 Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по определению показателей (индикаторов) энергоэффективности.
- [16] ГОСТ Р 54197–2010 Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по планированию показателей (индикаторов) энергоэффективности.
- [17] ГОСТ Р54198–2010 Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по применению наилучших доступных технологий для повышения энергоэффективности.
- [18] Справочный документ по общим принципам мониторинга, 2009. [HTTP://14000.RU/BREFS/BREF\\_MONITORING.PDF](http://14000.ru/BREFS/BREF_MONITORING.PDF)
- [19] Молчанова Я. П., Аверочкин Е. М., Бегак М. В. Разработка правил добровольной сертификации предприятий промышленности строительных материалов по параметрам наилучших доступных технологий // Вестник РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2014. Выпуск V. Т. 2. С. 100-112.

# Производство алюминия в России с точки зрения наилучших доступных технологий

И.И. РЕБРИК – Директор по экологии, охране труда и промышленной безопасности ОК РУСАЛ  
Ю.М. ЕРОХИНА – начальник отдела ФГУП «ВНИИ СМТ»  
Д.А. ТОЩЕВ – вед. инженер ФГУП «ВНИИ СМТ»



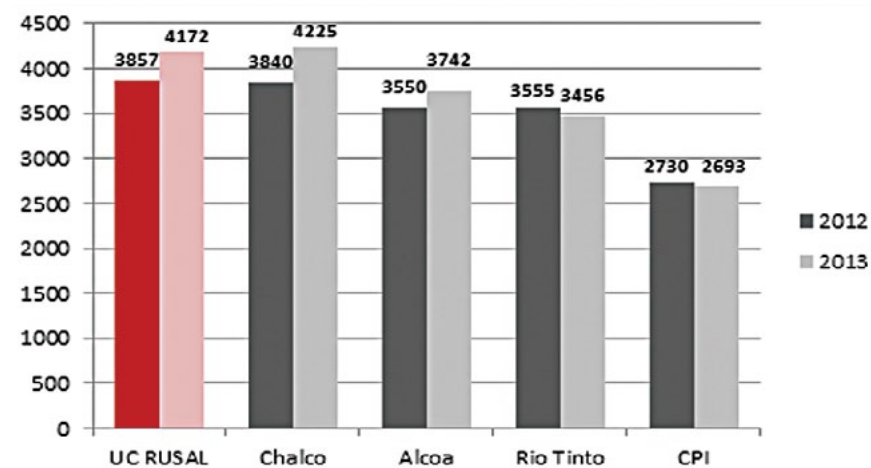
В свете выхода Федерального закона от 21.07.2014 N 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» следует обратить особое внимание на понятие «Наилучшие доступные технологии». В настоящей статье освещены основные технологические, экономические и экологические аспекты производства алюминия в России с точки зрения наилучших доступных технологий. Для области цветной металлургии к 2016 году будет разработан справочник «Производство алюминия».

## 1/ ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ РЫНКА AL

Говоря об изменении принципов государственного регулирования на основе механизмов Наилучших доступных технологий, мы говорим, в том числе, и об инвестициях предприятий в модернизацию основных производственных фондов, а это требует понимания существующей экономической ситуации.

Основным производителем и потребителем алюминия в мире является Китай. Однако Китайская алюминиевая промышленность контролируется несколькими крупными игроками, а среди компаний первое место в мире по выпуску алюминия в 2013 году занимает ОК РУСАЛ (9% от мирового производства в 2013 г.), являющийся единственным производителем первичного алюминия в России.

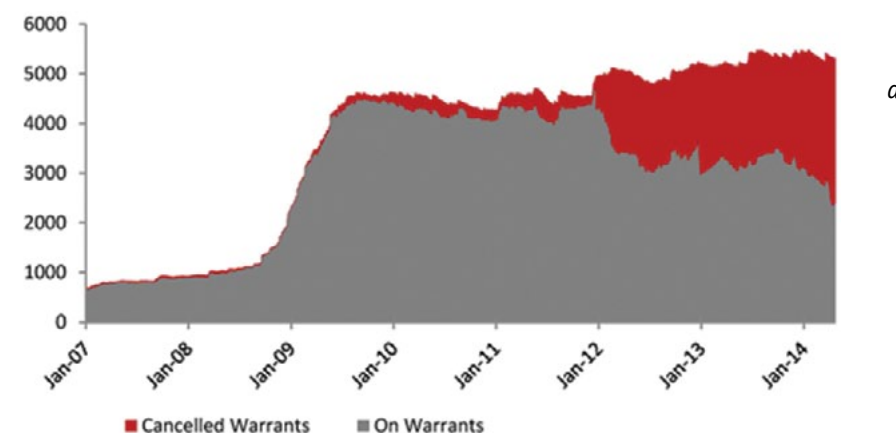
Рисунок 1 – Крупнейшие производители алюминия, млн. т.



В состав компании входят 12 предприятий по производству алюминия, 11 предприятий по производству глинозема, научно-техническая база – ООО «РУСАЛ ИТЦ», ОАО «РУСАЛ ВАМИ», ОАО «СибВАМИ».

Ситуация на рынке алюминия в последние годы оставляет желать лучшего, что сказалось в том числе и на ОК РУСАЛ. До настоящего момента еще не полностью преодолены последствия мирового кризиса 2008 г. Резкое падение спроса на алюминий после кризиса 2008 года повлекло за собой снижение стоимости металла и увеличение объема складских запасов (рисунок 2а). Кроме того, в этот период были введены дополнительные производственные мощности, в первую очередь в странах Персидского залива. Следствием вышеуказанных факторов явился переизбыток алюминия на рынке и снижение стоимости 1 т. алюминия с более чем 2500 \$ в 2007 году до 1800 \$ в 2013 г. (рисунок 2б)

Рисунок 2



<sup>1</sup> Алюминиевый ренессанс. Интервью Олега Мухамедшина телеканалу РБК  
<sup>2</sup> RUSAL Annual report 2013

Снижение цен на алюминий сказалось и на российском производстве. ОК РУСАЛ в 2012 и 2013 годах являлась убыточной в связи с чем был принят ряд управленческих решений, в т.ч. по закрытию ряда неэффективных производств и снижению используемой мощности действующих. ОК РУСАЛ была вынуждена остановить неэффективные производства, что отражено в таблице 1.<sup>1</sup>

Таблица 1 – Использование мощностей алюминиевого дивизиона ОК РУСАЛ в 2013 году.<sup>2</sup>

| Завод                                     | Мощность, тыс. т | Использование мощностей |
|---|------------------|-------------------------|
| <b>Сибирь</b>                             |                  |                         |
| Братский алюминиевый завод                | 1 006            | 100%                    |
| Красноярский алюминиевый завод            | 1 008            | 99%                     |
| Саяногорский алюминиевый завод            | 542              | 95%                     |
| Новокузнецкий алюминиевый завод           | 322              | 77%                     |
| Хакасский алюминиевый завод               | 297              | 94%                     |
| Иркутский алюминиевый завод               | 529              | 74%                     |
| <b>Урал и европейская часть</b>           |                  |                         |
| Богословский алюминиевый завод            | 46               | 0%                      |
| Уральский алюминиевый завод               | 75               | 0%                      |
| Волгоградский алюминиевый завод           | 168              | 0%                      |
| Волховский алюминиевый завод <sup>3</sup> | –                | 0%                      |
| Надвоицкий алюминиевый завод              | 24               | 46%                     |
| Кандалакшский алюминиевый завод           | 76               | 86%                     |
| <b>Общая мощность</b>                     | <b>4 093</b>     |                         |

В настоящий момент ситуация на рынке стабилизируется, с 2010 года потребление алюминия начало возрастать на 6 – 7 % в год, но уровень складских запасов еще достаточно высок. Сроки физической поставки алюминия с биржевых складов составляют более 1 года, что явилось преимуществом для производителей алюминия, так как привело к существенному росту премий до 400 – 450 долл. США на 1 тонну<sup>4</sup> (рисунок 3). Ситуация в отрасли постепенно начинает налаживаться: уже во 2 квартале 2014 года РУСАЛ получил первую за последние 5 кварталов прибыль.<sup>5</sup>

Рисунок 3



## 2/ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА

### 2.1 ОБЩАЯ СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Жизненный цикл алюминия приведен на рисунке 4. Основным сырьем для производства алюминия являются бокситы (в России также применяются нефелины) из которых получают глинозем. Далее глинозем подвергают электролизу в результате чего получают алюминий-сырец. Его рафинируют и выпускают в виде чистого алюминия или алюминиевых сплавов, которые поступают в дальнейшее производство, например, фольги, катанки, плит или других полуфабрикатов для применения в различных отраслях промышленности или в быту. Кроме того около 75 % процентов когда либо произведенного алюминия до сих пор находится в употреблении.

Далее рассмотрим применяемые в отрасли технологии.

Промышленным способом получения алюминия является электролиз глинозема в расплаве электролита. В общем виде схема представлена на рисунке 5. Суть процесса заключается в электролитическом разложении глинозема, растворенного в электролите. При этом на катоде выделяется жидкий алюминий, а углерод анода окисляется выделяющимся кислородом с образованием отходящих анодных газов CO и CO<sub>2</sub>, содержащих также токсичные фтористые соединения и глиноземную пыль. Алюминий сливается из электролизеров в вакуум-ковши и в них же направляется в литейное отделение на разливку или в миксер для рафинирования или производства сплавов.

<sup>1</sup> Алюминиевый ренессанс. Интервью Олега Мухамедшина телеканалу РБК

<sup>2</sup> RUSAL Annual report 2013

<sup>3</sup> На Волховском алюминиевом заводе до 2013 года производился первичный алюминий (24 тыс. тонн в год). Сейчас производство остановлено. Площадку планируется переоборудовать под производство автокомпонентов из алюминия, для чего создано совместное предприятие РУСАЛа и израильской компании Open High Pressure Die Casting люминиевый ренессанс.

<sup>4</sup> Алюминиевый ренессанс. Интервью Олега Мухамедшина телеканалу РБК.

<sup>5</sup> Интервью Соловьева телеканалу Россия 24.

Рисунок 4 – Мировое производство алюминия.<sup>6</sup>

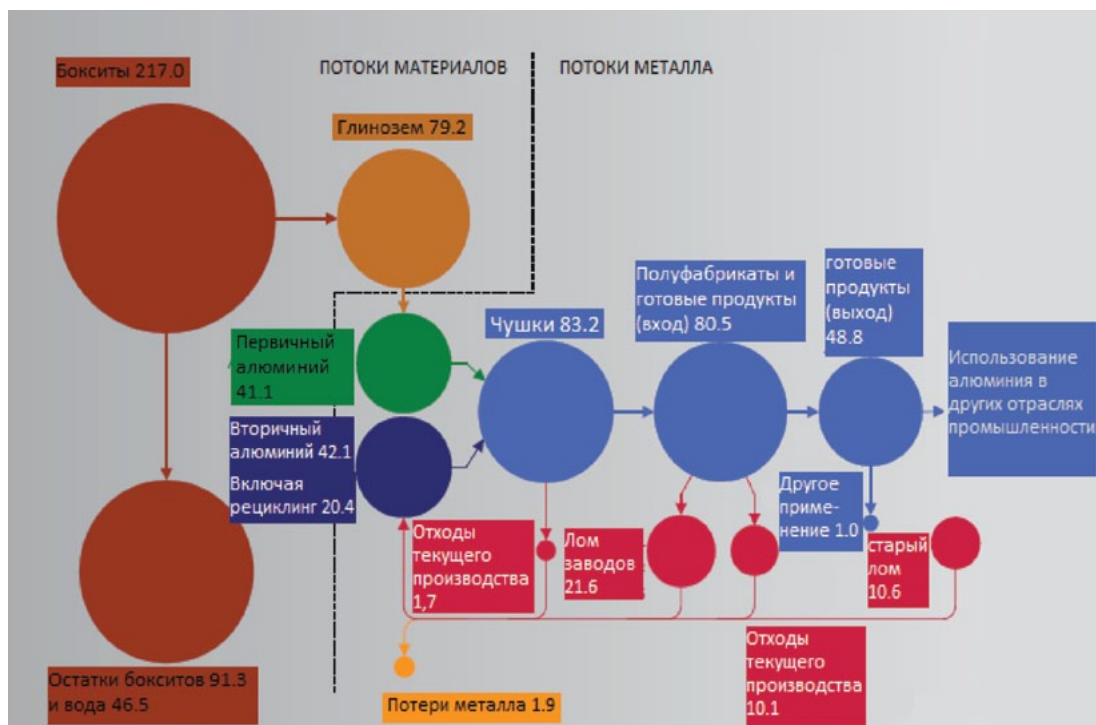


Рисунок 5 – СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

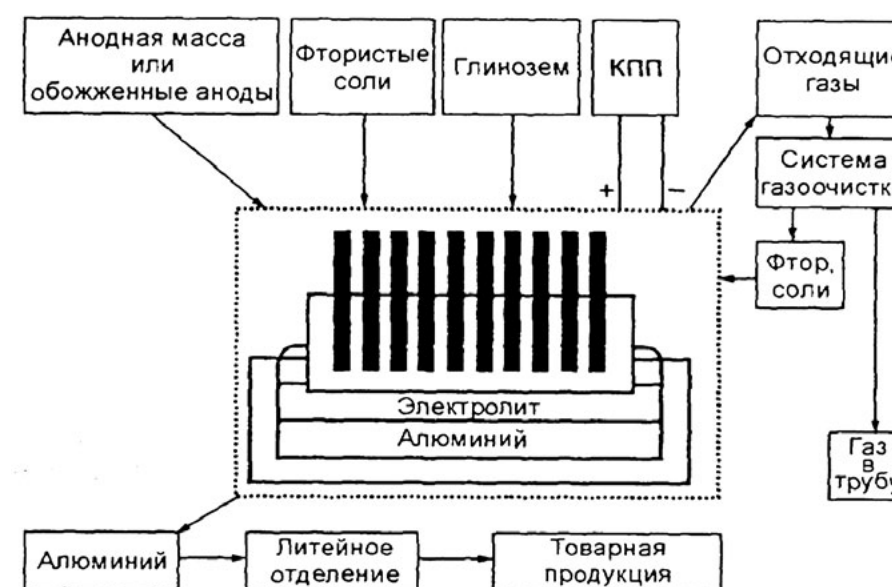
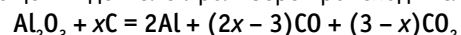


Таблица 2 – Расход сырья и энергоресурсов

| Ресурс         | Расход                |
|----------------|-----------------------|
| Глинозем       | 1920 – 1930 кг        |
| Углерод (анод) | 500 – 600 кг          |
| Фтористые соли | 50 – 70 кг            |
| Электроэнергия | 14 500 – 17 500 кВт·ч |

Электролизеры снабжены укрытиями, отводящими газы, и системой газоочистки. Для обеспечения отсоса газов в коллектор укрытие электролизера должно быть герметично. Большая часть оксида углерода дожигается в специальных горелках после газосборного колокола, после чего в отходящих газах преобладают диоксид углерода, азот, кислород, газообразные и твердые фториды и частицы глиноземной пыли.

В общем виде в электролизере происходит следующая реакция:



Таким образом, при электролизе идет расход глинозема, углерода анода и электрической энергии, необходимой для осуществления разложения глинозема и поддержания высокой рабочей температуры, фтористые соли в процессе электролиза испаряются и впитываются в футеровку. Количество сырья, необходимое для получения 1 тонны алюминия приведено в таблице 2.

В настоящее время в мировой алюминиевой промышленности применяется две основные технологии электролиза алюминия – технология с обожженным анодом и технология с самообжигающимся анодом (технология Содерберга). При этом для технологии Содерберга электролизеры по способу подвода тока подразделяют на 2 типа: с верхним и боковым токоподводами.

Основное различие технологий заключается в процессе обжига анодов. Для технологии с обожженным анодом используются аноды, предварительно обожженные на анодной фабрике. Для технологии Содерберга обжиг анода происходит непосредственно в процессе электролиза.

Заводы, введенные в эксплуатацию в СССР до конца 50-х годов, оснащены электролизерами с самообжигающимся анодом и боковым токоподводом. Однако в связи с большими трудозатратами в обслуживании таких электролизеров при увеличении силы тока с 60-х годов получила распространение технология с верхним токоподводом. Такая технология нашла применение, в том числе, на самых крупных алюминиевых заводах Сибири – Красноярском (170,9 кА), Братском (166,0 кА) и Иркутском (167,1 кА, кроме 5-ой серии).

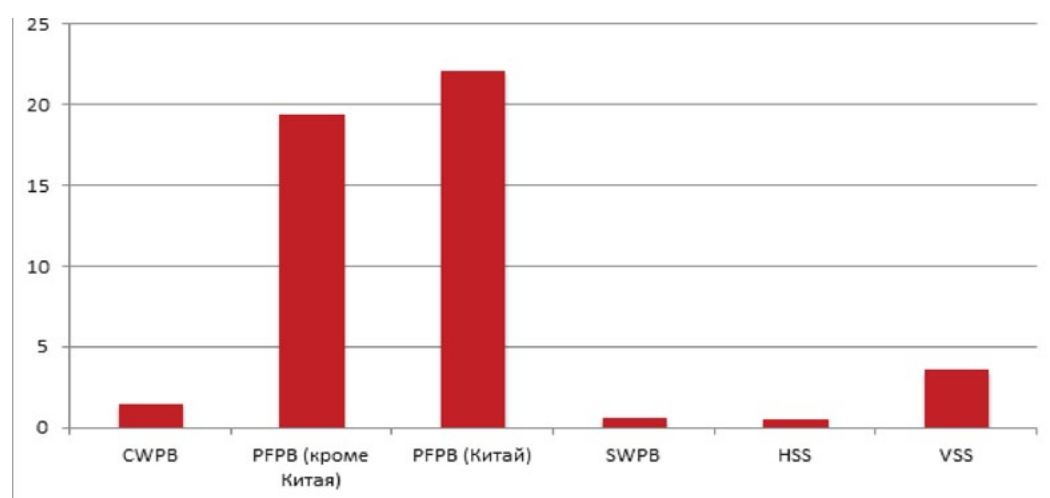
Технология с самообжигающимся анодом позволила снизить себестоимость алюминия за счет исключения отдельного производства анодов. Однако с экологической точки зрения технология Содерберга в отличие от технологии ОА характеризуется еще и выбросами смолистых веществ,

<sup>6</sup> По данным International aluminum institute

содержащих полиароматические углеводороды (в т.ч. бензапирен), обладающие канцерогенными свойствами. Еще одним преимуществом использования обожженных анодов является меньший расход электроэнергии и возможность увеличения силы тока. Технология с обожженным анодом применяется, например, на Саяногорском (244,6 кА) и Хакасском (311,6 кА) алюминиевых заводах, 5-ой серии ИркАЗ (303,7 кА) и будет применяться на строящихся Богучанском и Тайшетском алюминиевых заводах.

На рисунке 6 приведены мировые объемы производства алюминия по различным технологиям. Видно, что все основные мощности работают по технологии с обожженным анодом, в том числе введенные в эксплуатацию в последние десятилетия мощности китайской алюминиевой промышленности.

Рисунок 6 — Мировые объемы производства алюминия по различным технологиям, млн. т



Производство алюминия потребляет огромное количество электроэнергии, что обуславливает размещение крупных заводов в непосредственной связке с гидроэлектростанциями. Примерами могут служить крупные заводы Сибири – Красноярский, Братский, Иркутский, Саяногорский. Доля экологически чистой энергии ГЭС в производстве алюминия в РФ составляет 80 %. Для сравнения, в Китае 90% энергии для производства алюминия производится посредством сжигания угля.

## 2.2 Экология

Основным загрязнением от производства первичного алюминия является эмиссия вредных веществ в атмосферный воздух. Объем отводимых газов от современного электролизера может достигать более 100 нм<sup>3</sup>/тонну алюминия. Газы содержат, в том числе фтористый водород, сернистые соединения, оксид углерода, смолистые вещества, пыль, ПАУ (в т.ч. бензапирен).

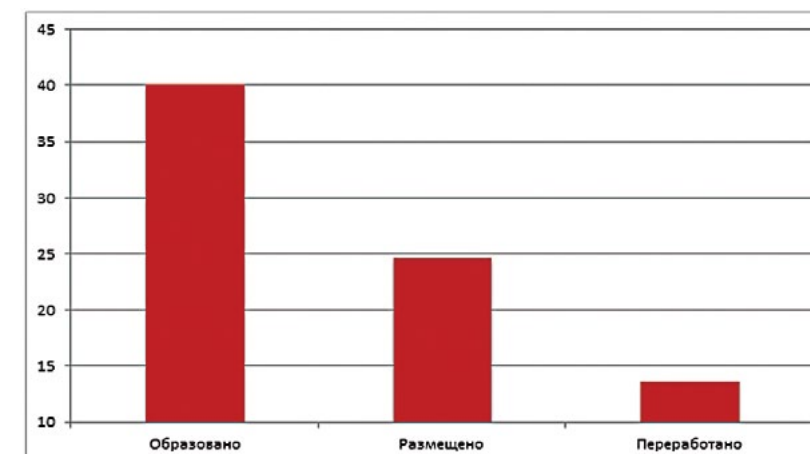
С экологической точки зрения, более чистой является технология с обожженными анодами. При ее применении снижаются выбросы газов через азрационные фонари, т.е. без очистки, уменьшается содержание в газах продуктов коксования и горения каменноугольного пека вследствие того, что эти процессы уже прошли при производстве обожженных анодов.

Следует отметить, что производство алюминия с обожженными анодами в совокупности с обжигом анодов на анодной фабрике дают меньший уровень выбросов загрязняющих веществ в ОС, чем процесс электролиза с самообжигающимся анодом (технология Содерберга). С технологической точки зрения улавливание выбросов в печи для обжига анодов организовать проще, чем улавливание выбросов от обжига анода непосредственно в анодном блоке электролизера.

Подход к экологическому регулированию на основе принципов НДТ должен быть комплексным, т.е. включать в себя нормирование сбросов, выбросов, отходов производства и потребления и прочих факторов воздействия.

В связи с этим стоит отметить и необходимость переработки твердых отходов электролиза, таких как отработанные аноды и футеровка. Динамика переработки отходов ОК РУСАЛ приведена на рисунке 7.

Рисунок 7 — Динамика переработки отходов ОК РУСАЛ, тыс. т



В части потребления воды процесс электролиза алюминия практически безводен. Основными источниками образования сбросов при производстве алюминия являются установки «мокрой» гаоочистки а также промливневые воды.

## 2.3 Сырье и энергия

Говоря о НДТ, мы не можем не коснуться вопросов ресурсосбережения и энергоэффективности. На рисунке 8 приведены расходные коэффициенты и выход по току при производстве алюминия ОК РУСАЛ <sup>7</sup>. Расходные коэффициенты за период 2010-2014 г. имеют устойчивую тенденцию к снижению, выход по току – устойчивый рост. Технично-экономические показатели, принятые на 2015 г., существенно не улучшаются по сравнению с достигнутым уровнем 2014 г., за исключением расходного коэффициента электроэнергии технологической - 0,3% к достигнутому уровню.

Дальнейшее улучшение показателей требует новых стратегических решений в области технологии и организации производства.

<sup>7</sup> И.И. Ребрик – презентация на 2-ой Межведомственный совет, г. Братск

Рисунок 8 – РАСХОДНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ОК РУСАЛ



#### 2.4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Любой бизнес должен приносить прибыль и алюминиевый – не исключение. Учитывая непростую финансовую ситуацию в отрасли особенно важно найти тонкий баланс между инвестициями в модернизацию производств, рентабельностью бизнеса, экологической и социальной ответственностью компании.

Важно найти точный баланс между технологическими, экологическими и социальными факторами внедрения НДТ. При завышении требований к технологии инвестиции на ее внедрение начинают увеличиваться непропорционально экологическому эффекту от ее внедрения. Такая технология не будет являться доступной. При занижении требований к технологии инвестиции могут быть незначительны, но и экологический эффект также может быть недостаточным. Такая технология не будет являться наилучшей. Кроме того, модернизация должна проводиться в рамках существующих производств с учетом существующих возможностей. И безусловно нельзя забывать о социальном факторе, который особенно ощутим для металлургической промышленности, характеризующейся большим количеством градообразующих предприятий.

Что это значит для ОК РУСАЛ?

Основные производственные мощности ОК РУСАЛ работают по технологии Содерберга, характеризующейся большими выбросами. В настоящее время экологические обязательства ОК РУСАЛ по достижению нормативов до 2020 г. оцениваются около 1 млрд. \$ В случае признания в качестве наилучшей доступной только технологии с обожженным анодом компания по предварительным оценкам будет нести экологические обязательства по модернизации производственных мощностей

на сумму 8,96 млрд. долларов США (только для производства алюминия). Цифра сопоставима с чистым долгом ОК РУСАЛ, который на 2013 год составлял 10,1 млрд. долларов США. Такие инвестиции для компании являются недоступными. Подробная информация об оценке удельных инвестиций на различные виды модернизации основных фондов приведены в таблице 3.

Таблица 3

|                | Конверсия технологии Содерберга на: |                                  |   |
|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|
|                | ЭкоСодерберг                        | Технологию с обожжёнными анодами | Технологию с обожжёнными анодами и анодное производство |
| CAPEX, \$/т Al | 125                                 | 2000-3000                        | 3000-4000   |

Очевидно, что переход компании к технологии ЭкоСодерберга потребует существенно более низких инвестиций в модернизацию основных фондов и обойдется компании почти в 30 раз дешевле, чем внедрение технологии с обожженным анодом.

При этом важно понимать, что технология ЭкоСодерберга не обеспечивает полного соответствия показателей негативного воздействия на ОС показателям технологии анода. Но при определении технологий в качестве НДТ также необходимо учитывать существующие социальные и экономические факторы.

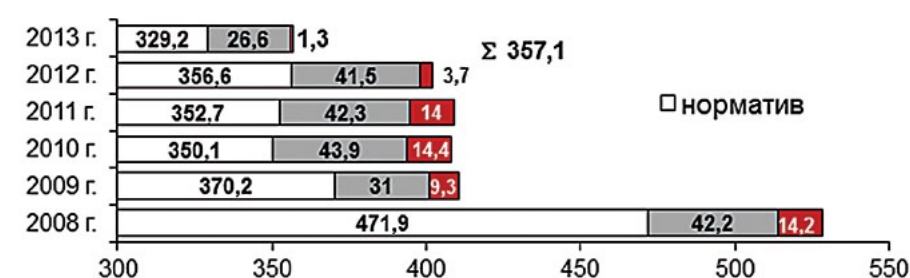
Наиболее рациональным видится путь, по которому пошли в Евросоюзе включив в Справочник НДТ «Цветная металлургия» техники, позволяющие признать наилучшей доступной как технологию Содерберга так и технологию с обожженным анодом.

#### 2.5 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ

В 2011 году ОК РУСАЛ утвердила экологическую политику. Компания рассматривает деятельность по охране окружающей среды как неотъемлемую часть бизнеса и как ее вклад в Устойчивое развитие общества.

Целью экологической политики ОК РУСАЛ является обеспечение последовательного улучшения экологических показателей производства с учетом практических возможностей и социально-экономических факторов. Ключевое слово – «последовательное»: снижение негативного воздействия на ОС должно происходить постепенно с поэтапной модернизацией или закрытием неэффективных производственных мощностей с учетом экономических, социальных, экологических и технологических аспектов. На рисунке 10 приведена структура валовых выбросов ОК РУСАЛ и динамика их сокращения.

Рисунок 10 – ВАЛОВЫЕ ВЫБРОСЫ ОК РУСАЛ





Основными направлениями реализации экологической стратегии компании являются:

- внедрение передовых технологий на вновь вводимых мощностях;
- модернизация существующего производственного цикла на действующих предприятиях (ЭкоСодерберг, перевод на обожженный анод);
- замена устаревшего газоочистного оборудования;
- создание систем замкнутого оборотного водоснабжения или строительство современных очистных сооружений;
- строительство современных объектов складирования и переработки отходов для обеспечения их долгосрочного и надежного хранения;
- рекультивация нарушенных земель.

Еще в 2003 году начала последовательное снижение негативного воздействия на окружающую среду. В период с 2003 по 2010 годы на Красноярском алюминиевом заводе (КРАЗ) был проведен 1 этап экологической модернизации производства, на котором внедрялись проверенные технические решения. Общая сумма инвестиций в проект составила более 300 млн. \$. Комплексное внедрение мер, примененных на КРАЗе, получило наименование «ЭкоСодерберг». Экологический эффект проекта приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Экологический эффект первого этапа модернизации Красноярского алюминиевого завода

| Вещество      | До реализации | После реализации мероприятий I этапа - 66,9 тыс. т/год | Снижение выбросов по основным веществам на: |     |
|---------------|---------------|--|---|-----|
|               |               |  | т/год                                       | %   |
| Фториды       | 2 883,0       | 1 687,6  | 1 195,4                                     | 41% |
| Смолистые     | 1 695,0       | 1 357,9  | 337,1                                       | 20% |
| Бенз(а)пирен  | 2,3           | 1,9  | 0,3   | 15% |
| Углерод оксид | 75 428,0      | 55 374,1   | 20 053,9                                    | 27% |
| Пыль          | 5 429,0       | 2 848,0  | 2 581,0                                     | 48% |

Эффективными направлениями экологической модернизации алюминиевых производств являются меры, позволяющие повысить эффективность укрытия электролизеров с целью исключения фоновых выбросов и меры по повышению эффективности систем газоочистки. Именно такие меры включил в себя ЭкоСодерберг – сухая газоочистка, футеровка катодного устройства, газосборный колокол с системой газоудаления, системы автоматической подачи сырья (рисунок 11), аппаратно-технологическая схема цеха анодной массы для производства КАМ.

## 2.6 Новые производства<sup>8</sup>

Переход к регулированию на основе наилучших доступных технологий также говорит о необходимости введения новых производств, отвечающих принципам НДТ.

В соответствии со Стратегией в планах ОК РУСАЛ строительство двух алюминиевых заводов БЭМО (окончание – 2013 год) и Тайшетского алюминиевого завода и анодной фабрики.

Для производства первичного алюминия на Богучанском алюминиевом заводе будет использоваться наиболее экологичная и распространенная в мире технология – электролиз глинозема в расплавленном криолите с применением предварительно обожженных анодов.

Всего на БоАЗе будет установлено 672 электролизера РА-300, изготовленных по собственной технологии компании РУСАЛ, которая позволяет производить на одном электролизере 2442 кг алюминия в сутки.

Также предусмотрены четыре газоочистки, использование замкнутой системы очистки воды, которая впервые в России используется на алюминиевом производстве.

Данное производство полностью соответствует положениям экологической стратегии ОК РУСАЛ а также понятию НДТ.

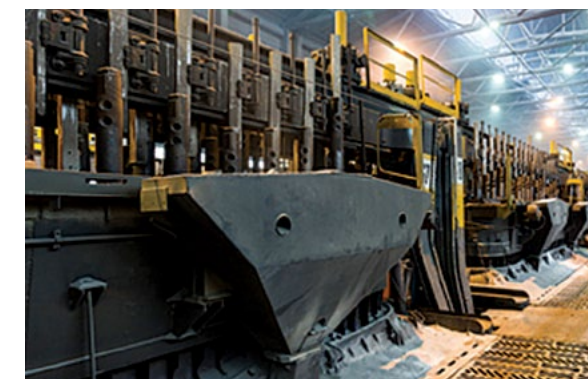


Рисунок 11 – системы автоматической подачи глинозема на Красноярском алюминиевом заводе



Рисунок 12 – строительство БоАЗ

## 2.7 Перспективные технологии

Теперь остановимся на наиболее перспективной технологии развития алюминиевой промышленности – технологии инертного анода. На настоящий момент технология находится в разработке и называть конкретные сроки перехода к ней следует очень осторожно.

Существующий технологический процесс электролиза использует расходные аноды, состоящие из углерода. Технология на инертных анодах предполагает использование не расходного анода. Научными организациями ОК РУСАЛ и другими крупными компаниями ведутся разработки различных типов инертных анодов на основе сплавов, керамики, керметов или материалов с различными покрытиями.

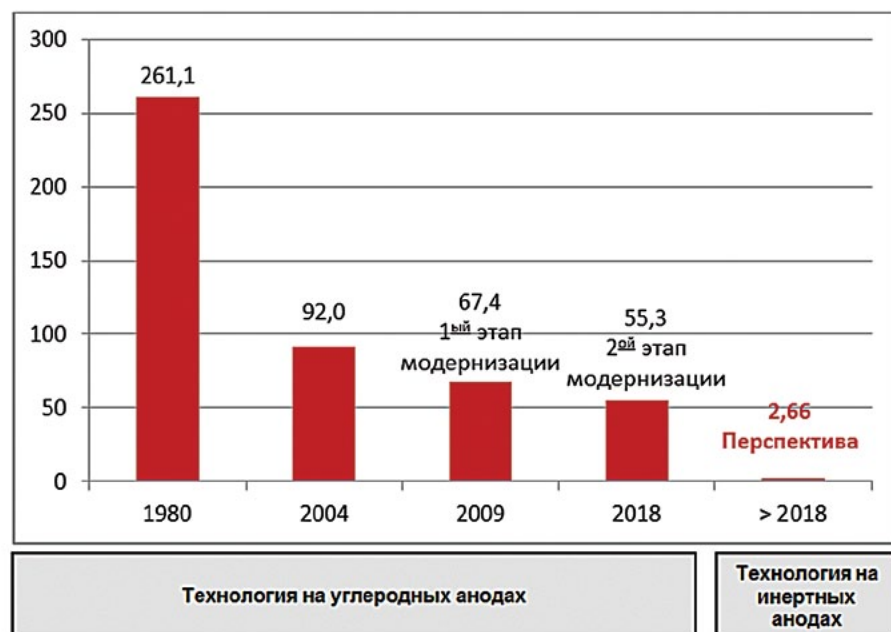
В настоящее время при получении 1 тонны Al сгорает 0,5 тонн углерода и образуется 1,4 тонн парниковых газов (CO<sub>2</sub>). При внедрении технологии на инертных анодах при получении 1 тонны Al будет выделяться 0,9 тонн кислорода. Полностью будут исключены выбросы диоксида серы, оксида углерода, смолистых веществ. Выбросы фторидов будут снижены на 58 %, пыли на 40 %.

<sup>8</sup> <http://boaz-zavod.ru/about/production-process/>

Данная технология позволит получить и экономический эффект от внедрения – снижение себестоимости продукции за счет исключения расхода обожженных анодов/анодной массы и за счет уменьшения расхода электроэнергии на 10 %.

На рисунке 13 приведено поэтапное снижение выбросов КРАЗ. Данная диаграмма очень хорошо иллюстрирует упомянутое ранее направление экологической политики – постепенное снижение негативного воздействия на окружающую среду. В последнем столбце после 2018 года обозначена именно технология с инертным анодом.

Рисунок 13 – последовательное снижение валовых выбросов Красноярского алюминиевого завода, тыс. т/год



## РЕЗЮМЕ

Переход к государственному регулированию в области природопользования на основе принципов Наилучших доступных технологий позволит промышленности перейти к разумному и аргументированному диалогу с регулятором. Инструментом такого диалога должна стать работа в рамках технических рабочих групп по разработке информационно-технических справочников наилучших доступных технологий. Для дальнейшей работы алюминиевой промышленности в справочниках НДТ необходимо предусмотреть наилучшие доступные технологии как для производств, работающих по технологии Содерберга так и для производств, работающих по технологии с обожженным анодом.

Очень важно, чтобы подход к экологическому регулированию на основе наилучших доступных технологий был комплексным, т.е. заменил существующую систему нормирования выдачей единого документа – комплексного экологического разрешения.

# ПРИМЕНЕНИЕ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А.В. ФОРТЫГИН – директор по экологии и промбезопасности ЗАО «Полюс»

А.А. ПИСАРЕВ – начальник отдела экологии и промбезопасности ЗАО «Полюс»

М.В. ДОБРОХОТОВА – и.о. начальника горно-металлургического отдела ФГУП «ВНИИ СМТ»

## ВВЕДЕНИЕ



Месторождения золота, в зависимости от формы его нахождения в горной породе, подразделяются на коренные (рудные) и россыпные.

Коренные месторождения – первичные скопления минерального вещества в недрах, не подвергшиеся преобразованию и разрушению близ земной поверхности.

Россыпные месторождения – месторождения, образовавшиеся в результате разрушения и вторичного перетолжения более древних коренных месторождений.

Добыча россыпного золота сопровождается активным воздействием на недра, ландшафты и водные объекты, т.к. при таком способе добычи перемываются миллионы тонн породы для извлечения из неё нескольких килограммов золотого песка.

В процессе добычи рудного золота, из-за его высокой химической стойкости, помимо всего прочего приходится использовать еще и различные химические реагенты, представляющие опасность для окружающей среды.

Объемы добычи золота в России и в мире увеличиваются ежегодно, что приводит к увеличению масштабов воздействия золотодобывающих предприятий на окружающую среду. Для минимизации этого воздействия на золотодобывающих предприятиях планируется внедрять наилучшие доступные технологии (НДТ).

В настоящей статье рассмотрены вопросы планируемого поэтапного перехода золотодобывающих предприятий России на принципы НДТ. Акцентируется внимание на возможных проблемах в процессе выполнения этой работы и предложены возможные варианты их решения.

## 1/ ДОБЫЧА ЗОЛОТА В МИРЕ

По оценкам ученых за всю историю человечеством добыто до 103 тысяч тонн золота. Это чрезвычайно мало, учитывая, например то, что количество золота только в водах Мирового океана оценивается учеными в 25-27 млн.т. Однако до настоящего времени приемлемой по экономическим показателям технологии извлечения золота из воды океанов не существует.

В настоящее время в мире добычей золота занимаются тысячи больших и малых золотодобывающих компаний, а число занятых в этой отрасли людей превышает пять миллионов человек.

Ежегодно во всем мире добывается до 3 тыс. тонн золота, большую часть которого, добывают 5 крупнейших золотодобывающих компаний мира:

**Barrick Gold Corporation** – канадская горнодобывающая компания, мировой лидер в области добычи золота. Штаб-квартира находится в Торонто, провинция Онтарио, Канада. Компания основана в 1983 году.

Компания ведёт добычу золота и геологоразведочные работы в США, Канаде, Австралии, Перу, Чили, Аргентине, Танзании, России, Южной Африке, Колумбии, Папуа-Новой Гвинее и Доминиканской Республике. Barrick Gold принадлежит 26 рудников, на которых кроме золота добываются серебро и медь. Компания также работает в направлении металлов платиновой группы и никеля.

**Newmont Mining Corporation** – является одним из крупнейших производителей золота в мире. Компания основана в 1916 году. Штаб-квартира расположена в Денвере, штат Колорадо, США.

Newmont Mining ведёт деятельность в США, Индонезии, Австралии, Новой Зеландии, Гане, Перу, Канаде, Боливии, Узбекистане, Мексике. Почти 50% металла производится предприятиями, расположенными в Северной и Южной Америке.

**AngloGold Ashanti Limited** – Южно-африканская золотодобывающая компания. Была образована в 2004 году путём слияния AngloGold и Ashanti Goldfields Corporation. Штаб-квартира компании находится в Йоханесбурге, ЮАР.

Компания разрабатывает около 20 месторождений в 10 странах на 4-х континентах, среди которых Аргентина, Бразилия, Австралия, США, Гана, Танзания, ЮАР. Компания является членом Международного Совета по Горному Делу и Металлам.

**Goldcorp Inc.** – является одним из крупнейших мировых производителей золота. Штаб-квартира компании располагается в Ванкувере, Британская Колумбия, Канада.

Компания занимается разведкой, разработкой и эксплуатацией месторождений драгоценных металлов в Северной, Центральной и Южной Америке: США, Канаде, Мексике, Гватемале и Аргентине, а также в Австралии.

**Kinross Gold Corporation** – канадская золотодобывающая компания, основанная в 1993 году. Штаб-квартира расположена в Торонто, провинция Онтарио, Канада.

Компания ведёт деятельность в США, Канаде, Бразилии, России, Чили и Эквадоре. Kinross Gold участвует в разведке и приобретении золотоносных месторождений, в добыче и переработке золотосодержащих руд, а также занимается утилизацией отработанных горных пород.

Таблица 1 Рейтинг крупнейших компаний-производителей золота в мире за 9 месяцев 2014 г. (ТОР 5)

| №  | Компании               | Золото, тонн |        |        |     |
|----|------------------------|--------------|--------|--------|-----|
|    |                        | 2013         | 9М2014 | 9М2013 | +%  |
| 1. | Barrick Gold, Канада   | 224          | 146,8  | 169,6  | -15 |
| 2. | Newmont, США           | 159          | 111,5  | 112,5  | - 1 |
| 3. | AngloGold Ashanti, ЮАР | 128          | 102,0  | 89,4   | +14 |
| 4. | Kinross Gold, Канада   | 78           | 63,4   | 61,7   | + 3 |
| 5. | Goldcorp, Канада       | 82           | 61,6   | 59,0   | + 4 |

## 2/ ДОБЫЧА ЗОЛОТА В РОССИИ

В России до петровских времен золото не добывалось. Оно ввозилось из-за границы в обмен на товары и взималось в виде ввозных пошлин. Первое открытие запасов золота было сделано в 1732 году в Архангельской губернии, где вблизи одной деревни была обнаружена золотая жила.

Началом золотодобычи в России считают 21 мая (1 июня) 1745 г., когда Ерофей Марков, нашедший золото на Урале, объявил о своем открытии в Канцелярии Главного правления заводов в Екатеринбурге. Первые установки по цианированию золота зарегистрированы на Урале в 1898 г.

Активная добыча и переработка россыпей Урала, Алтая, Сибири, Забайкалья начинается с XIX века.

Наибольшее количество золота добывается в Чукотском автономном округе, Красноярском крае и Амурской области следующими компаниями:

**Компания Polyus Gold Int.** – одна из крупнейших международных золотодобывающих компаний, самая крупная в России из числа компаний по добыче золота. Компания основана в 2006 году путем выделения золотодобывающих активов компании ГМК «Норильский никель».

Компания ведёт разведку и добычу драгоценного металла на рудных и россыпных месторождениях в Красноярском крае, Иркутской, Магаданской и Амурской областях, республике Саха (Якутия).

**Компания Polymetal Int.**, ведущая добычу в Магаданской обл., Красноярском крае и Казахстане. Компания ведёт весь комплекс работ от геологоразведки, до строительства всего комплекса сооружений и до получения драгоценного металла.

**ЗАО Чукотская ГГК** – разрабатывает месторождения «Купол» и «Двойное». Месторождение «Купол» расположено на Северо-Востоке России, в Анадырском районе Чукотского Автономного округа, в 400 км северо-западнее города Анадырь. Месторождение «Двойное» расположено на территории Чаунского района Чукотского автономного округа, в северных отрогах Северо-Ануйского хребта, в верховьях рек Двойная и Правый Яракваам – примерно в 100 километрах к северу от месторождения «Купол».

**Группа компаний «Петропавловск»**, предприятия которой находятся в Еврейской автономной области, Ямало-Ненецком автономном округе, Амурской области.

**Nordgold N.V. (Nordgold)** – международная компания с активами в Африке, Казахстане и Российской Федерации.

Таблица 2. Рейтинг крупнейших компаний-производителей золота в России за 9 месяцев 2014 г. (ТОР 5)

| №  | Компании                                   | Золото, тонн |             |             |      |              |
|----|--|--------------|-------------|-------------|------|--------------|
|    |  | 2013         | 9 мес. 2013 | 9 мес. 2014 | +, % | 2014 прогноз |
| 1. | Polyus Gold Int.                           | 51,3         | 36,85       | 38,43       | + 4  | 52-53        |
| 2. | Polymetal Int.                             | 21,7         | 15,95       | 17,95       | + 12 | 22           |
| 3. | Чукотская ГГК, ЗАО (входит в Kinross Gold) | 14,9         | 9,41        | 16,06       | + 71 | 19           |
| 4. | Petropravlovsk plc.                        | 23,2         | 15,52       | 14,17       | - 9  | 18           |
| 5. | Nordgold N.V.                              | 9,9          | 7,07        | 7,68        | + 9  | 10,6         |

### 3/ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА

#### 2.1 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА

Россыпями называются скопления рыхлого или сцементированного обломочного материала, содержащего в виде зерен, их обломков или агрегатов ценные минералы. Россыпи образуются в результате разрушения коренных источников – эндогенных месторождений, рудопроявлений, минерализованных пород, а также путем перемива промежуточных коллекторов – осадочных пород с повышенными концентрациями ценных минералов. Россыпное месторождение может быть представлено одной россыпью или группой пространственно сближенных россыпей (залелей).

Россыпи золота по распространенности, разведанности и отработке занимают ведущее место среди россыпных месторождений полезных ископаемых. Основными полезными компонентами в россыпях благородных металлов являются самородное золото «шлиховое золото», иногда в сростках с другими минералами. В некоторых россыпях золота в промышленных количествах присутствуют шлиховая платина.

Средние размеры зерен самородного золота в россыпях обычно превышают средний размер их выделения в питающих коренных источниках, что связано с преимущественным выносом мелких и тонких фракций за пределы промышленного контура россыпей. Вместе с тем в определенных условиях – в продуктах перемещения кор химического выветривания, в глинистых несортированных толщах во впадинах – возможны значительные концентрации тонкого и мелкого золота размером менее 0,1 мм.

Содержание золота в россыпных месторождениях колеблется от десятков миллиграммов до единиц и редко до десятков граммов на 1 м<sup>3</sup> песков. Протяженность россыпей – от сотен метров до десятков километров, ширина – от первых десятков до сотен метров при мощности пласта от десятков сантиметров до нескольких метров (редко десятков метров).

Аллювиальные россыпи золота – наиболее распространенный промышленный тип россыпных месторождений. Для них характерно наличие четко выраженного продуктивного пласта, приуроченного чаще всего к низам разреза речных отложений и трещинам плотика. Пласт может залегать и в толще рыхлых отложений (висячий пласт).

В зависимости от геологических и горнотехнических условий залегания россыпи отрабатываются методом сплошной или раздельной выемки. Сплошная выемка применяется, как правило, при дражном и гидравлическом способах разработки, раздельная – при открытом и подземном способах. Выбор целесообразного способа разработки определяется технико-экономическим расчетом.

Открытый способ разработки россыпных месторождений подразделяется на дражный, гидравлический (гидромеханизированный), экскаваторный, бульдозерно-скреперный, комбинированный.

Дражный способ применяется в большинстве случаев для разработки обводненных россыпей с тальми или предварительно оттаянными породами. По роду драгирующего аппарата выделяются черпаковые драги (многочерпаковые со сплошной или прерывистой черпаковой цепью) и гидро- и пневмовсасывающие (землесосные с рыхлителями или без них, эжекторные, эрлифтовые, с погруженными грунтовыми насосами).

Гидравлический способ применяется для разработки россыпей преимущественно песчано-гравийного состава шириной не менее 20–40 м. Гидравлический способ размыва пород с помощью гидромонитора наиболее пригоден для разработки тальных террасовых, склоновых, ложковых россыпей с ограниченным притоком поверхностных и подземных вод, а также на отдельных

площах долинных и русловых россыпей с небольшой или средней обводненностью. При большой плотности пород, требующей значительного увеличения удельных расходов воды и электроэнергии, производится предварительное рыхление пород. Подача пульпы на промприбор при разработке русловых и долинных россыпей осуществляется гидроэлеваторами при отношении высоты подъема к напору от 1/4 до 1/10 (в среднем 1/6) и землесосными установками при высоте подъема от 18 до 30 м (при одноступенчатом подъеме).

Экскаваторный способ с использованием роторных экскаваторов в комплексе с перегружателями и ленточными транспортерами применяется для разработки тальных россыпей, залегающих на глубинах от 3 до 40–50 м. Этот способ целесообразно использовать при отработке безводных или маловодных крупных россыпей при отсутствии или небольшом содержании валунов, превышающих в поперечнике 1/3 ширины ковша, мягком и сильно разрушенном плотике россыпи.

При разработке мелких россыпей или невозможности подведения воды к отдельным участкам крупной россыпи используются экскаваторы с механической лопатой с транспортировкой песков автосамосвалами на стационарные или полустационарные обогатительные установки.

Бульдозерно-скреперный способ наиболее целесообразно может применяться для разработки террасовых, маловодных, (преимущественно многолетнемерзлых) долинных россыпей с ограниченными запасами при глубине россыпи до 9–12 м.

Способы открытой разработки россыпей с использованием высокопроизводительного землеройного оборудования обеспечивают максимальную полноту выемки песков, залегающих в многолетнемерзлых породах, на малообводненных россыпях в тальных породах и обводненных россыпях в тальных породах, на которых возможно предварительное осушение обрабатываемого пространства. Разработка мерзлых россыпей производится с их предварительной оттайкой в летний период (естественная послойная, игловая гидрооттайка) или рыхлением бульдозерами-рыхлителями и, в отдельных случаях, буровзрывным способом. Разработка россыпей землеройной техникой производится при глубине их залегания до 50 м.

Подземный способ разработки россыпных месторождений применяется при глубине залегания продуктивного пласта не менее 8 м в многолетнемерзлых и не менее 20–30 м в тальных породах. Подготовительные и нарезные выработки проходятся только по пласту песков. Вскрытие россыпей осуществляется наклонными (в мерзлых породах) или вертикальными стволами (в тальных породах), в отдельных случаях используются штольни.

#### 2.2 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА ИЗ КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В зависимости от условий образования различают коренные месторождения золото-кварцевых, золото-кварцево-сульфидных, сульфидных руд.

Вследствие своей химической инертности золото находится в рудах почти исключительно в виде самородного металла (в виде мельчайших частиц).

Факторами, влияющими на выбор той или иной технологической схемы извлечения золота из золотосодержащей руды являются:

- характер минералов, с которыми ассоциировано золото;
- характер крупности и вкрапленности золота;
- вещественный состав руды;
- присутствие в руде компонентов, осложняющих технологию обработки.

В общем случае в технологический процесс добычи золота из коренных месторождений входят:

- буровзрывные работы;
- вскрышные работы (погрузка и транспортировка в отвал пустой породы);
- добычные работы (погрузка и транспортировка на золотоизвлекательную фабрику или склад золотосодержащей руды);
- рудоподготовительные операции (дробление, измельчение);
- операции обогащения (гравитация, флотация и т.д.);
- металлургические операции (цианирование, электролиз, обжиг, плавка и т.д.).

Конечной продукцией золотоизвлекательных предприятий является золото лигатурное (по ТУ 117-2-7-75 золота не менее 10%), шлихи и т.д.

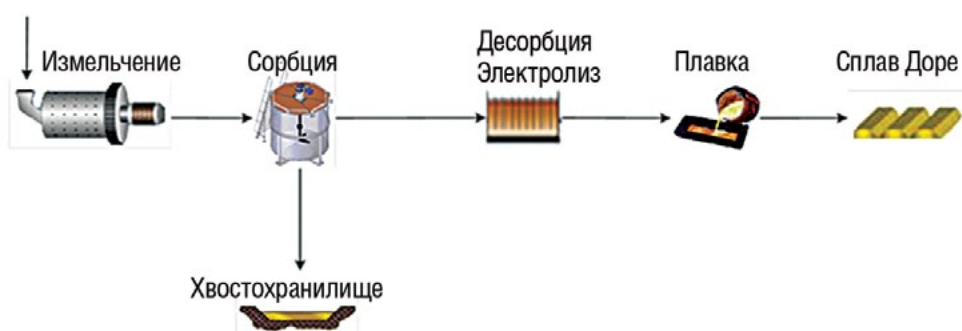
Дальнейшая переработка этих продуктов осуществляется на специализированных аффинажных заводах с получением золота высокой чистоты (по ГОСТ 28058-89 – золота от 99,95% до 99,99% в зависимости от марки).

Из металлургических процессов наибольшее развитие получили гидрометаллургические технологии на основе сорбционных и экстракционных процессов. Использование этих процессов и особенно сорбции из пульпы открыло доступ к весьма бедным источникам сырья и обеспечило наиболее эффективную комплексную переработку руд и концентратов.

Золотосодержащие руды весьма различны по химическому и минералогическому составу, вследствие чего их переработка осуществляется по различным технологическим схемам, включающим там, где это целесообразно, операции гравитационного и флотационного обогащения.

При разработке сорбционной технологии извлечения золота следует выделять три основных типа технологических схем переработки золотосодержащих руд.

1. Сорбционное извлечение золота, осуществляемое из всей массы руды при наличии в ней мелкодисперсного золота, не извлекаемого гравитационным обогащением.



2. Сорбционное извлечение золота, осуществляемое из хвостов гравитационного обогащения руды при наличии в ней свободного золота.



3. Сорбционное извлечение золота, осуществляемое из флотаконцентратов в случаях, когда химический и минералогический составы руд позволяют проводить флотационное обогащение с получением отвальных по золоту хвостов флотации. Если вещественно-минералогический состав руд определяет необходимость флотационного обогащения и при этом не обеспечивается получение отвальных хвостов флотации, сорбционное извлечение золота осуществляется по отдельной или совмещенной схемам как из флотаконцентратов, так и хвостов флотации. Золотосодержащие сульфидные концентраты подвергают окислительному обжигу или автоклавному окислению.



### 3/ ОПИСАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

#### 3.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Технологические процессы добычи рассыпного золота и золотосодержащих руд из недр и последующие процессы извлечения из них золота на золотоизвлекательных фабриках неизбежно оказывают влияние на окружающую среду.

Это связано как с необходимостью извлечения из недр больших объемов руд и пустой породы, так и с использованием в процессах извлечения золота на фабриках различных химических реагентов многие из которых являются сильнодействующими ядовитыми веществами или представляют опасность для окружающей среды.

Кроме этого, т.к. на фабриках извлечение золота из руд и концентратов происходит с помощью растворённых в воде химических реагентов (гидрометаллургическая технология) неизбежно влияние на водные ресурсы прилегающих территорий из-за необходимости использовать в технологии большие объемы воды.

Золотодобывающие предприятия оказывают воздействие на различные природные компоненты окружающей среды:

- воздействие на растительный и животный мир выражается в занятии больших площадей для размещения объектов предприятий, и как следствие, изгнание с этих территорий животных, в вырубке деревьев и кустарников, изменении и ухудшении гидрологических режимов водоемов и водотоков, определенное влияние на объекты животного и растительного мира оказывают выбросы и сбросы загрязняющих веществ;

- воздействие на атмосферу происходит в виде поступления в атмосферный воздух различных вредных (загрязняющих) веществ (выбросы);

- воздействие на объекты гидросферы (поверхностные и подземные водные объекты) проявляется в виде забора (изъятия) больших объемов воды для использования в технологическом процессе, в виде сбросов сточных вод содержащих различные загрязняющие вещества, а также в виде изменений гидрологических режимов поверхностных и подземных водных объектов (перенос, спрямление русел рек и ручьев, формирование депрессионных воронок и т.д.);

- воздействие на недра и территорию проявляется в виде формирования техногенных ландшафтов (отвалы, и т.д.), в виде изъятия из недр больших объемов золотосодержащих руд и пустой породы (карьеры и т.д.), в виде создания специальных объектов для захоронения отходов производства и потребления (полигоны твердых бытовых и промышленных отходов, хвостохранилища, и др.).

При проектировании золотодобывающих предприятий максимально учитываются требования действующего законодательства в области охраны окружающей среды и промышленной безопасности. Проекты строительства таких предприятий, в обязательном порядке направляются на государственную экспертизу проектной документации, и на экологическую экспертизу в части объектов размещения отходов.



В проектах строительства золотодобывающих предприятий предусматриваются мероприятия по минимизации воздействия на окружающую среду:

- очистка отходящих газов от производственных объектов (включая объекты энергетики) на газоочистном и пылеулавливающем оборудовании;

- очистка сточных вод от производственных и бытовых объектов на локальных очистных сооружениях;

- обезвреживание технологических стоков (хвостовых пульп), содержащих остатки токсичных реагентов, используемых в процессе извлечения золота;

- создание специальных хранилищ (хвостохранилищ), для захоронения отходов (хвостовых пульп);

- создание циклов оборотного водоснабжения для минимизации использования чистой воды в производственном процессе;

- рекультивация нарушенных земель для их восстановления и последующего использования.

#### 3.2 ВОЗДЕЙСТВИЕ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Химические реагенты, которые используются в процессах извлечения золота, продукты их распада или мелкодисперсная пыль попадают в газовую фазу и затем удаляются от оборудования при помощи вытяжной вентиляции и местных отсосов.

Основными вредными веществами, которые улавливаются в таких аппаратах на золотоизвлекательных фабриках являются: пыль неорганическая; гидроцианид, гидрохлорид, аэрозоли кислот, соединения серы, азота и углерода, сероводород, сероуглерод и др.

Для очистки удаляемого воздуха от загрязняющих веществ используются аппараты мокрой (скрубберы, пенные аппараты и т.д.) и сухой (циклоны, фильтры, электрофильтры и т.д.) газоочистки.

Газоочистные установки улавливают от 50 до 99 % загрязняющих веществ содержащихся в удаляемом воздухе в зависимости от технологии очистки (мокрая, сухая) и от агрегатного состояния загрязняющего вещества (твердое или газообразное).

Кроме этого, выбросы загрязняющих веществ происходят и в процессе эксплуатации вспомогательных объектов, необходимых для функционирования объектов золотодобывающего предприятия, например в котельных или ТЭЦ, а также при проведении взрывных работ на карьерах.

#### 3.3 ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

В процессах обогащения золотосодержащих руд неизбежно образуются растворы, в которых содержатся высокотоксичные компоненты, подлежащие нейтрализации перед сбросом в хвостохранилище и последующего повторного использования. Особую опасность представляют остаточные соединения цианидов, роданидов и мышьяка. Для нейтрализации этих вредных веществ на золотоизвлекательных фабриках применяются технологии обезвреживания, которые позволяют перевести эти соединения в безвредные формы, например в нерастворимые соли, или позволяют добиться их разложения до относительно безопасных для ООС веществ.

Для обезвреживания хвостовых пульп содержащих ядовитые вещества применяются различные химические реагенты: гипохлорит натрия, пероксид водорода, сульфиды железа, озон, сернистый газ и даже бактериальное окисление.

Каждый такой химический реагент (или способ обезвреживания) позволяет добиться различной степени обезвреживания: от нескольких десятков процентов до практически, полной нейтрализации загрязняющих и ядовитых веществ в хвостовых пульпах.

Выбор способа обезвреживания хвостовых пульп, производится в процессе разработки технологического регламента и при дальнейшем проектировании золотодобывающих предприятий. Для снижения или исключения влияния обезвреженных хвостовых пульп на подземные и поверхностные воды они направляются в специальные накопители – хвостохранилища, возможное влияние которых отслеживается в процессе проведения экологического мониторинга.

Кроме этого, воздействие на водные объекты происходит при сбросе сточных вод (которые предварительно должны быть очищены) от бытовых объектов и вод карьерного водоотлива.

### 3.4 ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОТХОДОВ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Особое значение в процессе эксплуатации золотоизвлекательных фабрик имеет эксплуатация накопителей промышленных отходов – хвостохранилищ.

Хвостохранилища служат для временного накопления и последующего захоронения обезвреженных хвостовых пульп золотоизвлекательных фабрик. Как правило, в состав хвостохранилища входит ограждающая дамба, водоотводные каналы, насосные станции, пульповоды и др. объекты.

Для минимизации воздействия укладываемых хвостовых пульп на подземные и поверхностные водные объекты при строительстве хвостохранилища делается гидроизоляция ложа хвостохранилища и тела ограждающей дамбы.

Для исключения возможных аварийных сбросов жидкой фазы хвостов из хвостохранилищ службами эксплуатации предприятий проводится регулярный мониторинг за уровнем воды в хвостохранилище и за соблюдением водного баланса, который позволяет соблюдать все необходимые критерии безопасности хвостохранилища.

В целом, соблюдение в процессе эксплуатации всех предусмотренных проектными решениями технологических параметров в заданных диапазонах позволяет минимизировать воздействие объектов золотодобывающих предприятий на окружающую среду.

## 4/ ВНЕДРЕНИЕ ПРИНЦИПА НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИ (НДТ) НА ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

### 4.1 ПРОЦЕСС ВНЕДРЕНИЯ ПРИНЦИПОВ НДТ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Принцип перехода промышленных предприятий России на наилучшие доступные технологии позаимствован из опыта аналогичной работы проведённой в странах Европы.

В европейских странах действуют справочники ЕС по НДТ для различных отраслей промышленности, учитывающие все технологические передельные и аппаратурное оснащение процессов с учетом экологических воздействий и экономических затрат.

Европейские справочники по НДТ (англ. BREFs, Best available techniques REference document – справочный документ о наилучших доступных технологиях) представляют собой документы, содержащие пошаговое описание НДТ для каждой из отраслей промышленности, перечисленных в Приложении I «Виды производственной деятельности, упоминаемые в Статье 1» директив.

Эти справочники используются компетентными органами при выдаче хозяйствующим субъектам природоохранных разрешений на право хозяйственной деятельности, а также самими хозяйствующими субъектами при формировании своей экологической политики.

Европейские справочники по НДТ не имеют статуса предписаний, в них не устанавливаются предельные значения выбросов/сбросов, лимитов образования отходов для определенного промышленного сектора.

Концепция НДТ в смысле комплексного предупреждения и контроля загрязнений окружающей среды в результате хозяйственной деятельности, предусмотренная директивами, учитывает возможные экономические затраты и экологические выгоды, получаемые в результате реализации НДТ, а также направлена на комплексную защиту окружающей среды с учетом предотвращения новой и более серьезной экологической угрозы экосистемам, возникшей из-за ликвидации другой угрозы.

Несмотря на постоянное развитие технологий, из-за чего точное определение наилучшего способа становится проблематичным, все же остается возможным в течение определенного периода времени выбрать среди всех имеющихся технологий наилучшую доступную, что и было сделано в европейских справочниках по НДТ.

Такой же подход был реализован в Австралии при разработке руководств (Leading practice sustainable development program in mining industry), актуализируемых через 7-10 лет, для горнодобывающей промышленности с участием крупнейших горнодобывающих компаний. По каждому из направлений: обращение с цианидами, проектирование и эксплуатация хвостохранилищ, водоотведение и водопотребление, обращение с опасными химическими веществами, рекультивация и закрытие горнодобывающих предприятий – были разработаны детальные руководства, объединяющие требования регулятора и опыт горнодобывающих компаний. В руководстве также приведены примеры из внедрения данных технологий на действующих предприятиях отрасли.

Еще один подход, который может представлять интерес при идентификации НДТ в том числе изолотодобывающей отрасли, представлен в руководстве Международной Финансовой Корпорации для горнодобывающей отрасли (Environmental, Health and Safety Guidelines for Mining). В части охраны окружающей среды в данном руководстве выделяются разделы: использование воды и качество, отходы, опасные вещества, землепользование и биоразнообразие, качество атмосферного воздуха, шум и вибрации, использование энергии, визуальные воздействия. Рекомендации которые даются в данном руководстве исходят из возможного воздействия и являются техническими характеристиками применения «хороших международных промышленных практик» (Good International Industry Practices). Необходимо отметить, что это действующий (постоянно обновляемый) документ, с которым сверяются при рассмотрении отчета по оценке воздействия на окружающую среду эксперты кредитных организаций, принимая решение по финансированию новых проектов.

В директивах ЕС «наилучшие» означает «наиболее эффективные в достижении высокого уровня защиты окружающей среды в целом»; «доступные» означает, что при выборе технологии необходимо учитывать затраты, а условия их внедрения должны быть экономически целесообразны, т.е. отправной точкой являются экологические характеристики. Но окончательное решение о выборе технологии принимают только с учетом ее доступности с финансовой точки зрения.

Как один из вариантов подхода к оценке доступности технологии можно рассмотреть проведение оценки доступности технологии по следующей схеме:



Процесс перехода на принципы наилучших доступных технологий в Российской Федерации начался с подписания распоряжения Правительства от 19 марта 2014 г. № 398-р, которым был утвержден комплекс мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы наилучших доступных технологий и внедрение современных технологий.

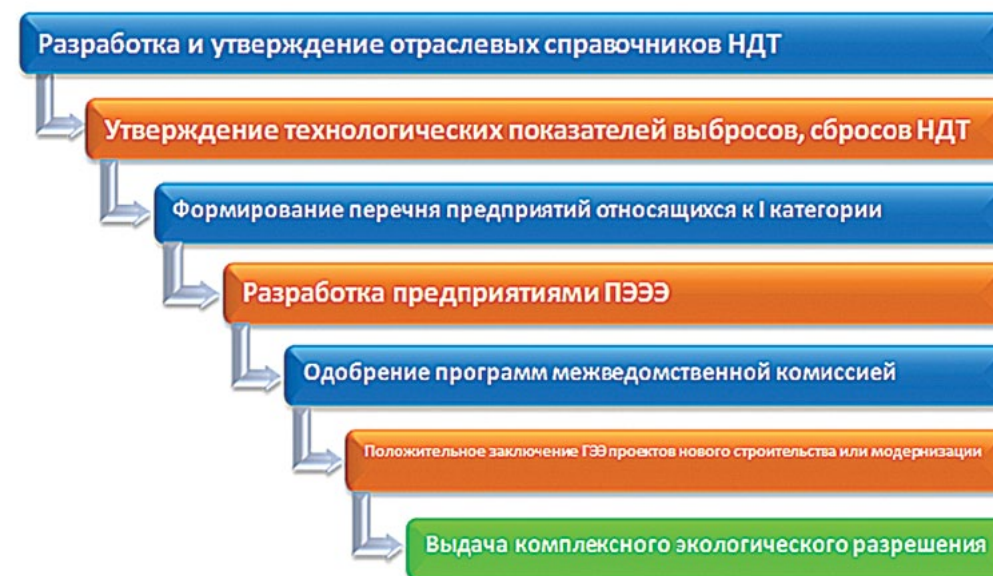
Далее был принят Федеральным собранием и подписан Президентом Федеральный закон от 21 июля 2014 г. №219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Об охране окружающей среды” и отдельные законодательные акты Российской Федерации», в котором дано понятие наилучшая доступная технология (НДТ):

**«Наилучшая доступная технология – технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения.»**

Внедрением принципов НДТ преследуется достижение триединой цели: повышение конкурентоспособности продукции отечественной промышленности и инвестиционной привлекательности бизнеса при одновременном снижении негативного воздействия на окружающую среду.

Внедрение НДТ на предприятиях планируется осуществлять на основе разработанных предприятиями программ повышения экологической эффективности (ППЭЭ) с выдачей на конечном этапе комплексного экологического разрешения.

Внедрение НДТ на предприятиях – это многоступенчатый процесс:



С 2015 по 2017 года необходимо будет осуществить постановку на государственный учет всех предприятий, разделить их на категории, опубликовать отраслевые справочники по НДТ и принять все необходимые подзаконные акты.

В ближайшее время будут определены около 300 предприятий – крупнейших загрязнителей, для которых переход на НДТ будет осуществляться в пилотном порядке начиная с 2019 года.

Срок реализации программы перехода на НДТ зависит от масштаба производственной деятельности предприятий. Так, для градообразующих предприятий и предприятий стратегического назначения срок реализации перехода на НДТ должен составить не более 14 лет, а для остальных предприятий не более 7 лет.

В настоящее время начата активная работа по выполнению первого этапа внедрения НДТ – разработка и утверждение отраслевых справочников НДТ.

В августе 2014 года был создан (приказ Росстандарта от 01.08.2014 г. №1236) технический комитет по стандартизации «Наилучшие доступные технологии» в перечень организаций-членов которого вошли как органы государственной власти, так и крупные Российские производственные компании и ассоциации.

Вновь созданный технический комитет регулярно собирается на заседания, в ходе которых рассматриваются текущие вопросы разработки справочников НДТ, и координируется работа по планированию дальнейшей работы министерств, ведомств и представителей бизнеса.



#### 4.2 Создание отраслевого справочника по НДТ для предприятий золотодобывающей промышленности

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р был утвержден поэтапный график создания в 2015 - 2017 годах отраслевых справочников наилучших доступных технологий.

В соответствии с этим графиком создание отраслевых справочников НДТ разделено на 3 этапа, в ходе которых планируется создание 47 справочников, причем 10 из них должны быть созданы в 2015 году.

В соответствии с данным распоряжением, справочник НДТ, который по отраслевому принципу, вероятно, будет относиться к золотодобывающей промышленности должен быть создан в 2017 году: **«Добыча и обогащение руд цветных металлов»** (п. 23 приложения к распоряжению Правительства РФ).

Из описаний технологий добычи в главе 2 следует, что технологии добычи золота могут кардинально отличаться друг от друга в зависимости от вида нахождения его в горных породах. Кроме этого и процессы извлечения золота на золотоизвлекательных фабриках существенно отличаются друг от друга в зависимости от типов перерабатываемых руд. От этих же указанных факторов зависит уровень воздействия той или иной технологии добычи на окружающую среду.

Необходимо учитывать и то, что технологии добычи (получения) благородных металлов (золото, серебро, платина и др.) отличаются друг от друга. Так, например, для извлечения серебра из серебряных руд используется тот же метод цианирования, но при этом используются более насыщенные цианистые растворы, и совсем не используются методы флотации, биоокисления и др. При этом, наиболее существенным является и тот факт, что в мире только лишь 25 % серебра добывается предприятиями напрямую из серебряных руд, а всё остальное 75% серебра извлекается как попутный металл при разработке полиметаллических месторождений.

Остальные металлы платиновой группы получают в основном на аффинажных заводах из концентратов платиновых металлов, которые попутно получают при переработке руд полиметаллических месторождений.

В связи с этим, на наш взгляд, на очередном заседании технического комитета по стандартизации целесообразно рассмотреть вопрос о внесении изменений в распоряжение Правительства РФ в части разработки отдельного отраслевого справочника НДТ для золотодобывающей промышленности с наименованием «Добыча золота».

#### 4.3 Структура отраслевого справочника по НДТ для предприятий золотодобывающей промышленности

Структура будущего информационно-технического справочника по НДТ для предприятий золотодобывающей промышленности должна в целом соответствовать структуре, которая представлена в п.5 в предварительном национальном стандарте «Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника» разработанным техническим комитетом по стандартизации ТК 113 «Наилучшие доступные технологии», Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации материалов и технологий» (ФГУП «ВНИИ СМТ»), Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии.

Вероятно, предложенная в утвержденном предварительном национальном стандарте (ПНСТ 21-2014) структура справочника может в дальнейшем претерпеть изменения, но на сегодняшний день она выглядит следующим образом:

- 1 Введение;
- 2 Предисловие;

- 3 Область применения;
- 4 Раздел 1 – Общая информация о рассматриваемой отрасли промышленности;
- 5 Раздел 2 – Описание технологических процессов, используемых в настоящее время в рассматриваемой отрасли промышленности;
- 6 Раздел 3 – Текущие уровни эмиссии в окружающую среду;
- 7 Раздел 4 – Определение наилучших доступных технологий;
- 8 Раздел 5 – Наилучшие доступные технологии;
- 9 Раздел 6 – Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий;
- 10 Раздел 7 – Перспективные технологии;
- 11 Заключительные положения и рекомендации;
- 12 Приложения;
- 13 Библиография.

В данном предварительном национальном стандарте указано, что в зависимости от специфики отрасли допускается дополнять справочник по НДТ другими структурными элементами.

В ПНСТ приводятся детальные пояснения по содержанию каждого раздела справочника НДТ, при этом сбор информации для подготовки некоторых разделов справочника на наш взгляд вызовет определенные затруднения.

Для подготовки «Разделов 1,2,3» справочника необходимо будет получить информацию от действующих золотодобывающих предприятий Российской Федерации. Эта информация может быть получена только путем заполнения специалистами этих компаний специальных опросных листов, которые необходимо сначала разработать, а затем заблаговременно направить в адрес предприятий для заполнения, что естественно займет большое количество времени.

На наш взгляд, учитывая сжатые сроки методические рекомендации по определению НДТ (для заполнения «Раздела 4. Определение наилучших доступных технологий») должны быть разработаны и утверждены как минимум за полгода до окончания срока разработки справочника.

По нашему мнению, для наиболее объективного и полного включения имеющихся на сегодняшний день технологий «Раздел 5. Наилучшие доступные технологии» справочника необходимо будет разработать с обязательным привлечением специалистов ведущих золотодобывающих компаний России, а также с привлечением Союза золотопромышленников России.

«Раздел 7. Перспективные технологии» мы рекомендуем исключить из стандарта по причине противоречия основной идее справочника – описывать наилучшие и доступные технологии. Если наилучшая технология признана доступной – она должна быть уже на стадии коммерческого внедрения и, соответственно, содержать подтвержденные капитальные и операционные затраты. Для перспективной технологии сложно оценить, когда такая технология может быть внедрена и получит ли коммерческое применение. Кроме этого, такой раздел может повысить коррупционную составляющую справочника и увеличивает и так, видимо, не маленький объем информации, содержащийся в нем.

#### 4.4 Описание технологий в отраслевых справочниках по НДТ в золотодобывающей промышленности

Одним из важнейших разделов справочника НДТ является раздел описания технологий. Для правильного сравнения применяемых технологий они должны быть описаны по унифицированной форме, чтобы параметры всех значений имели одинаковые обозначения, единицы измерения и точность.

Формат описания технологий, которые будут включаться в справочники НДТ должен соответствовать специально разработанному предварительному национальному стандарту «Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий» (ПНСТ 23-2014), который разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации материалов и технологий» (ФГУП «ВНИИ СМТ»).

В соответствии с этим стандартом в разделе 2 справочника должна быть приведена схема производственного процесса (в общем виде), характерного для отраслевых предприятий в рамках применения справочника НДТ. На этой схеме указываются отдельные технологические процессы, которые затем должны быть описаны в разрабатываемом справочнике НДТ.

В описании технологического процесса должны быть приведены характеристики процесса с указанием основных и побочных химических реакций, условий их протекания, а также любая необходимая для понимания процесса информация.

В справочнике по НДТ приводят основную информацию об отдельных подпроцессах в соответствии с формой, приведенной в таблице 3.

Таблица 3 – Табличная форма описания технологического процесса

| Входной поток | Этап процесса (подпроцесс) | Выходной поток | Основное технологическое оборудование | Эмиссии |
|---------------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|---------|
| 1             | 2                          | 3              | 4                                     | 5       |
|               |                            |                |                                       |         |
|               |                            |                |                                       |         |

В соответствующих графах приводятся:

- графа 1 «Входной поток» – основные материальные и энергетические ресурсы, используемые в процессе;
- графа 2 «Этапы процесса (подпроцесс)» – наименование процесса в соответствии с общей схемой;
- графа 3 «Выходной поток» – основные и побочные продукты производства;
- графа 4 «Основное технологическое оборудование» – перечень основного оборудования.
- графа 5 «Эмиссии» – краткий перечень наименований загрязняющих веществ и направлений их эмиссии сбросов в воду выбросов в атмосферу, твердых отходов и прочих загрязнений (тепловое загрязнение, шум, вибрация, электромагнитное загрязнение и др.).

Например, для подпроцесса сорбционного выщелачивания золота на золотоизвлекательной фабрике такая таблица может быть представлена следующим образом:

| Входной поток | Этап процесса (подпроцесс) | Выходной поток                        | Основное технологическое оборудование | Эмиссии  |
|---------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| 1             | 2                          | 3                                     | 4                                     | 5  |
| Пульпа        | Сорбционное выщелачивание  | Насыщенная золотом ионообменная смола | Контактный чан                        | Выбросы: гидроцианид<br>Отходы: хвостовая пульпа |
|               |                            |                                       |                                       |  |
|               |                            |                                       |                                       |  |

В справочнике НДТ приводят краткое описание основного и вспомогательного технологического оборудования, применяемого в процессе производства по форме, представленной в таблице 4.

В форме таблицы 4 указывают природоохранное оборудование, например системы газоочистки.

Таблица 4 – Природоохранное оборудование (заполнена в качестве примера)

| Наименование оборудования | Назначение оборудования                      | Технологические характеристики                                    |
|---------------------------|--|---|
| 1                         | 2  | 3   |
| Скруббер                  | Очистка газовой фазы от загрязняющих веществ | Производительность:<br>Расход раствора:<br>Эффективность очистки: |

Кроме этого в справочнике НДТ, приводят материально-технический баланс технологического процесса на единицу выпускаемой продукции с учетом допусков на различное сырье, технологическое оборудование и другие факторы.

На наш взгляд количественные показатели эмиссий на единицу продукции в данном случае не могут являться критерием отнесения применяемой технологии к НДТ, а могут быть использованы лишь как справочные.

Это связано с тем, что технологии переработки золотосодержащих руд на фабриках подбираются исходя из характеристик конкретной руды конкретного месторождения, а, следовательно, и параметры воздействий на единицу продукции будут существенно отличаться, но при этом природоохранное оборудование (ГОУ, обезвреживание, очистные сооружения и т.д.) позволяет снизить воздействие до уровня разрешенного.

В связи с этим, предлагается в процессе работы над стандартами НДТ для золотодобывающих предприятий выработать наиболее приемлемые и понятные критерии, исходя из которых, та или иная технология может быть отнесена к НДТ.

## 5/ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Уже сейчас понятно, что создание любого справочника НДТ это очень трудоемкая работа, которая потребует немало усилий профессионального сообщества и большое количество времени.

В этой связи, для создания наиболее корректного с точки зрения описания применяемых технологий справочника НДТ для предприятий золотодобывающей промышленности необходимо уже сейчас привлечь к этой работе специалистов крупных золотодобывающих компаний, которые совместно с представителями других крупных производственных компаний приняли бы активное участие в разработке справочников НДТ.

Предлагается рассмотреть вопрос о корректировке утвержденных стандартов в части упоминания о непроверенных («новейших технологиях»), которые будут вводить в заблуждение специалистов – пользователей справочника и создавать вероятные проблемы недропользователям при внедрении и использовании таких технологий.

Учитывая специфику производства (существенное различие как способов добычи золота и золотосодержащих руд, так и технологий его извлечения) необходимо как можно скорее определить наиболее понятные и универсальные критерии отнесения применяемой технологии к НДТ.

Кроме этого, как мы видим из приведенных примеров технологий добычи золота и различной степени их воздействия на окружающую среду, характерную только для золотодобывающей отрасли, на наш взгляд целесообразно разработать отдельный отраслевой справочник НДТ для золотодобывающих предприятий с общим названием «Добыча золота».

### ЛИТЕРАТУРА

1. ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН ОТ 01.01.2002 Г. №7-ФЗ (РЕДАКЦИЯ ОТ 21.07.2014) ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
2. ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН ОТ 21.07.2014 Г. №219-ФЗ О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ В ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН «ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ» И ОТДЕЛЬНЫЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ АКТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.
3. РАСПОРЯЖЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА ОТ 19 МАРТА 2014 Г. № 398-Р
4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ПНСТ 21-2014 Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника
5. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ПНСТ 22-2014 Наилучшие доступные технологии. Термины и определения
6. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ПНСТ 23-2014 Наилучшие доступные технологии. Формы описания технологий
7. ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОТ 23 ДЕКАБРЯ 2014 Г. №1458 О ПОРЯДКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ В КАЧЕСТВЕ НАИЛУЧШЕЙ ДОСТУПНОЙ ТЕХНОЛОГИИ, ОПУБЛИКОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СПРАВОЧНИКОВ ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ (ВМЕСТЕ С ПРАВИЛАМИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ В КАЧЕСТВЕ НАИЛУЧШЕЙ ДОСТУПНОЙ ТЕХНОЛОГИИ, А ТАКЖЕ РАЗРАБОТКИ, АКТУАЛИЗАЦИИ И ОПУБЛИКОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СПРАВОЧНИКОВ ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ).
8. [HTTP://WWW.INDUSTRY.GOV.AU/RESOURCE/PROGRAMS/LPSD/PAGES/DEFAULT.ASPX](http://www.industry.gov.au/resource/programs/lpsd/pages/default.aspx)
9. [HTTP://WWW.IFC.ORG/WPS/WCM/CONNECT/CD44C600488BVC068DVCFBBD578891B/PS\\_Russian\\_2012\\_Full-Documents.pdf?MOD=AJPERES](http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/cd44c600488bvc068dvcfbbd578891b/PS_Russian_2012_Full-Documents.pdf?MOD=AJPERES)

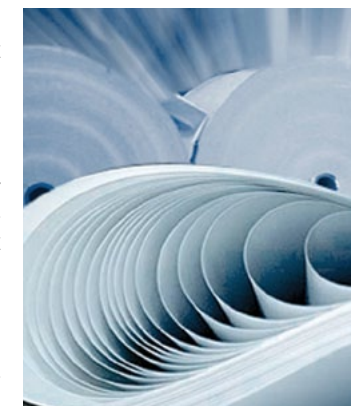
# НОРМИРОВАНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НА ОСНОВЕ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е.Н. Веснина – к. т. н., начальник отдела стандартизации Департамента государственной политики области технического регулирования и обеспечения единства измерений Минпромторга России

Г.И. Христофорова – главный эколог ОАО «Группа «Илим»

И.А. Косорукова – ведущий инженер отдела природопользования и устойчивого развития ФГУП «ВНИИ СМТ»

Целлюлозно-бумажная промышленность (далее – ЦБП) относится к числу производств, «экологическую репутацию» которых с общественной точки зрения никак нельзя назвать положительной благодаря недоброй славе Байкальского целлюлозно-бумажного комбината и некоторых других предприятий отрасли. Это связано с использованием в производстве опасных химических веществ, которые оказывают негативное воздействие как на человека, так и на окружающую среду. ЦБП является одним из крупнейших потребителей воды и, как следствие, одним из наиболее значительных источников загрязнения воды промышленными стоками.



Несмотря на то, что Россия является мировым лидером по объему запасов древесины (83 млрд. м<sup>3</sup>), исторически так сложилось, что в нашей стране целлюлозно-бумажная промышленность никогда не входила в число приоритетных отраслей. На сегодняшний день доля целлюлозно-бумажной промышленности в ВВП России по данным Росстата составляет менее 1 %. Если говорить о мировом производстве, то на фоне других стран-производителей целлюлозно-бумажной продукции, мы выглядим более чем скромно: по производству целлюлозы Россия находится на 10-ом месте в мире, а по производству бумаги – на 14-ом.

Особенностью целлюлозно-бумажного производства России по сравнению с мировыми лидерами отрасли (США, Канадой, а с недавних пор и Китаем), является его техническая и технологическая отсталость, высокая степень износа оборудования, низкая степень переработки древесины. Средний возраст оборудования на российских предприятиях составляет около 40 лет, а степень его износа достигает 60–70 %. Как следствие – низкая конкурентоспособность российской целлюлозно-бумажной продукции на мировом рынке.

К сожалению, в настоящее время не существует экономически обоснованной технологии, позволяющей на 100 % исключить выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду. Решить проблему снижения негативного воздействия целлюлозно-бумажных предприятий на окружающую среду можно путем внедрения современных принципов

**Справочно**  
*Предприятия ЦБП – одни из самых крупных природопользователей, потребителей водных ресурсов среди всех отраслей российской промышленности. Для получения 1 т целлюлозы в среднем необходимо 5-6 м<sup>3</sup> древесины, 160 м<sup>3</sup> воды и 2000 кВт/ч.*

экологического нормирования по системе технологического нормирования на основе наилучших доступных технологий (далее – НДТ) с учетом отраслевого принципа.

Как известно, действующая в настоящее время в России система нормирования сбросов и выбросов основывается на соблюдении предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воде, атмосферном воздухе и почве, которая не учитывает возможности наилучших доступных технологий. ПДК – это максимальная концентрация вредных химических веществ и их соединений, которая за определенное время воздействия не влияет на здоровье человека и его потомство, а также на компоненты экосистемы и природное сообщество в целом. Для предприятий ЦБП перечень нормируемых показателей в стоках не ограничен и включает 15-25 показателей, в выбросах до 50 показателей. На практике, как правило, установленные нормы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ являются трудно достижимыми. Это приводит к тому, что зачастую даже относительно благополучные предприятия ЦБП вместо того, чтобы тратить средства на модернизацию производств в целях сокращения негативного воздействия на окружающую среду, вынуждены расходовать их на большие штрафы.

Современная система технологического нормирования на основе наилучших доступных технологий, принятая в Европейских странах с развитой ЦБП, основана на удельных показателях сбросов, выбросов и образования отходов в расчете на единицу продукции по относительно небольшому перечню приоритетных показателей. В Справочном документе Европейского союза по наилучшим доступным технологиям в целлюлозно-бумажной промышленности предусматриваются технологические нормативы для нормирования и контроля:

- удельных сбросов загрязняющих веществ в воду (шесть показателей):
  - химическое потребление кислорода (ХПК);
  - биологическое потребление кислорода (БПК);
  - общее содержание взвешенные вещества (ОС ВВ);
  - хлорорганические соединения (АОХ);
  - общий азот (ОС N);
  - общий фосфор (ОС P);
- удельных выбросов в атмосферу (четыре показателя):
  - пыль;
  - сернистый газ (SO<sub>2</sub>);
  - оксиды азота (NO<sub>x</sub>);
  - общая восстановленная сера.

Кроме этого, в справочнике регламентируются объемы сброса сточных вод, образование твердых отходов и потребление тепло- и электроэнергии в расчете на тонну воздушно сухой целлюлозы.

Несколько слов об общей структуре Справочника «Европейская комиссия. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям в целлюлозно-бумажной промышленности» (далее – Справочник по НДТ в ЦБП). Данный справочник является одним из 26 отраслевых («вертикальных») Европейских справочников по НДТ. Отраслевые справочники разработаны для всех видов промышленности, которые в соответствии с Директивой Совета ЕС 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 года «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений» (Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning Integrated Pollution Prevention and Control – IPPC-Directive) оказывают наибольшее воздействие на окружающую среду.

Справочник по НДТ в ЦБП вышел в декабре 2001 г. Объем справочника составляет 509 страниц. Справочник охватывает важные экологические аспекты производства целлюлозно-бумажной продукции из различных волокнистых материалов на интегрированных и неинтегрированных целлюлозно-бумажных предприятиях. В справочник не включены технологические процессы, связанные с добычей сырья (лесоводство, технологии производства химических реагентов за пределами предприятия), поставками сырья на предприятие, а также деятельность, связанная с транспортированием и сбытом. Экологические вопросы, которые непосредственно не связаны с производством целлюлозно-бумажной продукции в справочнике либо не рассматриваются, либо рассматриваются лишь поверхностно.

В состав справочника входят пять основных частей:

- технологический процесс производства сульфатной целлюлозы;
- технологический процесс производства сульфитной целлюлозы;
- механическое и химико-механическое производство древесной массы;
- переработка вторичного волокна (макулатуры);
- производство бумаги и смежные процессы.

В каждую из данных глав включены пять основных разделов в соответствии с общей структурой и требованиями Европейских справочников по НДТ в области комплексного контроля и предотвращения загрязнений, определенных в руководящем документе Европейской комиссии BAT information exchange guidance document IEF 22-4-1 (2010 г.).

В пяти основных главах представлена информация по следующим направлениям: прикладные процессы и технологии, наиболее значимые проблемы экологического характера (такие как расход энергии и ресурсов, выбросы и отходы), описание соответствующих технологий, целью которых является сокращение воздействия выбросов, минимизация количества отходов и энергосбережение, определение наилучших доступных технологий, а также разрабатываемые технологии.

Описание технологических мер, учитываемых при определении наилучших доступных технологий, характеризуется единой структурой и включает в себя краткое описание технологии, основную эффективность с точки зрения экологии, применимость, воздействие на различные среды, опыт в области применения, экономические показатели, движущие силы, способствующие реализации данной технологии, примеры предприятий и список литературы. Раздел, посвященный Наилучшим доступным технологиям, включает в себя диапазоны уровней выбросов/сбросов и потребления, связанные с использованием данных наилучших доступных технологий. В основе выводов, сделанных в отношении наилучших доступных технологий, лежит опыт в рамках конкретных международных примеров и экспертная оценка.

Отдельно остановимся на разделе, посвященном сульфатной варке, поскольку она является основным процессом производства целлюлозы во всем мире ввиду повышенной прочности целлюлозы и возможности её использования со всеми видами древесины. Сульфатным способом производится более 95 % всей целлюлозы

**Справочно**

*В настоящее время на сайте Европейского Бюро ЕИРПСВ обеспечен свободный доступ к проекту справочника «Европейская комиссия. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям в целлюлозно-бумажной промышленности» (European Commission. Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry); объем документа составляет 899 страниц.*

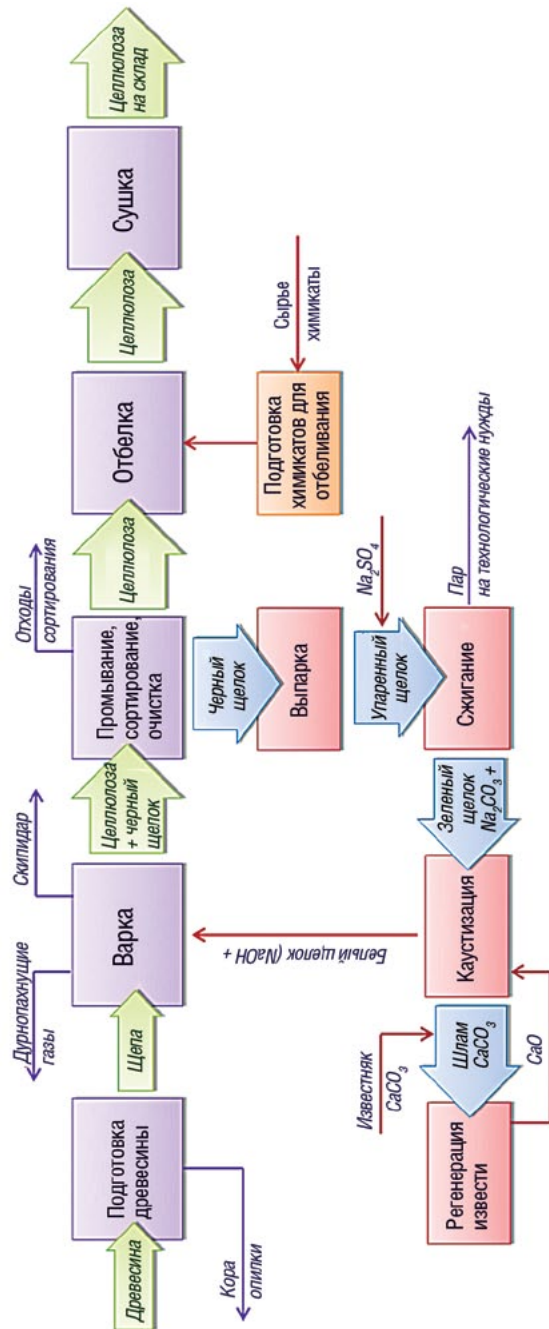


Рисунок 1 – Технологическая схема производства сульфатной беленой целлюлозы

в мире. По данным европейского Справочника по НДТ в ЦБП и в Западной Европе производство товарной сульфатной беленой целлюлозы является доминирующим и составляет более трех четвертей всего объема производства.

Производство целлюлозы – сложный технологический цикл, в который входят следующие операции (стадии) (рисунок 1):

- подготовка древесного сырья (окорка древесины, получение технологической щепы из древесины и подача щепы в производство);
- варка древесного сырья (получение целлюлозного полуфабриката);
- делигнификация до остаточного содержания лигнина в целлюлозе 3–4 %;
- промывка целлюлозы;
- сортировка и очистка целлюлозы;
- отбелка целлюлозы (углубленная делигнификация до остаточного содержания лигнина в целлюлозном полуфабрикате ~ 1 %);
- регенерация черного щелока;
- переработка отходов; очистка газовых выбросов и сточных вод.

При сульфатной варке целлюлозы основными проблемами являются сбрасываемые сточные воды, выбросы в атмосферу, включая дурнопахнущие газы, а также энергопотребление. Образование твердых отходов незначительно и в настоящее время не является экологической проблемой. Основным сырьем являются возобновляемые ресурсы (древесина и вода), а также химические реагенты для варки и отбеливания.

Общая схема потребления сырья и затрат энергии, а также производства продукции, побочных продуктов и основных выбросов/сбросов, отходов и т. п. при производстве сульфатной целлюлозы представлена на рисунке 2.

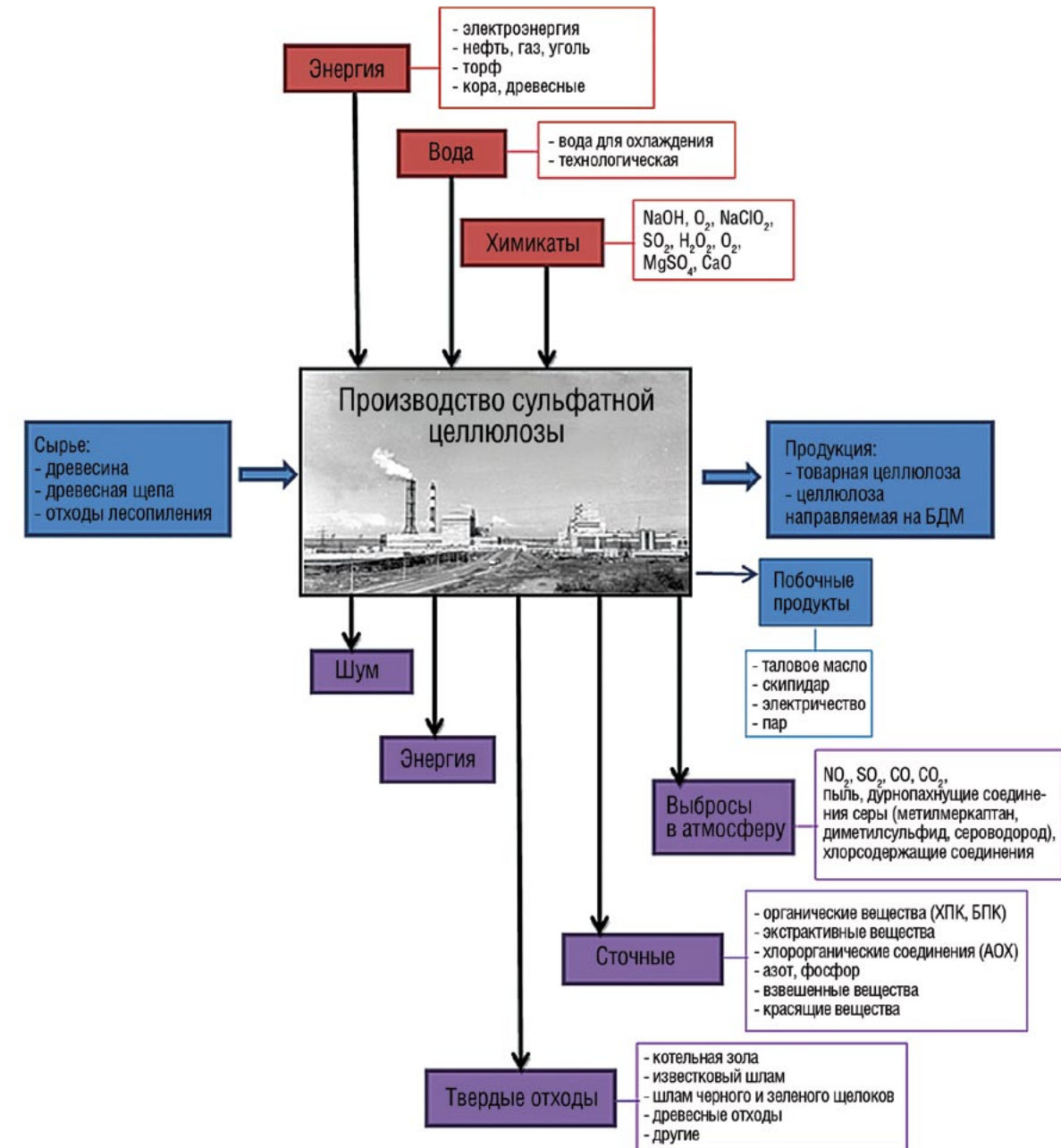


Рисунок 2 – Общая схема входа/выхода производства сульфатной целлюлозы

Основными источниками сбросов в воду являются процессы окорки древесины, промывки, отбелки, подготовки химических реагентов в цикле регенерации химикатов. В сбросах в воду преобладают потребляющие кислород органические вещества. Некоторые соединения, сбрасываемые в воду, такие как экстрактивные вещества (например, смоляные кислоты), которые выщелачиваются из коры при подготовке древесины, оказывают токсичное действие на водные организмы. Сбросы красящих веществ отрицательно влияют на живые организмы водоемов, так как уменьшается прозрачность воды (ХПК). Очищенные сточные воды после отбелки, где используются хлорсодержащие химикаты, содержат органически связанные соединения хлора (АОХ). Сбросы питательных веществ (азота и фосфора) способствуют эвтрофикации водоемов. Металлы, извлекаемые из древесины, поступают в незначительных концентрациях.

Существенное сокращение загрязняющих веществ (ХПК, АОХ), сбрасываемых предприятиями по производству целлюлозы, может в значительной степени достигаться посредством реализации таких мер в ходе технологического процесса (НДТ) как:

1/ Сухая окорка древесины.

2/ Модифицированная варка, как при периодическом, так и при непрерывном режиме варке.

3/ Высокоэффективная промывка и закрытый цикл очистки и сортирования небеленой целлюлозы.

4/ Кислородная делигнификация.

5/ Отбелка ECF (отбеливание без элементарного хлора) и рециркуляция щелочных фильтратов отбелки (для промывки небеленой целлюлозы).

6/ Очистка и повторное использование конденсатов.

7/ Системы, позволяющие повторно использовать все утечки и переливы.

8/ Обеспечение достаточного количества мощностей для выпарки и сжигания черного щелока.

9/ Сбор и повторное использование условно чистых вод.

10/ Обеспечение больших объемов буферных емкостей для хранения переливов.

11/ Первичная очистка сточных вод.

12/ Биологическая очистка сточных вод.

Уровни сбросов для Европейских предприятий по производству белой и небелёной сульфатной целлюлозы, внедривших наилучшие доступные технологии при использовании соответствующих комбинаций технологических мер, приведены в таблице 1. Указанные уровни сбросов относятся к среднегодовым показателям. Цифры относятся исключительно к целлюлозе. В рамках интегрированных предприятий сбросы при производстве бумаги учитываются отдельно.

**Справочно**

По данным Росстата на 2012 г. в суммарных сбросах загрязненных сточных вод обрабатывающих производств доля ЦБП превысила 30 % (905,1 млн. м<sup>3</sup>), а в общей структуре загрязнения водных ресурсов России – 6 %.

Таблица 1

| Параметры              | Единицы измерений               | Беленая сульфатная целлюлоза | Небеленая сульфатная целлюлоза |
|------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| ХПК                    | кг/т <sup>1)</sup>              | 8 – 23                       | 5,0 – 10                       |
| БПК                    | кг/т <sup>1)</sup>              | 0,3 – 1,5                    | 0,2 – 0,7                      |
| ОС <sup>2)</sup> ВВ    | кг/т <sup>1)</sup>              | 0,6 – 1,5                    | 0,3 – 1,0                      |
| АОХ                    | кг/т <sup>1)</sup>              | ≤ 0,25                       | –                              |
| ОС N                   | кг/т <sup>1)</sup>              | 0,01 – 0,03                  | 0,01 – 0,02                    |
| ОС P                   | кг/т <sup>1)</sup>              | 0,1 – 0,25                   | 0,1 – 0,2                      |
| Количество сточных вод | м <sup>3</sup> /т <sup>1)</sup> | 30 – 50                      | 15 – 25                        |

<sup>1)</sup> тонна воздушно сухой целлюлозы <sup>2)</sup> общее содержание

Выбросы отходящего газа из различных источников рассматриваются в производстве сульфатной целлюлозы в качестве одной из наиболее актуальных экологических проблем. Источниками выбросов в атмосферу выступают: бункер для хранения щепы, варочный котёл, промывка целлюлозы, сортировка, отбелочная установка, содорегенерационный котел, известерегенерационная печь, печь для сжигания коры, подготовка химических реагентов для отбеливания, выпаривание, подготовка белого щёлока, сушка целлюлозы. Как уже говорилось, выбросы состоят в основном из серо-содержащих соединений, таких как диоксид серы и дурнопахнущие восстановленные соединения серы – метилмеркаптан, диметилсульфид и сероводород. Помимо этого, осуществляются выбросы твердых частиц.

**Справочно**

По данным Росстата на 2012 г. в общем объеме обрабатывающих производств объем выбросов загрязняющих веществ ЦБП России составил 2 % (128,5 тыс. т)

Меры по сокращению выбросов в атмосферу:

1. Сбор и сжигание концентрированных газов с неприятным запахом, а также контроль получаемых в результате выбросов SO<sub>2</sub>. Сжигание концентрированных газов может осуществляться в содорегенерационном котле, в известерегенерационной печи либо в отдельной печи с низким содержанием NO<sub>x</sub>. Дымовые газы, выброс которых осуществляется из известерегенерационной печи, обладают высокой концентрацией SO<sub>2</sub>, регенерация которого осуществляется в газопромывателе.
2. Сбор и сжигание растворенных газов с неприятным запахом, выброс которых осуществляется из различных источников, а также обеспечение контроля получаемого SO<sub>2</sub>.
3. Уменьшение выбросов общей восстановленной серы из содорегенерационного котла посредством обеспечения эффективного контроля сгорания и измерения CO и из известерегенерационной печи посредством обеспечения контроля над избытком кислорода, путем использования топлива с низким содержанием серы, а также посредством контроля

содержания остаточного растворимого натрия в каустизационном шламе, подаваемом в печь.

4. Контроль выбросов сернистого газа ( $SO_2$ ) из содорегенерационного котла путем обжига черного щелока с высокой концентрацией сухих веществ в содорегенерационном котле, чтобы уменьшить образование  $SO_2$  и/или с помощью газоочистителя для дымовых газов.
5. Контроль выбросов оксидов азота ( $NO_x$ ) из содорегенерационного котла и известерегенерационной печи, путем обеспечения соответствующих условий обжига и путем обеспечения соответствующего смешивания и разделения воздуха в котле, а также за счет обеспечения надлежащей конструкции в случае с новыми или модернизированными установками;
6. Контроль выбросов оксидов азота ( $NO_x$ ) из вспомогательных котельных установок путем контроля условий обжига, а также за счет обеспечения надлежащей конструкции в случае с новыми или модернизированными установками;
7. Сокращение выбросов  $SO_2$  из вспомогательных котельных установок обеспечивается посредством использования коры, газа, нефти с низким содержанием серы и угля, либо контроля выбросов серы при помощи газоочистителя.
8. Очистка содорегенерационного котла, вспомогательных котельных установок (в которых осуществляется сжигание биотоплива и/или ископаемого топлива) и известерегенерационной печи от дымовых газов осуществляется при помощи эффективных электрофильтров, целью которых является сокращение выбросов пыли.

В таблице 2 приведены уровни выбросов в атмосферу, которые можно достигнуть для наилучших доступных технологий при сочетании указанных мер в технологическом процессе. Уровни выбросов относятся к среднегодовым показателям и стандартным условиям.

Таблица 2

| Параметры                                     | Единицы измерений  | Беленая и небеленая сульфатная целлюлоза |
|---|--------------------|--|
| Пыль  | кг/т <sup>1)</sup> | 0,2 – 0,5                                |
| $SO_2$ (в пересчете на S)                     | кг/т <sup>1)</sup> | 0,2 – 0,4                                |
| $NO_x$ (в ед. $NO_2$ )                        | кг/т <sup>1)</sup> | 1,0 – 1,5                                |
| Общая восстановленная сера (в пересчете на S) | кг/т <sup>1)</sup> | 0,1 – 0,2                                |

<sup>1)</sup> тонна воздушно сухой целлюлозы

Как уже говорилось выше, образование отходов для производства целлюлозы является наименее значимой проблемой. При производстве сульфатной целлюлозы образуются следующие виды твердых отходов:

- неорганический шлам (шлам зеленого щелока и известковый шлам) от химической регенерации;
- кора и древесные отходы от подготовки древесины;
- шлам от очистки сточных вод (неорганических материалы, волокна и активный ил);
- пыль и зола от котлов и печей;

– твёрдые отходы сортировки (в основном песок) от подготовки древесины. Многие органические вещества (как правило, кору и древесные отходы) сжигают для получения энергии.

Для НДТ мерами по сокращению твердых отходов являются:

1. Минимизация образования твердых отходов, а также, по возможности, регенерация, переработка и повторное использование.
2. Раздельный сбор и промежуточное хранение компонентов отходов у источника образования для того, чтобы сделать возможным соответствующее обращение с остальными отходами
3. Сжигание всех неопасных органических отходов (кора, опилки, отходящий шлам и т.д.) в котлах соответствующих конструкций с получением энергии в случае, когда собранные отходы повторно не используется в технологическом цикле.
4. Утилизация отходов в виде их перенаправления на предприятия других отраслей, таких как лесное хозяйство, сельское хозяйство и др. для использования.

Количество твердых отходов, которое может быть образовано при сульфатной варке целлюлозы при обеспечении НДТ в среднем составляет 15-45 кг/т воздушно сухой целлюлозы.

ЦБП является энергоемким производством. Большая часть энергии расходуется на обогрев различных жидкостей и для испарения воды. Тепловая энергия используется также для ускорения или контроля химических реакций. Электрическая энергия в основном расходуется для транспортирования материалов (перекачивания) и для работы бумагоделательной машины (только на интегрированных заводах).

Для того чтобы уменьшить потребление свежего пара и электроэнергии, а также увеличить выработку пара и электроэнергии внутреннего потребления предлагаются следующие энергосберегающие меры, обеспечивающие внедрение НДТ:

1. Меры по высокой рекуперации тепла и низкому потреблению тепла:
  - высокое содержание сухих твердых веществ в черном щелоке;
  - высокая эффективность паровых котлов;
  - эффективная вторичная система нагрева;
  - замкнутая система водоснабжения;
  - относительно замкнутый процесс отбеливания;
  - высокая концентрация целлюлозы;
  - предварительная сушка извести;
  - использование вторичного тепла для обогрева зданий;
  - эффективный контроль процесса.
2. Меры для низкого потребления электроэнергии:
  - высокая концентрация целлюлозы;
  - управление скоростью различных двигателей;
  - эффективные вакуумные насосы;
  - правильное определение параметров труб, насосов и вентиляторов.
3. Меры обеспечения высокой производительности выработки электроэнергии:
  - высокое давление в варочном котле;

**Справочно**  
По данным Росстата на 2012 г. в общем объеме обрабатывающих производств образования отходов ЦБП России составил 2 % (6,1 млн. т).

- обеспечение как можно более низкого технически допустимого давления выходного пара в турбине с противодавлением;
- конденсационная турбина для производства энергии за счет избыточного пара;
- высокий КПД турбины;
- предварительный прогрев воздуха и топлива, поступающего в котел.

Потребление тепло- и электроэнергии энергоэкономичными предприятиями по производству сульфатной целлюлозы и бумаги в Справочнике представлено следующим образом:

- Неинтегрированные предприятия по производству блененной сульфатной целлюлозы: технологического тепла – 10–14 ГДж/т (среднесуточный выход продукта в тоннах) и электроэнергии – 0,6–0,8 МВт·ч/т;
- Интегрированные предприятия по производству блененной сульфатной целлюлозы и бумаги: технологического тепла – 14–20 ГДж/т и электроэнергии 1,2–1,5 МВт·ч/т.

Указанные выше меры по снижению сбросов/выбросов, образованию отходов и потреблению энергии при правильной их комбинации дают возможность предприятиям по производству целлюлозы одновременно достигнуть хороших экологических и экономических показателей. Все меры имеют свои преимущества и недостатки. Так, сухая окорка древесины позволяет значительно снизить сбросы в воду, например, уменьшение расхода воды в диапазоне 5–10 м<sup>3</sup>/т снижает общее содержание взвешенных веществ (ОСВВ) в диапазоне 2–10 кг/т, а общая нагрузка ХПК может быть снижена до 10 %. При этом, потребление энергии увеличивается за счет функционирования окорочного барабана в режиме сухой окорки. С другой стороны, поскольку кора имеет низкую влажность, при её сжигании можно получить значительное количество дополнительной энергии.

Следует также обратить внимание, что некоторые предложенные меры дешевле внедрять при строительстве новых заводов, чем при модернизации старых. Так, инвестиционные затраты на замкнутую систему промывки по данным европейского Справочника по НДТ в ЦБП на новых заводах составляют, как правило, 4–6 млн. евро, а на существующих заводах – 6–8 млн. евро.

Понятие «наилучших доступных технологий» не является новым для целлюлозно-бумажной промышленности. Ещё в 2004 г. под руководством Российской Ассоциации организаций и предприятий целлюлозно-бумажной промышленности РАО «Бумпром» была создана программа разработки системы технологического нормирования на основе наилучших существующих технологий для российских ЦБП. В рамках данной программы были предложены технологические нормативы, запланированные к внедрению в рамках пилотного проекта для четырех предприятий целлюлозно-бумажной промышленности в различных регионах России. РАО «Бумпром» была организована разработка базовых документов по применению нормативно-правовой базы стран-членов ЕС с развитой целлюлозно-бумажной промышленностью, а также проведена ее адаптация к условиям работы российской ЦБП. В ходе этой работы были разработаны и выпущены:

1. Научное обоснование необходимости перехода на систему технологического нормирования по интегрированным показателям.
2. Сборник наилучших существующих технологий (НСТ) для основных видов продукции целлюлозно-бумажной промышленности.
3. Сборник технологических нормативов сбросов, выбросов и образования твердых отходов на основе использования НСТ для основных видов целлюлозно-бумажной продукции.
4. Методические указания по использованию технологических нормативов в целлюлозно-бумажной промышленности России, а также по подготовке материалов для получения разрешений на природопользование.

К сожалению, в конце 2004 года, в связи с административной реформой и передачей функций разрешительных процедур Ростехнадзору, подготовленная РАО «Бумпром» программа не получила развития.

Несмотря на это российские целлюлозно-бумажные предприятия активно внедряют НДТ. Широко известна природоохранная деятельность Группы «Илим», ОАО «Монди СЛПК», Архангельского, Соликамского, Соломбальского комбинатов. Даже учитывая тот факт, что система технологического нормирования на основе наилучших доступных технологий в нашей стране пока не действует, работа компаний по внедрению НДТ дает свои результаты, и на указанных предприятиях по ряду показателей отдельные нормативы уже достигнуты и выполняются (данные РАО «Бумпром»).

Отдельно остановимся на предприятиях группы «Илим» и Архангельском ЦБК, которые активно внедряют НДТ на своих предприятиях. Рассмотрим примеры внедрения мер по сокращению сбросов загрязняющих веществ в воду, выбросов в атмосферу и твердых отходов рекомендованных в Справочнике по НДТ в ЦБП при производстве сульфатной целлюлозы.

В состав ОАО «Группа «Илим» входит три целлюлозно-бумажных комбината (филиала): в Коряжме, Братске и Усть-Илимске. Доля предприятий группы «Илим» в общероссийском производстве товарной целлюлозы превышает 66 %, в выпуске российского картона составляет более 24 %, а в общем объеме производства бумаги в России составляет около 6 %. В 2012 г. ОАО «Группа «Илим» направила на выполнение природоохранных мероприятий, нацеленных на снижение воздействия производственной деятельности на окружающую среду, а также на предотвращение аварийных ситуаций около 5,2 млрд. руб. Вместо углеродного топлива в Группе «Илим» в 2012 г. было сожжено 1,8 млн. т кородревесных отходов, что позволило предотвратить выброс в атмосферу 900 тыс. т парникового газа CO.

В филиале в Братске в 2012 г. при строительстве новой целлюлозной линии была предусмотрена установка современной системы для сбора дурнопахнущих газов, образующихся в процессе производства. Эти газы будут сжигаться в новом содорегенерационном котле. Запуск новых мощностей в филиале в Братске позволит значительно (более чем на 60 %) снизить выбросы в атмосферу сероводорода, двуокиси серы, диметилсульфида и т.д. На это было выделено около 1,8 млрд. руб. Для сравнения в Справочнике по НДТ в ЦБП приведена сумма 8–11 млн. евро.

Кроме этого на Братском ЦБК для отбелики используются реагенты с низким содержанием хлора: вместо молекулярного хлора – двуокись хлора (ЕСФ отбеливание). Использование двуокиси хлора в производственном процессе в 5–6 раз снизит содержание хлора в стоках.

В филиале компании «Илим» в г. Усть-Илимске в 2012 г. выделено около 12 млн. долларов на реализацию мероприятий, направленных на снижение сброса загрязняющих веществ в стоки. В частности, установлен комплект оборудования для снижения сбросов загрязняющих веществ в стоки и проведена модернизация промывного оборудования первого потока варочно-промывного цеха с переводом ступени хлорирования цеха отбелики на среднюю концентрацию. Эти мероприятия позволили снизить сброс в воду взвешенных веществ на 19 %, фенолов на 52 %, сероводорода на 16 %.

Затраты ОАО «Архангельский ЦБК» на выполнение природоохранных мероприятий в 2012 г. составили 654,2 млн. руб. К реализованным мерам Архангельского ЦБК, направленным на внедрение НДТ, можно отнести:

- сухую окорку древесины (затраты составили около 2 млрд. руб., в Справочнике по НДТ в ЦБП указана сумма 15 млн. евро),
- сжигание органических веществ в специальных котлах с получением тепловой энергии



(с переводом на сжигание кородревесных отходов и осадка биологической очистки сточных вод по технологии «кипящего слоя»);

- использование возобновляемых ресурсов в виде топлива;
- использование эффективных электрофильтров;
- отбелку без использования молекулярного хлора с низким содержанием АОХ в стоках на производстве целлюлозы;
- установку центрифуги для обезвоживания шлама зеленого щелока
- очистку дымовых газов СРК с помощью эффективных электрофильтров, снижающих выбросы пыли.

Экономическая эффективность внедрения сухой окорки древесины составила 80 млн. руб./год за счет отказа от водопотребления на участке окорки древесины и, как следствие, необходимости очищать воду.

Отбелка реагентами с низким содержанием хлора привела к снижению содержания хлорорганических веществ в сбросах на 15 %.

Использование эффективных электрофильтров (на содорегенерационном котлах и на котлах по сжиганию коры) повысило эффективность очистки, обеспечило снижение выброса пыли и пр. взвешенных частиц в атмосферу, в том числе сокращение выбросов частиц сульфата натрия на 70 %. Затраты на их установку составили около 220 млн. руб., в Справочнике по НДТ в ЦБП указана сумма 4–5 млн. евро.

На официальном сайте Архангельского ЦБК приведены данные, что в период с 2003 по 2012 гг. валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух снизились на 21 %, потребление свежей воды – на 16 %, валовый сброс загрязняющих веществ в водоем – на 52 %, водоотведение – на 19 %.

Следует отметить, что помимо практического применения мер внедрения НДТ на Российских ЦБК в нашей стране уже несколько лет проводятся и научно-исследовательские работы в этой сфере. В частности, одним из первых в РФ анализ природоохранной деятельности предприятий ЦБП с использованием системы технологического нормирования и рекомендованных нормативов для технологий и оборудования ЦБП Европейского сообщества начал проводить Институт экологических проблем Севера Уральского отделения Российской Академии Наук (ИЭПС УрО РАН) совместно, в том числе, с ОАО «Архангельский ЦБК». Проведенные ими исследования показали, что сброс загрязняющих веществ со сточными водами производства сульфатной целлюлозы на ОАО «Архангельский ЦБК», за исключением объема сточных вод и сброса взвешенных веществ,

соответствует уровню сброса загрязняющих веществ в производствах на основе НДТ по всем показателям, и только по БПК и общему азоту незначительно превышает. По количеству выбросов в атмосферу по показателям удельное содержание серы и удельный выброс оксидов азота ОАО «Архангельский ЦБК» соответствует норме для производств на основе НДТ. Уровень выбросов соединений восстановленной серы превышает установленные для НДТ в два раза, а выбросов пыли – более чем в пять.

Всё вышесказанное говорит о том, что наилучшие доступные технологии для Российских ЦБП являются объективной реальностью. И хотя в свое время идеи о рассмотрении ЦБП как пилотной отрасли

для внедрения современных принципов экологического нормирования на основе НДТ в РФ не имели законодательной поддержки, крупные предприятия отрасли планомерно проводят мероприятия по внедрению НДТ.

В сентябре этого года на заседании Межведомственного совета по переходу на принципы наилучших доступных технологий и внедрению современных технологий в г. Братске было поддержано предложение ОАО «Группа «Илим» о проведении в 2015 г. пилотного проекта по технологическому нормированию стоков на основе НДТ с использованием унифицированного перечня основных загрязняющих веществ для ОАО «Архангельский ЦБК» и для филиалов ОАО «Группа «Илим» в г. Коряжме и г. Братске как для предприятий, внедривших НДТ.

Пилотный проект имеет существенную значимость, поскольку на сегодняшний день после проведения модернизации производств, проведенных на предприятиях, отсутствуют критерии, позволяющие оценить достаточность внедренных НДТ для снижения воздействия на окружающую среду до приемлемого риска.

Целями пилотного проекта являются:

- Экспериментальное подтверждение правильности выводов и решений о необходимости гармонизации российского природоохранного законодательства в части нормирования сброса загрязняющих веществ со сточными водами в водные объекты с аналогичными нормами, установленными правовыми актами ЕС, для повышения конкурентоспособности российских предприятий ЦБП на рынке;
- Подготовка к внедрению положений Федерального закона от 21.07.2014 № 219–ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»;
- Получение представления о приемлемости риска для окружающей среды и здоровья населения при экологическом нормировании на основе технологических нормативов в соответствии с «Основными государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденными Президентом РФ 30.04.2012 г.

Задачи пилотного проекта:

- Сбор информации, необходимой для разработки этапов практического внедрения технологического нормирования на основе НДТ в соответствии с Федеральным законом от 21.07.2014 № 219–ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»;
- Подтверждение достаточности перечня показателей для ЦБП при осуществлении государственного экологического надзора, производственного экологического контроля, нормирования в области охраны окружающей среды;
- Подтверждение неизменности экологического риска для водного объекта при изменении/смене системы нормирования в области охраны окружающей среды.

Предлагаемый пилотный проект включает в себя:

*Во-первых*, введение унифицированного подхода к предприятиям целлюлозно-бумажной отрасли при определении перечня загрязняющих веществ, для которых устанавливаются нормативы сброса в водные объекты. До 2019 г. будет установлен перечень из 11 показателей:

1. ХПК
2. БПК 5
3. ВВ

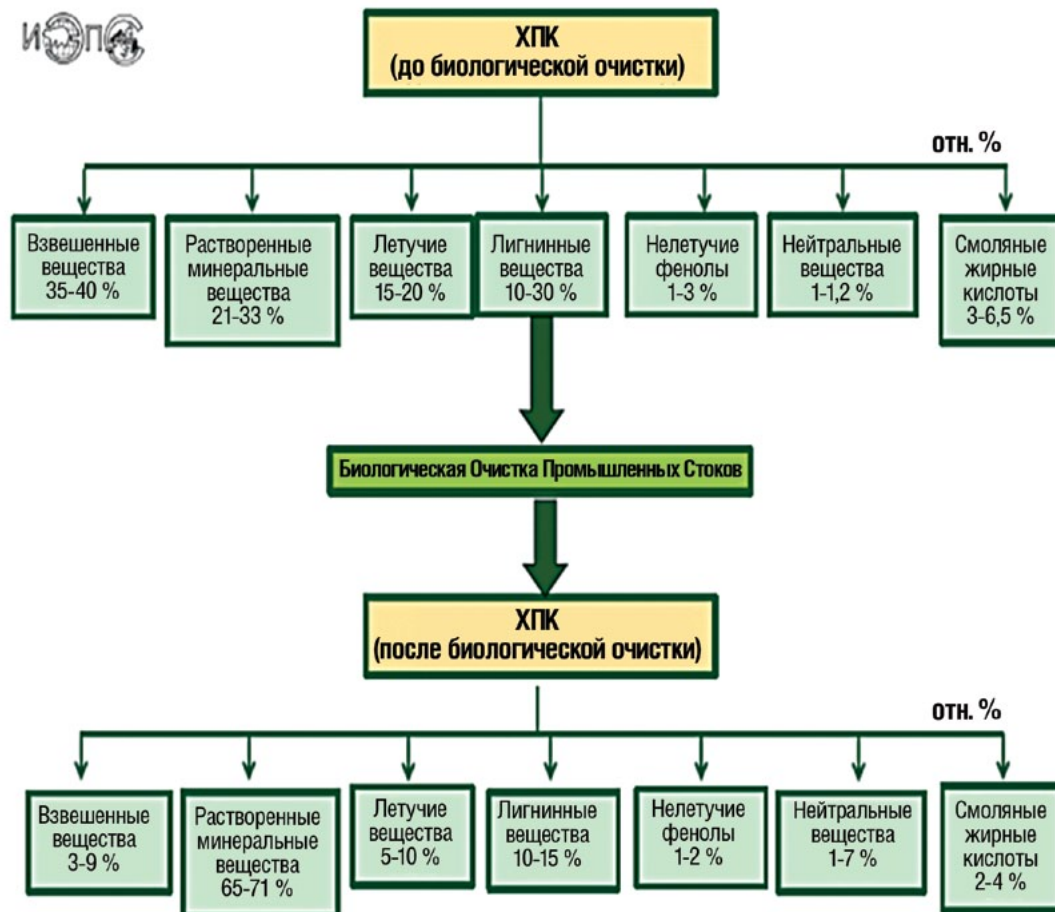


4. Аммоний-ион
5. Нитрат-ион
6. Нитрит-ион
7. Фосфаты (в пересчете на фосфор)
8. Фенол
9. Метанол
10. СПАВ
11. Нефтепродукты

Во-вторых, Апробирование системы технологического нормирования качества сточных вод, сбрасываемых в водный объект после очистки с использованием следующих маркерных показателей:

1. ХПК
2. БПК 5
3. ВВ

Рисунок 3 – Интегральный показатель ХПК для сточных вод ЦБП



Для оценки качества сточных вод в пилотном проекте предлагается перечень приоритетных интегральных показателей, аналогичный перечню ЕС. Показатель БПК 5, взвешенные вещества, азот общий (азот аммонийный, нитратный, нитритный), фосфор общий (фосфаты) характеризуют эффективность работы очистных сооружений. Показатель АOX характеризует экологичность технологии отбели. Особое внимание в проекте уделяется показателю «химическое потребление кислорода» (ХПК). ХПК представляет собой показатель, характеризующий суммарное содержание в воде загрязняющих веществ по количеству израсходованного на окисление химически связанного кислорода. При исследовании сточных вод целлюлозно-бумажного производства установлено, что показатель ХПК характеризует содержание всех загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах предприятий данной отрасли, а также характеризует уровень применяемых технологий (рисунок 3).

Институтом экологических проблем Севера Уральского отделения Российской Академии Наук научно обоснована возможность применения показателя ХПК в качестве интегрального приоритетного показателя. На практике доказана возможность введения международных правил и подходов для нормирования сбросов загрязнений ЦБП России и определения экологической эффективности внедрения наилучших доступных технологий.

В Европе норматив ХПК в 4 раза выше, чем в России, так как риск для водного объекта считается приемлемым, то есть при сбросе в водный объект стоков с такой концентрацией не нарушаются механизмы самовосстановления, самоочищения водного объекта, не происходит угнетения жизнедеятельности водных биоресурсов (таблица 3). В качестве допустимых эмиссий в окружающую среду заложена техническая и технологическая возможность достижения таких показателей.

Таблица 3

| Показатель  | EU-BAT*                     | BAT**                   | НДС                    | ПДК                       |
|-------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| ХПК/<br>COD | 160-460 мгO <sub>2</sub> /л | 400 мгO <sub>2</sub> /л | 40 мгO <sub>2</sub> /л | 15-30 мгO <sub>2</sub> /л |

\* EU-BAT – Директива IPPC;

\*\* International Finance Corporation World Bank Group Environmental, Health, and Safety Guidelines. Pulp and Paper Mills.

Как уже указывалось, в России в основу нормирования заложены нормативы качества окружающей среды – ПДК, в частности, нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, которые характеризуют пригодность ее для обитания водных биологических ресурсов и обеспечивают безопасность продукции из них. Рыбохозяйственные ПДК – это показатели состава и свойств естественного природного состояния воды поверхностных водных объектов, не затронутых антропогенным воздействием. Однако в развитых странах нет водных объектов, не затронутых антропогенным воздействием. Поэтому наиболее оптимальным при установлении технологических нормативов представляется введение дополнительного контроля токсичности стоков. В соответствии с Приказом Росрыболовства от 04.08.2009 № 695 «Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» в общих требованиях к составу и свойствам воды водных объектов рыбохозяйственного значения указано, что сточная вода на выпуске в водный объект не должна

оказывать острого токсического действия на тест-объекты, вода водного объекта в контрольном створе не должна оказывать хронического токсического действия на тест-объекты.

Поэтому, *в-третьих*, пилотный проект предполагает проведение биотестирования не менее чем на двух тест-объектах из разных систематических групп с применением аттестованных методик для подтверждения отсутствия токсичности сбросов.

В качестве экспертов проверки хода реализации пилотного проекта будут приглашены специалисты в области технологического нормирования (ИЭПС УрО РАН), экологического надзора и экологического нормирования (ТО Росприроднадзора, Росводресурсов, Росгидромета, Росрыболовства, Роспотребнадзора) и технологий (РАО «Бумпром»).

Проведение пилотного проекта не потребует расходов, покрываемых за счет федерального бюджета, однако позволит:

1. Снизить затраты на государственный экологический надзор;
2. Снизить трудозатраты работников органов исполнительной власти в сфере природопользования и окружающей среды при рассмотрении обосновывающей документации предприятий и выдаче разрешений;
3. Апробировать механизм установления технологических нормативов до введения в действие порядка выдачи комплексных экологических разрешений (до 2019 г.);
4. Подтвердить допустимость воздействия норм, установленных на основе технологических нормативов, на водный объект методами биотестирования.

Результаты, полученные в пилотном проекте, должны показать возможность применения технологического нормирования на основе НДТ для предприятий ЦБП России.

В результате реализации пилотного проекта возможна разработка стандарта, определяющего порядок определения технологических нормативов для оценки качества сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий Российской Федерации с учетом требований действующего законодательства.

Возвращаясь к Федеральному закону Российской Федерации от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации», необходимо отметить, что новация этого ФЗ призвана использовать опыт Евросоюза по нормированию воздействий на окружающую среду от промышленных предприятий на основе Директивы IPPC.

При этом необходимо учитывать, что ФЗ № 219 не является законом прямого действия – большая часть его норм предполагает разработку нормативно-правовых и нормативно-технических документов, например, справочников по НДТ (в частности, в ЦБП).

Кроме того, должны быть законодательно установлены меры экономического стимулирования внедрения НДТ, такие как:

1. Налоговые льготы для предприятий, внедряющих НДТ (отмена НДС на всё закупаемое за рубежом технологическое оборудование и запчасти к нему, отмена налогов на прибыль на срок окупаемости проектов по внедрению НДТ);
2. Сокращение выплат за негативное воздействие;
3. Субсидирование из федерального бюджета процентных ставок за кредиты.

К перечню технологического оборудования, указанному в пункте 1, необходимо отнести как минимум следующее оборудование:

- Оборудование для сухой окорки;

- Оборудование для модифицированной непрерывной и периодической варки (МСС – модифицированной непрерывной варки, ЕМСС – длительной модифицированной непрерывной варки и ИТС – изотермической варки и др.);
- Агрегаты для дополнительной ступени кислородной делигнификации;
- Промывное оборудование до- и послекислородной делигнификации;
- Фильтры давления (СВ-фильтры);
- Электрофильтр со степенью очистки 99 %;
- Выпарные станции;
- Оборудование для двухступенчатой кислородно-щелочной обработки;
- Содорегенерационные котлы;
- Отбельные установки непрерывного действия;
- Известерегенерационные печи;
- Эффективные вакуумные насосы;
- Диффузоры непрерывного действия;
- Пресс-промыватели;
- Вакуум-фильтр;
- Каустизаторы;
- Буферные емкости;
- Высокопроизводительные дисковые фильтры для повторных и оборотных вод;
- Котлы высокого давления для совместного сжигания древесных отходов и осадка сточных вод в кипящем слое.

Подготовка нормативного обеспечения (справочника по НДТ в ЦБП) и законодательное внедрение мер экономического стимулирования позволит российским целлюлозно-бумажным предприятиям эффективно модернизировать производства, внедряя меры по сокращению воздействия на окружающую среду, направленные на обеспечение НДТ, и окончательно перейти от стратегии «конца трубы» к стратегии «предотвращения загрязнений», добиваясь высокой экологической и экономической эффективности. Это, в свою очередь, позволит обеспечить инновационное развитие российского ЦБП за счет высокоэффективной глубокой переработки древесины и производства новых видов продуктов, в том числе, биотехнологических. Совокупность этих мер должна обеспечить вхождение России в число передовых производителей целлюлозно-бумажной продукции в мире.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. АРХАНГЕЛЬСКИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫЙ КОМБИНАТ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.appm.ru/> (18.04.2014).
2. Группа Илим. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ilmgroup.ru/> (18.04.2014).
3. Российская Ассоциация организаций и предприятий целлюлозно-бумажной промышленности РАО «Бумпром». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bumprom.ru/> (18.04.2014).
4. REFERENCE DOCUMENT ON BEST AVAILABLE TECHNIQUES IN THE PULP AND PAPER INDUSTRY. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://eirpcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/PPM\\_BREF\\_1201.PDF](http://eirpcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/PPM_BREF_1201.PDF) (18.04.2014).
5. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям в целлюлозно-бумажной промышленности. Краткий обзор. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.airgovernance.eu/pdf/REFERENCE\\_DOCUMENT\\_ON\\_BEST\\_AVAILABLE\\_TECHNIQUES\\_IN\\_THE\\_PULP\\_AND\\_PAPER\\_INDUSTRY\\_EXECUTIVE\\_SUMMARY\\_RU.PDF](http://www.airgovernance.eu/pdf/REFERENCE_DOCUMENT_ON_BEST_AVAILABLE_TECHNIQUES_IN_THE_PULP_AND_PAPER_INDUSTRY_EXECUTIVE_SUMMARY_RU.PDF) (18.04.2014).
6. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИИ – 2012 Г. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b12\\_54/main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_54/main.htm) (18.04.2014).
7. Личутина Т. Ф., Боголицын К. Г., Гусакова М. А. Комплексная оценка негативного воздействия на окружающую среду предприятий ЦБП в соответствии с технологическими нормативами Европейского Сообщества // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2011. – № 8. – С. 52–62.

8. Экологическая оценка производства продукции на целлюлозно-бумажных предприятиях бассейна р. Северная Двина в соответствии с требованиями Европейского сообщества / Т. Ф. Личутина, М. А. Гусакова, И. В. Мискевич [и др.] // Известия вузов. Лесной журнал. – 2011. – № 1. – С. 84–89.

9. Личутина Т. Ф., Боголицын К. Г., Гусакова М. А. Экологическая оценка деятельности предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Перспективные направления утилизации отходов // Российский химический журнал. – 2011. – Т. LV, № 1. – С. 101–107/

10. Гермер Э. И. Современная концепция экологического нормирования технологических процессов ЦБП и возможные пути ее реализации в России. 1. О проекте новой системы экологического нормирования – предпосылки его появления и концептуальные решения; проблемы, оставшиеся за рамками проекта // Известия вузов. Лесной журнал. – 2008. – № 2. – С. 108–117.

11. Боголицын К. Г., Соболева Т.В., Гусакова М. А. , Почтовалова А.С., Личутина Т. Ф. Научные основы эколого-аналитического контроля промышленных сточных вод ЦБП. Екатеринбург 2010 – С. 60-108

## Наилучшие доступные технологии для первичной переработки нефти

В.В. Булатников – главный технолог ОАО «ВНИИ НП», к.т.н.

Е.И. Выбойченко – первый заместитель директора ФГУП «ВНИИ СМТ», к.т.н.

А.А. Бражников – инженер отдела 140 ФГУП «ВНИИ СМТ»



Нефтеперерабатывающая промышленность России – отрасль российской промышленности, играющая важную роль в экономике (см. таблицу 1)<sup>[1]</sup>.

Таблица 1 – Роль нефти и газа в экономике России

| Отрасль промышленности                          | Доля в валовой добавленной стоимости, % | Доля в валовом внутреннем продукте, % |
|---|---|---------------------------------------|
| Производство нефтепродуктов; производство кокса | 3,6                                     | 3,1                                   |
| Добыча сырой нефти и природного газа            | 7,9                                     | 6,8                                   |
| Всего   | 11,5                                    | 9,9                                   |

В России действуют более 30 крупных нефтеперерабатывающих предприятий с общей мощностью переработки нефти, указанной в таблице 2<sup>[2]</sup>.

Таблица 2 – Производственные показатели нефтеперерабатывающей промышленности России

| Показатель                               | 2013 г. | В % к 2012 г. |
|--|---------|---------------|
| Объем добычи нефти, млн т                | 522,9   | 101,1         |
| Объем первичной переработки нефти, млн т | 278,2   | 102,7         |

Нефтеперерабатывающая промышленность России производит разнообразные продукты, основные из которых приведены на рисунке 1<sup>[3]</sup>, динамику производства и себестоимости можно оценить, используя диаграммы на рисунках 2 и 3 соответственно<sup>[1]</sup>.

Рисунок 1 – Основные продукты переработки нефти

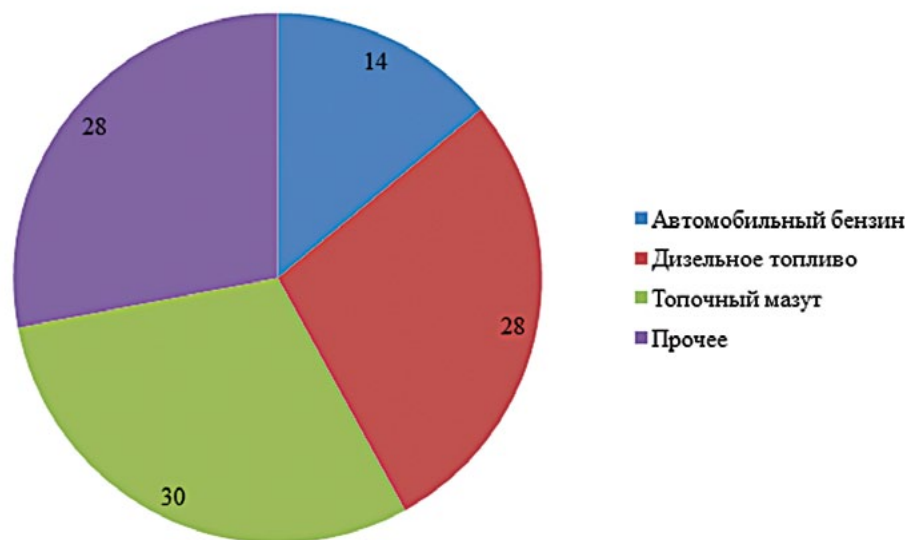


Рисунок 2 – Производство нефтепродуктов в России

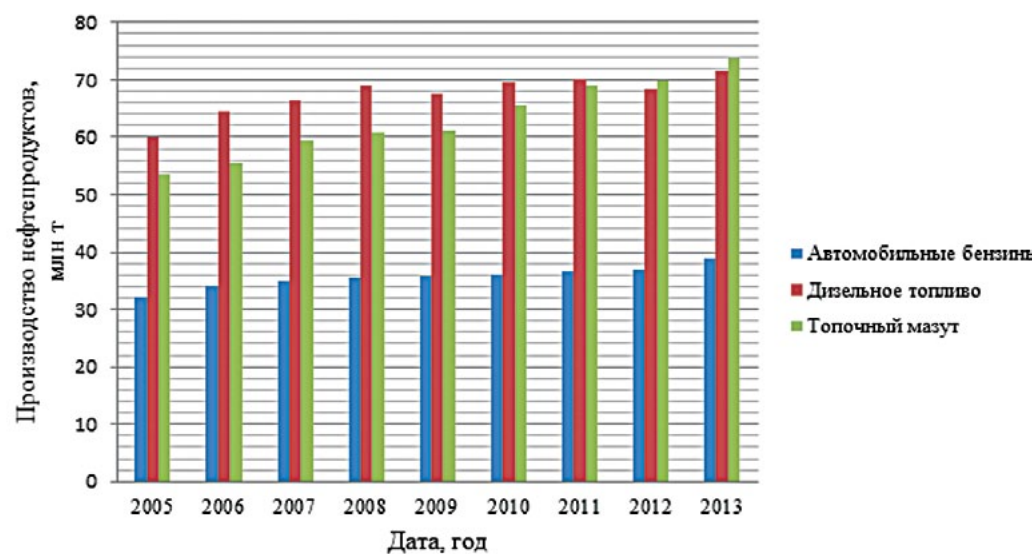
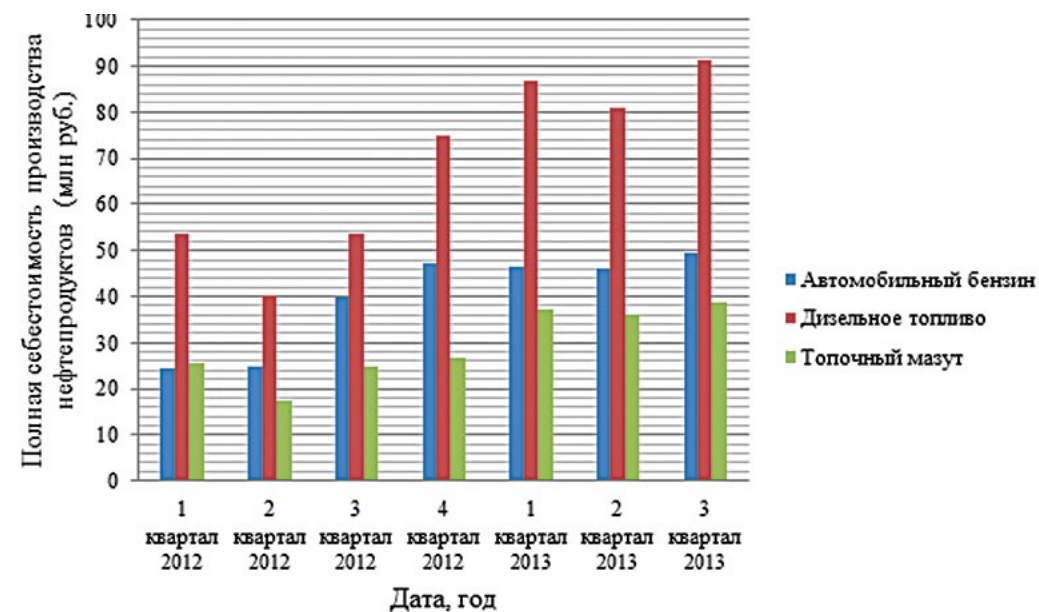


Рисунок 3 – Динамика себестоимости основных продуктов переработки нефти в России



Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) являются промышленными объектами, которые перерабатывают огромные количества сырья, при этом интенсивно потребляя энергию и воду. При процессах переработки образуются выбросы в атмосферу и воду, а также твердые отходы. На рисунке 4 показан упрощенный пример потребляемых ресурсов и образующихся отходов, а также указаны основные типичные загрязняющие вещества из более чем 90 соединений, которые могут образовываться в результате процессов нефтепереработки и других видов деятельности НПЗ. Низкие значения диапазонов относятся к НПЗ, применяющим эффективные методы борьбы с выбросами, в то время как высокие значения обычно соответствуют НПЗ, не применяющим такие методы<sup>[4]</sup>. Информация о выбросах в атмосферу при производстве кокса и нефтепродуктов в России показана на рисунках 5 и 6<sup>[1]</sup>.

НПЗ представляет собой совокупность технологических установок, а также вспомогательных и обслуживающих служб, обеспечивающих нормальное функционирование предприятия и производства нефтепродуктов. Основные типы установок переработки нефти приведены в таблице 3.

Рисунок 4 – Пример потребляемых ресурсов и образующихся загрязняющих веществ на НПЗ

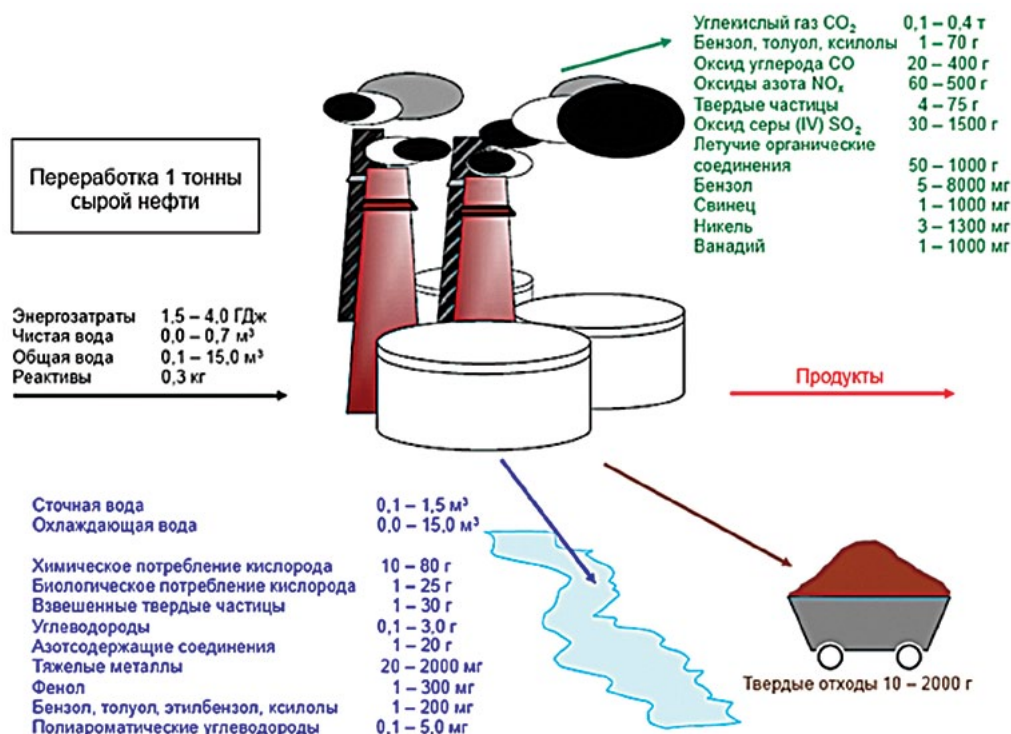


Рисунок 5 – Выбросы в атмосферу при производстве кокса и нефтепродуктов в России

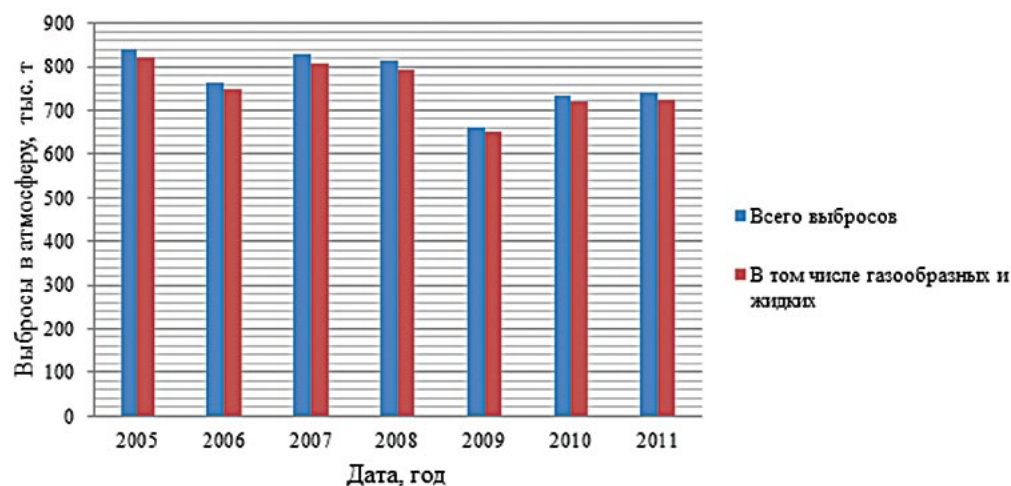


Рисунок 6 – Выбросы наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ при производстве кокса и нефтепродуктов в России

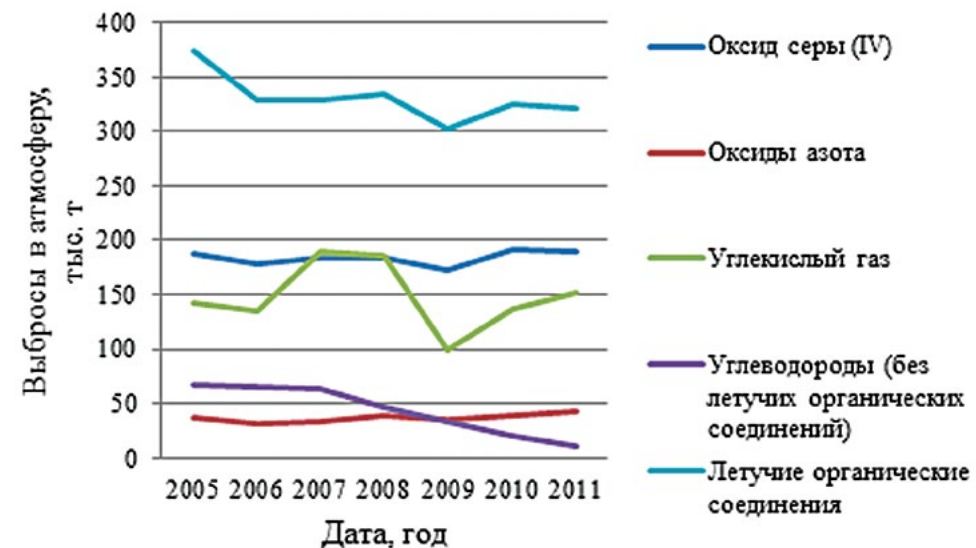


Таблица 3 – Основные типы установок переработки нефти

| Установка           | Тип установки   | Оборудование  | Применение                       |
|---------------------|---|---|----------------------------------|
| Обессоливание       | Горизонтальные электродегидраторы с полем переменного тока                                | Насосы<br>Смесители<br>Теплообменники   | Широко                           |
|                     | <b>Электродинамический электродегидратор двойной полярности с полями переменного тока</b> | Электродегидраторы<br>Сепаратор<br>Емкости  | Широко (в России не применяется) |
| Первичная перегонка | АТ  | Колонна предварительного испарения<br>Трубчатые печи<br>Атмосферная колонна<br>Вакуумная колонна<br>Теплообменники<br>Отпарные колонны<br>Сепараторы<br>Конденсатор-холодильник<br>Эжектор<br>Емкости | Широко                           |
|                     | ВТ  |   |                                  |
|                     | <b>АВТ</b>  |   |                                  |

(Продолжение таблицы 3)

| Установка                | Тип установки                                | Оборудование  | Применение   |
|--------------------------|--|---|--|
| Изомеризация             | Высокотемпературная                          | Реакторы<br>Стабилизационная колонна  | Практически не используется  |
|                          | Среднетемпературная                          | Сепараторы  | Широко   |
|                          | Низкотемпературная                           | Насосы<br>Теплообменники<br>Конденсатор<br>Ректификационная колонна<br>Емкости              | Широко   |
| Каталитический крекинг   | Со стационарным слоем катализатора           | Печь<br>Реактор<br>Регенератор  | Не используется  |
|                          | <b>С движущимся слоем катализатора</b>       | Ректификационные колонны<br>Сепараторы<br>Теплообменники<br>Конденсаторы<br>Компрессоры     | Выходят из употребления. В России из 16 установок действует 10 с движущимся слоем катализатора |
|                          | <b>С псевдооживленным слоем катализатора</b> | Насосы<br>Емкости   | Наиболее распространен   |
| Каталитический риформинг | Со стационарным слоем катализатора           | Печь<br>Реакторы<br>Регенератор<br>Стабилизационная колонна                                 | Используется, модернизируется в установки с движущимся слоем катализатора                      |
|                          | С движущимся слоем катализатора              | Сепараторы<br>Теплообменники<br>Конденсаторы<br>Компрессоры<br>Насосы<br>Емкости            | Широко используется  |
| Алкилирование            | Сернокислотное                               | Печь<br>Реактор   | Широко используется  |
|                          | <b>Фтористоводородное</b>                    | Регенератор<br>Ректификационные колонны<br>Адсорберы<br>Теплообменники<br>Насосы<br>Емкости | Широко используется  |

(Продолжение таблицы 3)

| Установка   | Тип установки  | Оборудование  | Применение                               |
|---|--|---|--|
| Этерификация  | Производство МТБЭ  | Реакторы<br>Ректификационные колонны  | Широко используется                      |
|   | Производство ЭТБЭ  | Теплообменники<br>Сепараторы<br>Смеситель<br>Емкости  | Широко используется                      |
| Висбрекинг  | Установка печного висбрекинга                              | Печь<br>Реакционная камера  | Используется мало                        |
|   | <b>Установка висбрекинга с выносной камерой</b>            | Ректификационная колонна<br>Отпарная колонна<br>Теплообменники<br>Холодильники<br>Насосы<br>Емкости | Используется мало                        |
| Коксование  | Замедленное коксование                                     | Печь<br>Реакторы  | Наиболее распространено                  |
|   | Непрерывное коксование (флюидкокинг)                       | Ректификационная колонна<br>Отпарная колонна<br>Скруббер  | Распространено (в России не применяется) |
|   | Непрерывное коксование с газификацией кокса (флексикокинг) | Теплообменники<br>Конденсаторы<br>Холодильники<br>Насосы<br>Емкости                                 | Распространено (в России не применяется) |
| <i>Примечание – Полужирным шрифтом выделены наиболее перспективные процессы с экономической и экологической точки зрения.</i> |  |   |  |

#### УСТАНОВКА ЭЛОУ-АВТ

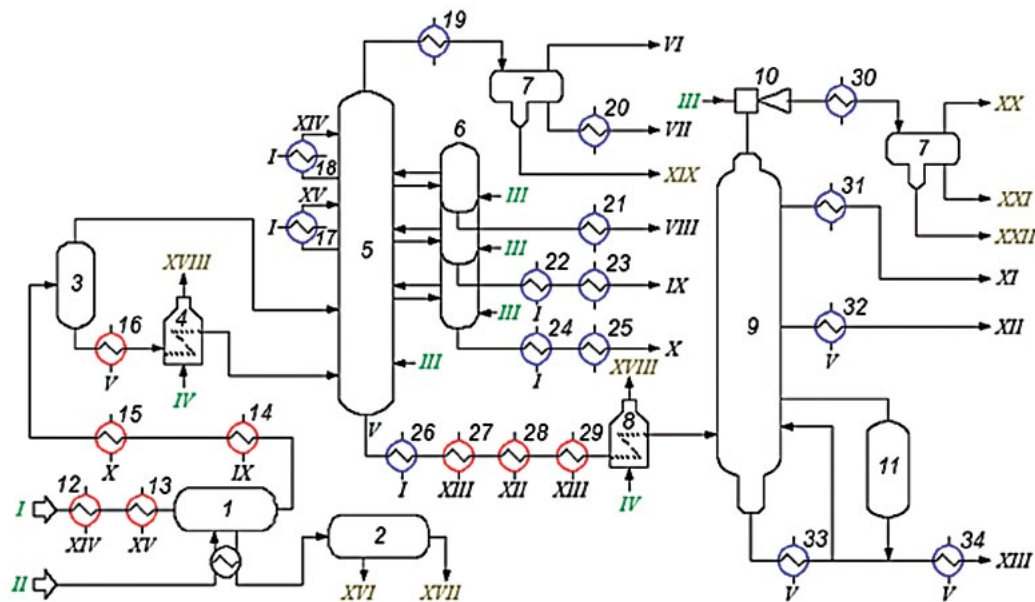
Установка ЭЛОУ-АВТ, предназначенная для первичной переработки нефти, является комбинированной. Блок ЭЛОУ обеспечивает обезвоживание и обессоливание нефти, а блок АВТ – атмосферную и вакуумную перегонку.

Принципиальная технологическая схема установки ЭЛОУ-АВТ показана на рисунке 7<sup>[5]</sup>.

Сырая нефть содержит воду и разные неорганические соединения (растворимые в воде соли, песок, ил, ржавчину и другие твердые частицы, называемые донным осадком). Соли содержатся

преимущественно в виде растворенных или взвешенных кристаллов в воде, образующей эмульсию с нефтью. Примеси могут привести к засорению и коррозии аппаратов, участвующих в процессе переработки нефти. Кроме того, соли снижают активность многих катализаторов, используемых во вторичных процессах переработки, а соли натрия способствуют образованию углеродистых отложений (например, в печах).

Рисунок 7 – Принципиальная технологическая схема установки ЭЛОУ-АВТ



1 – установка электрообессоливания; 2 – напорный пластинчатый сепаратор с поперечным потоком; 3 – колонна предварительного испарения; 4, 8 – трубчатые печи; 5 – атмосферная колонна; 6 – отпарные колонны; 7 – конденсатор-холодильник; 9 – вакуумная колонна; 10 – эжектор; 11 – резервуар с промывочным нефтепродуктом; 12-16, 27-29 – теплообменники, в которых происходит нагревание основного потока потоком, номер которого указан под символом теплообменника; 17-26, 30-34 – теплообменники, в которых происходит охлаждение основного потока потоком, номер которого указан под символом теплообменника; I – сырая нефть; II – промывная вода из различных источников; III – водяной пар; IV – топливо для печей; V – остаток атмосферной перегонки; VI – неконденсируемые пары; VII – нестабильная бензиновая фракция; VIII – керосин; IX – легкая дизельная фракция; X – тяжелая дизельная фракция; XI – легкий вакуумный газойль; XII – тяжелый вакуумный газойль; XIII – остаток вакуумной перегонки; XIV – верхний контур циркуляционного орошения; XV – средний контур циркуляционного орошения; XVI – песок/шлам; XVII – сточные воды из установки электрообессоливания, направляемые в установку обработки сточных вод; XVIII – дымовые газы; XIX – сточные воды, направляемые в установку электрообессоливания; XX – отходящие газы; XXI – оставшаяся в остатке атмосферной перегонки дизельная фракция; XXII – кислая вода

Процесс обессоливания заключается в промывании сырой нефти водой при повышенной температуре и давлении для растворения и последующего удаления солей и других экстрагируемых водой соединений.

Сырую нефть после предварительного нагревания в теплообменниках (12, 13) до температуры 115 °С – 150 °С смешивают с водой (свежей и использованной в других процессах) для растворения и вымывания солей и подают в установку электрообессоливания. Эффективность удаления солей зависит от pH, плотности и вязкости сырой нефти, а также от объема промывной воды, используемой на единицу объема сырой нефти. Для коалесценции капель воды используют поля постоянного или переменного тока напряженностью от 15 до 35 кВ. На заводе может быть более одной установки электрообессоливания. Существуют также многоступенчатые установки электрообессоливания. Промывную воду XVII, содержащую растворенные углеводороды, нефть, растворенные соли и взвешенные твердые частицы, направляют на установки очистки сточных вод. Как правило донные отложения негативно влияют на последующие аппараты, поэтому установки электрообессоливания оснащают донной промывочной системой для удаления осажденных твердых частиц.

Обезвоженную и обессоленную нефть подают на атмосферно-вакуумную перегонку. Первичную перегонку нефти осуществляют на так называемых трубчатых установках (трубчатках).

Атмосферная трубчатка (АТ) является первым шагом переработки на нефтеперерабатывающем заводе. Сырую нефть нагревают в трубчатой печи (4) до температуры 300 °С – 400 °С и затем фракционируют в атмосферной колонне (5) при атмосферном давлении (или слегка повышенном), выделяя фракции в зависимости от требуемого диапазона кипения. Более тяжелые фракции, не испаряющиеся в колонне АТ, разделяют в вакуумной колонне при пониженном давлении, увеличивающем испаряемость и разделение без термического крекинга. Вакуумная трубчатка (ВТ) как правило является первым шагом переработки остатка атмосферной перегонки (мазута) перед последующими технологическими установками. Остаток атмосферной перегонки поступает в трубчатую печь (8), где нагревается до температуры приблизительно 400 °С, а затем фракционируется в вакуумной колонне (9) при давлении 4 – 10 кПа. На ВТ получают сырье для установок крекинга, коксования, производства битума и базового масла. Загрязняющие вещества из сырой нефти преимущественно остаются в гудроне – остатке вакуумной перегонки [4].

Выход продуктов на установках ЭЛОУ-АВТ зависит от состава сырой нефти. В таблице 4 приведен пример материального баланса установки атмосферно-вакуумной перегонки (в массовых процентах) при переработке сернистой (I) и малосернистой нефти (II) по масляному варианту.

Как видно из таблицы 4, из малосернистой нефти можно получить на 40 % больше бензиновой фракции и на 20 % больше дизельной фракции. Выход продуктов зависит также от технологической схемы установки и условий ее эксплуатации. Из одной и той же нефти на разных заводах и даже на одном и том же заводе на разных установках можно получить разное количество товарных продуктов [5].



Таблица 4 – Материальный баланс установки ЭЛОУ-АВТ, % масс.

|   | I     | II    |
|---|-------|-------|
| <b>Поступило</b>  |       |       |
| Нефть   | 100,0 | 100,0 |
| Итого   | 100,0 | 100,0 |
| <b>Получено</b>   |       |       |
| Газ (углеводороды C <sub>1</sub> – C <sub>4</sub> вкл.) | 1,0   | 1,1   |
| Бензиновая фракция (н.к.* – 140 °С)                     | 12,2  | 18,5  |
| Керосиновая фракция (140 °С – 240 °С)                   | 16,3  | 17,9  |
| Дизельная фракция (240 °С – 350 °С)                     | 17,0  | 20,3  |
| Легкий масляный дистиллят (350 °С – 400 °С)             | 7,0   | 8,3   |
| Средний масляный дистиллят (400 °С – 450 °С)            | 8,4   | 7,5   |
| Тяжелый масляный дистиллят (450 °С – 490 °С)            | 6,6   | 5,9   |
| Гудрон (выше 490 °С)                                    | 30,8  | 19,8  |
| Потери  | 0,7   | 0,7   |
| Итого   | 100,0 | 100,0 |
| * н.к. – Температура начала кипения, °С.                |       |       |

## БЛОК ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАНИЯ

### ПОТРЕБЛЕНИЕ РЕСУРСОВ

При первичной переработке для обессоливания сырой нефти можно использовать чистую воду и необработанную или частично обработанную воду из других процессов переработки нефти. В таблице 5 приведены типичные рабочие параметры установок электрообессоливания в зависимости от плотности используемой сырой нефти.

Таблица 5 – Типичные рабочие параметры процесса электрообессоливания

| Плотность сырой нефти, кг/м <sup>3</sup> при 15 °С | Количество промывочной воды на объем нефти, % об. | Температура нефти, °С |
|--|---|-----------------------|
| < 825  | 3 – 4   | 115 – 125             |
| 825 – 875  | 4 – 7   | 125 – 140             |
| > 875  | 7 – 10  | 140 – 150             |

После тщательного смешения воды и нефти отделяют воду от нефти. Это осуществляют при добавлении деэмульгаторов (5 – 10 ppm) для разрушения эмульсии и приложении электрического поля высокой напряженности для слипания полярных капель соленой воды. Потребление электроэнергии при обессоливании обычно колеблется от 0,075 до 0,15 кВт·ч/т нефти.

### Выбросы

#### Выбросы в атмосферу

При обессоливании не производится никаких значительных выбросов в атмосферу. Выбросы в атмосферу возможны при нагревании в результате утечки летучих углеводородов.

#### Образование твердых отходов

Количество шлама, образовавшегося при обессоливании сырой нефти, зависит от содержания твердых частиц в ней, эффективности разделения и применяемого режима и частоты удаления шлама. Обычно установки электрообессоливания очищают два раза в год. В зависимости от производительности и эффективности процесса захвата твердых частиц образуется 60 – 1500 т нефтешламов в год. Шлам может содержать ржавчину, глину, песок, воду (5 – 10 %), эмульгированную нефть, асфальтено-смолистые парафинистые отложения (20 – 50 % масс.) и металлосодержащие соединения.

#### Сточные воды

Установки электрообессоливания вносят значительный вклад в образование сточных вод (30 – 100 л/т обессоленного сырья). В процессе обессоливания образуется нефтешлам и поток сточных вод с температурой 115 – 150 °С (возможно это самый загрязненный поток сточных вод на НПЗ), который направляется в установки очистки сточных вод. Сточные воды содержат значительные количества загрязняющих веществ, которые невозможно удалить без надлежащей обработки. В таблице 6 приведены возможные диапазоны содержания загрязняющих веществ в сточных водах из установок электрообессоливания.

Таблица 6 – Пример состава сточных вод, образующихся в процессе обессоливания нефти

| Загрязняющее вещество                      | Типичная концентрация, мг/л |
|--|-----------------------------|
| Взвешенные вещества                        | 50 – 100                    |
| Растворенные углеводороды                  | 50 – 300                    |
| Фенолы                                     | 5 – 30                      |
| Бензол                                     | 30 – 100                    |
| Аммиак                                     | 50 – 100                    |
| Соединения азота (азот по Кьельдалю)       | 15 – 20                     |
| Сульфиды (в пересчете на H <sub>2</sub> S) | 10                          |

## БЛОК АТМОСФЕРНОЙ И ВАКУУМНОЙ ПЕРЕГОНКИ

### ПОТРЕБЛЕНИЕ РЕСУРСОВ

Установки атмосферной и вакуумной перегонки являются одними из самых энергопотребляющих установок на НПЗ, так как весь объем перерабатываемой сырой нефти должен быть нагрет до температуры приблизительно 350 °С. В общем потреблении энергии на нефтеперерабатывающем заводе как правило доминируют несколько процессов. Потребление энергии установками атмосферной и вакуумной перегонки составляет 35 % – 40 % от общего потребления энергии. Тепло от потоков продуктов атмосферной и вакуумной перегонки с повышенными температурами используется в последующих процессах. Потребляемые материалы и энергоносители для атмосферной и вакуумной перегонки приведены в таблице 7.

**Таблица 7** – Количество потребляемых материалов и энергоносителей, требуемые для установок атмосферной и вакуумной перегонки

| Установка  | Топливо для трубчатых печей, МДж/т нефти | Электроэнергия, кВт·ч/т нефти | Водяной пар, кг/т нефти | Охлаждающая вода, м <sup>3</sup> /т нефти (ΔТ = 17 °С) |
|--|--|-------------------------------|-------------------------|--|
| АТ   | 400 – 680                                | 4 – 6                         | 25 – 30                 | 4,0  |
| ВТ   | 400 – 800                                | 1,5 – 4,5                     | 20 – 60                 | 3 – 5  |
| <i>Примечание – Замена паровых эжекторов на вакуумные насосы позволяет снизить потребление пара и количество сточных вод, но приведет к увеличению потребления электроэнергии.</i> |  |                               |                         |  |

### ВЫБРОСЫ

#### Выбросы в атмосферу

Источником потенциальных выбросов в атмосферу являются:

- дымовые газы, образующиеся при сгорании топлива в трубчатых печах при нагревании нефти;
- клапаны понижения давления в верхней части колонн. Сбросы из сборников дистиллята, расположенных на вершине колонн, направляемые в факельную систему и вентиляционные точки;
- недостаточная герметичность систем верха колонн, в том числе барометрических сборников и вентиляционных отверстий;
- сальники и уплотнения насосов, компрессоров и клапанов;
- системы для удаления кокса из технологических печей. При удалении кокса из печей (один или два раза в год) могут произойти выбросы сажи, если температуру или процедуру нагнетания пара/воздуха не контролируют должным образом;
- вентилирование при очистке АВТ;
- легкие газы, выходящие из верхней части конденсаторов на вакуумной колонне. Часть

неконденсирующихся легких углеводородов и сероводорода проходит через конденсатор в сборник конденсата и затем выпускается в систему кислого топливного газа или направляется в технологические печи, факелы или другие устройства для нейтрализации сероводорода. Количество этих выбросов зависит от размера установки, типа нефти и температуры охлаждающей воды. При использовании в установках вакуумной перегонки барометрических конденсаторов может образовываться значительное количество нефтесодержащих сточных вод. Нефтесодержащие сточные воды также образуются в установках для фракционирования. Уровень выбросов неконденсирующихся паров (углеводороды и H<sub>2</sub>S) из конденсаторов вакуумного эжектора может составлять 50 – 200 кг/ч в зависимости от конструкции печи, типа нефти и производительности установки.

Неконтролируемые выбросы из АВТ составляют 5 – 190 т/год для завода с мощностью первичной переработки 8,7 млн т/год.

В таблице 8 приведен пример выбросов в атмосферу из установок атмосферной и вакуумной перегонки европейского завода «TOTAL Mitteldeutschland», включающие выбросы от сжигания топлива в трубчатых печах.

**Таблица 8** – Примеры выбросов в атмосферу из установок атмосферной и вакуумной перегонки

| Установка | Потребление топлива, ГВт·ч/год | Мощность, млн. т/год              | Выбросы           |                 |                 |       |                 |                 |
|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|
|           |                                |                                   | Единица измерения | SO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | CO    | CO <sub>2</sub> | Твердые частицы |
| АТ        | 1138,8                         | 8,5 сырой нефти                   | мг/м <sup>3</sup> | 35              | 100             | 100   |                 | 5               |
|           |                                |                                   | т/год             | 35,2            | 100,4           | 100,4 | 220927          | 5               |
|           |                                |                                   | кг/т сырья        |                 | 0,012           | 0,012 | 26              | 0,001           |
| ВТ        | 639,5                          | 4,5 остатка атмосферной перегонки | мг/м <sup>3</sup> | 35              | 100             | 100   |                 | 5               |
|           |                                |                                   | т/год             | 19,8            | 56,6            | 56,6  | 182252          | 2,8             |
|           |                                |                                   | кг/т сырья        |                 | 0,013           | 0,013 | 41              | 0,001           |

#### Сточные воды

Объем сточных вод, образующихся на установках атмосферной перегонки, составляет 0,08 – 0,75 м<sup>3</sup> на тонну переработанной нефти. Сточные воды содержат нефтепродукты, H<sub>2</sub>S, взвешенные твердые частицы, хлориды, меркаптаны, фенол, имеют повышенное значение pH, так как содержат аммиак и гидроксид натрия, используемые для защиты верха колонны от коррозии. Сточные воды образуются в конденсаторах на вершине колонны, установках для фракционирования, а также при разливах и утечках. Кроме того, во флегмовой емкости на вершине колонны образуется 0,5 % воды и 1,5 % пара на сырую нефть с содержанием H<sub>2</sub>S 10 – 200 мг/л и NH<sub>3</sub> 10 – 300 мг/л. Сточные воды (кислые воды) как правило направляются в установки отпаривания/обработки.

Сточные воды (кислые воды) в установках вакуумной перегонки образуются при подаче технологического пара в печь и вакуумную колонну. Они содержат H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> и растворенные

углеводороды. При использовании в установках вакуумной перегонки паровых эжекторов и барометрических конденсаторов образуются значительные количества сточных вод ( $\pm 10 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), содержащих нефтепродукты, а также  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ .

#### *Твердые отходы*

При переработке нефти в колонне образуются шламы. Их количество зависит от периодичности удаления шлама и начального содержания твердых частиц и воды в сырой нефти. Количество твердых отходов из установки АВТ мощностью 8,7 млн т/год может составлять 6,3 – 20 т/сут.

### НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТАНОВКИ ЭЛОУ-АВТ

Наилучшая доступная технология (НДТ) – технологический процесс, технический метод, основанный на современных достижениях науки и техники, направленный на снижение негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и имеющий установленный срок практического применения с учетом экономических, технических, экологических и социальных факторов.

«Наилучшая» означает технологию, наиболее эффективную для выпуска продукции с достижением установленного уровня защиты окружающей среды. «Доступная» означает технологию, которая разработана настолько, что она может быть применена в конкретной отрасли промышленности при условии подтверждения экономической, технической, экологической и социальной целесообразности ее внедрения. «Доступная» применительно к НДТ означает учет затрат на внедрение технологии и преимуществ ее внедрения, а также означает, что технология может быть внедрена в экономически и технически реализуемых условиях для конкретной отрасли промышленности.

В настоящее время для установок ЭЛОУ-АВТ в качестве наилучших доступных могут быть рассмотрены следующие технологии.

#### **Блок ЭЛОУ**

##### *1. Методы обессоливания*

Надлежащие методы обессоливания включают в себя:

1) использование многоступенчатых установок электрообессоливания и комплексное применение электрических полей постоянного и переменного тока, обеспечивающих большую эффективность обессоливания и экономию энергии;

2) повторное использование в многоступенчатых установках электрообессоливания части отработанных вод с последующей ступени установки на предыдущей ступени, что уменьшает количество используемых промывочных вод;

3) предотвращение возникновения турбулентности в резервуарах установки электрообессоливания с помощью подачи воды под низким давлением.

Повышение эффективности установок электрообессоливания способствует уменьшению потребления свежей воды. Применение более эффективного электрического поля приводит к экономии энергии.

Двухступенчатые процессы позволяют достичь более высокой эффективности обессоливания (более 95 % солей и твердых частиц удаляется из сырой нефти). Это повышает экономическую эффективность процесса, так как позволяет установить более жесткие требования к содержанию солей в сырье для последующего процесса, что снижает коррозию колонн и увеличивает срок службы катализатора.

*2. Повышение степени отделения воды от нефти перед направлением на установку очистки сточных вод*

Могут быть применены следующие методы:

1) Направление сточных вод от установок электрообессоливания в емкость-отстойник для дальнейшего отделения воды от нефти. Нефть может быть непосредственно выделена в системе сбора и переработки некондиционной продукции;

2) Выбор оптимальных регуляторов межфазового уровня. В зависимости от относительной плотности и типов перерабатываемой нефти наиболее точными датчиками уровня считают поплавковые приборы, емкостные датчики уровня или радиоволновые детекторы. Точность регуляторов межфазового уровня имеет важное значение для эффективности установок электрообессоливания;

3) Улучшение отделения воды от нефти может быть достигнуто использованием смачивающих средств для удаления нефти с поверхности твердых частиц, которые обычно способствуют уносу нефти водой;

4) Использование нетоксичных биоразлагаемых деэмульгаторов, способствующих слипанию капель воды.

Данные методы повышают степень отделения воды от нефти, уменьшая унос нефти в установки очистки сточных вод и возвращая ее в процесс, а также уменьшая образование нефтешлама. С применением первого метода в сепараторы по данным API направляется приблизительно на 10 – 20% нефти меньше. Второй метод позволяет отделить приблизительно 5 – 10% нефти от водной фазы.

##### *3. Повышение степени отделения твердых частиц от водно-нефтяной эмульсии*

Твердые частицы, попадающие в установку АВТ, в результате захватят большее количество нефти, что приведет к образованию дополнительного количества эмульсии и шлама. Следовательно количество твердых частиц, удаляемое в установке электрообессоливания, должно быть максимальным. Таким образом цель заключается в минимизировании количества твердых частиц в сырой нефти после обессоливания. Ряд методов может быть использован для достижения этой цели:

1) Использование смесителя с низким усилием сдвига для смешивания промывочной воды и сырой нефти;

2) Использование подачи воды под низким давлением для предотвращения образования турбулентности;

3) Водная фаза (суспензия) может быть отделена в напорном пластинчатом сепараторе. Кроме того может быть использована комбинация из гидроциклонного обессоливателя и гидроциклонной установки удаления нефти;

4) Оценивание эффективности системы удаления шлама. Удаление шлама является периодической операцией, предназначенной для удаления твердых частиц, скопившихся на дне резервуара. Эта операция очистки повышает эффективность установок обессоливания во время нормальной работы, особенно во время длинных циклов.

С применением данных методов уменьшается содержание нефти в образовавшемся шламе и повышается степень разделения водной фазы от шламов.

Применение этих методов увеличивает образование шлама в пределах завода. При содержании осадка в сырой нефти 0,015 % масс. теоретически может быть получено 1500 т/год шлама на заводе мощностью переработки 10 млн. т/год.

#### 4. Повторное использование воды в установках обессоливания

Процесс обессоливания играет важную роль в управлении сточными водами на НПЗ. Вода, используемая в других процессах, может быть повторно использована в установке обессоливания. Например, если отпаренная кислая вода используется в электрообессоливателе в качестве промывочной воды, аммиак, сульфиды и фенолы, содержащиеся в ней, в некоторой степени могут быть повторно абсорбированы сырой нефтью.

Следующие технологические потоки воды могут быть пригодны для использования в качестве промывочной воды в электрообессоливателе:

- 1) Накопленная вода в барабане конденсатора на верху колонны при нагнетании водяного пара, обычно 1 – 2 % масс. от сырья;
- 2) Конденсаты пара (неотпаренные) из обезвоживателей легкого и тяжелого газойлей и конденсатора на верху вакуумной колонны (приблизительно 3,5 % масс. от сырья);
- 3) Отпаренная кислая вода, а также другие потоки технологической воды, не содержащей твердых частиц. Вода из скрубберов или водяных охладителей загрязнена и требует отделения нефти и твердых частиц перед биообработкой и/или повторным использованием в обессоливателе. Кислая вода направляется и отпаривается в отпарной колонне кислой воды до повторного использования и/или окончательной очистки в установках очистки сточных вод.

При использовании воды завод может снизить гидравлическую нагрузку на установки очистки сточных вод и снизить потребление воды.

Повторное использование водных потоков, которые могут образовывать эмульсии, следует избегать, так как это приводит к ухудшению отделения воды от нефти в установке электрообессоливания, что в свою очередь приводит к чрезмерному уносу нефти водой. Потоки с высоким общим количеством растворенных твердых частиц (TDS) не следует использовать в качестве промывочной воды в установке электрообессоливания в связи с уменьшением способности к извлечению солей из нефти.

Повторное использование сточных вод из других процессов в качестве промывочной воды в установке электрообессоливания в полной мере применимо на новых НПЗ, но их труднее использовать на существующих НПЗ. При этом должны быть рассмотрены затраты на сбор, обработку, перекачивание насосом и направление по трубопроводам повторно используемых сточных вод.

### Блок АВТ

#### 1. Комбинированная установка атмосферно-вакуумной перегонки

Технологическая нагрузка печи (МВт·ч/100 т нефти) для мощности перегонки Аравийской легкой нефти 10 млн т в год составляет примерно 17,3 МВт·ч/100 т нефти. При использовании комбинированной перегонки она снижается до 10,1 МВт·ч/100 т нефти. Удельный расход энергии (общее потребление энергии в тоннах условного топлива на 100 т нефти) для мощности перегонки Аравийской легкой нефти 10 млн т в год составляет 1,7 – 2,0, в то время как комбинированная установка атмосферно-вакуумной перегонки потребляет только 1,15. Экономия энергии составляет приблизительно 30 % и, например, для завода мощностью 9,7 млн т/год находится в диапазоне 50000 т тяжелого топлива по сравнению с использованием обычных методов.

Общее потребление энергии от первичных источников для переработки Аравийской легкой нефти или российской экспортной смеси составляет 1,25 т топлива на 100 т нефти, для переработки Аравийской тяжелой нефти – 1,15 т топлива на 100 т нефти.

При использовании комбинированной установки атмосферно-вакуумной перегонки достигается максимальная тепловая интеграция между атмосферной и вакуумной перегонкой. Также это позволяет избежать перегрева легких фракций при их разделении и уменьшает тепловую нагрузку при извлечении тяжелых фракций.

В таблице 9 приведен пример затрат энергоносителей на переработку 1 т сырой нефти.

При использовании комбинированной установки атмосферно-вакуумной перегонки достигается снижение расхода топлива и, следовательно, снижение эксплуатационных расходов установок перегонки нефти.

**Таблица 9 – Потребляемые материалы и энергоносители на 1 т нефти при использовании комбинированной установки атмосферно-вакуумной перегонки**

| Потребляемые материалы и энергоносители на 1 т нефти | Интегрированная установка АВТ |
|--|-------------------------------|
| Топливо, МВт·ч                                       | 107 – 140                     |
| Электроэнергия, кВт·ч                                | 6,6 – 8,8                     |
| Водяной пар, кг                                      | 10 – 17                       |
| Охлаждающая вода, м <sup>3</sup> (ΔТ = 15 °С)        | 1,4 – 2,8                     |

#### 2. Тепловая интеграция установки атмосферно-вакуумной перегонки

Высокая энергоемкость установок АВТ делает очень актуальной тепловую интеграцию с установкой ВТ. Для оптимизации рекуперации тепла от перегонных колонн как правило применяют два или три контура циркуляционного орошения в нескольких точках колонн. Можно применять интеграцию АВТ с другими установками. Для этого используют:

- оптимизацию рекуперации тепла, применяя метод пинч-анализа для оценки конструкции всей системы, что обеспечивает экономию энергии;
- увеличение количества контуров циркуляционного орошения атмосферной колонны с двух до четырех;
- боковые отпарные колонны повторного выкипания с нефтяным теплоносителем вместо отгонки паром;
- присадки, предохраняющие нефтепродукты от разложения в линиях и теплообменниках. Присадки, предохраняющие нефтепродукты от разложения, позволяют увеличить продолжительность рабочего цикла теплообменников;
- применение современных методов технологического контроля для оптимизации использования энергии в установке АВТ.

Число боковых потоков в блоке ВТ выбирается так, чтобы максимально использовать тепло потоков продукции с разными температурами (повысить тепловую интеграцию).

В результате достигается снижение энергопотребления (расхода топлива) и связанных с этим выбросов CO<sub>2</sub> в рамках НПЗ.

**3. Использование вакуумных насосов и поверхностных конденсаторов вместо паровых эжекторов**

Барометрические конденсаторы на многих НПЗ были в основном заменены на вакуумные насосы и поверхностные конденсаторы для уменьшения потока нефтесодержащих сточных вод. Замена паровых эжекторов на вакуумные насосы уменьшает поток кислых вод с 10 до 2 м<sup>3</sup>/ч. Вакуум может быть создан путем сочетания вакуумных насосов и эжекторов для оптимизации эффективности использования энергии.

Замена паровых эжекторов на вакуумные насосы увеличивает потребление электроэнергии для создания вакуума, но снижает потребление тепла, электроэнергии, расход охлаждающей воды, потребляемой для охлаждения насосов, и потребление реактивов, используемых для обработки охлаждающей воды. На нефтеперерабатывающем заводе существует много процессов, где избыточный пар может быть восстановлен и использован для создания вакуума. Однако анализ энергопотребления поможет определить эффективность использования избыточного пара для паровой эжекции вместо вакуумных насосов по сравнению с применением избыточного пара для других целей. Надежность обеих систем также должна быть принята во внимание, так как обычно паровые эжекторы более надежны, чем вакуумные насосы.

Вакуумные насосы при модернизации не всегда можно использовать. Для новых установок для достижения глубокого вакуума (10 мм рт. ст.) можно использовать вакуумные насосы в комбинации с паровыми эжекторами, а также необходим резервный способ создания вакуума в случае отказа вакуумного насоса.

В настоящее время вакуумные насосы используются чаще, чем эжекторы.

**4. Понижение вакуума в вакуумной колонне**

Понижение давления вакуума, например до 20 – 25 мм рт. ст., позволит снизить температуру на выходе печи при сохранении целевой границы отделения вакуумного остатка.

Этот метод даст некоторые преимущества как с точки зрения энергосбережения, так и снижения загрязнения. Экологические преимущества заключаются в следующем:

- 1) снижение возможности крекинга или коксования в трубах печи;
- 2) снижение крекинга сырья на более легкие продукты;
- 3) снижение теплопроизводительности печи и следовательно снижение расхода топлива.

Для образования вакуума необходимы затраты энергии (электроэнергии или пара).

Применимость данного метода обычно ограничена мощностью установки, температурой конденсирующейся жидкости или другими материальными ограничениями.

**5. Обработка неконденсирующихся газов из конденсатора вакуумного эжектора**

Неконденсирующиеся газы из конденсаторов на верху вакуумной колонны (примерно 0,14 кг выбросов на 1 м<sup>3</sup> сырья вакуумной колонны) могут быть направлены в систему обработки, извлечения легких фракций или систему топливного газа собственной выработки.

Кислые неконденсирующиеся газы из герметичных барометрических насосов вакуумных установок перед сжиганием должны быть обработаны в порядке, соответствующем типу кислого газа (например, с помощью аминовой очистки или других процессов).

Направление отходящих газов вакуумной установки на очистку требует значительных капиталовложений за счет расходов на компрессоры.

Рассмотренные выше наилучшие доступные технологии кратко изложены в таблице 10.

Таблица 10 – Сводная таблица по НДТ для установки ЭЛОУ-АВТ

| Наименование технологии (НДТ)                              | Описание   | Экологические преимущества применения  | Экономическая эффективность |
|--|--|--|-----------------------------|
| <b>ЭЛОУ</b>  |  |  |                             |
| Надлежащие методы обессоливания                            | 1) Двухступенчатые установки   | Снижение потребления свежей промывочной воды   | Экономия энергии            |
| Повышение степени отделения воды и твердых частиц от нефти | 1) направление сточных вод в емкость-отстойник;<br>2) выбор оптимальных регуляторов межфазового уровня;<br>3) использование смачивающих средств;<br>4) использование нетоксичных, биоразлагаемых, негорючих дезмульгаторов;<br>5) использование пластинчатого сепаратора под давлением | Повышение степени отделения воды и твердых частиц от нефти, уменьшение уноса нефти в установки очистки сточных вод |                             |
| Повторное использование воды                               | Повторное использование воды, используемой в других процессах в установках обессоливания   | Снижение потребления воды  |                             |

(продолжение таблицы 10)

| Наименование технологии (НДТ)                            | Описание   | Экологические преимущества применения   | Экономическая эффективность                                |
|--|--|---|--|
| <b>АВТ</b>   |  |   |  |
| Комбинированная установка атмосферно-вакуумной перегонки | Комбинирование атмосферной вакуумной перегонки   | Снижение потребления топлива, снижение выбросов в атмосферу                   | Снижение потребления топлива, энергии до 30 %              |
| Тепловая интеграция                                      | Используют:<br>- оптимизацию рекуперации тепла;<br>- увеличение количества контуров циркуляционного орошения;<br>- боковые отпарные колонны повторного выкипания с использованием нефтепродуктов в качестве теплоносителя вместо пара;<br>- присадки, предохраняющие нефтепродукты от разложения в линиях и теплообменниках;<br>- современные методы технологического контроля | Снижение выбросов CO <sub>2</sub>   | Снижение потребления топлива                               |
| Использование вакуумных насосов                          | Использование вакуумных насосов вместо пароструйных эжекторов  | Снижение образования сточных вод (приблизительно с 10 до 2 м <sup>3</sup> /ч) | Увеличение потребления электроэнергии                      |
| Понижение давления в вакуумной колонне                   |  | Снижение загрязняющих выбросов  | Снижение потребления топлива, улучшение качества продуктов |
| Удаление кислых газов                                    | Надлежащая обработка отходящих газов, особенно   | Снижение выбросов H <sub>2</sub> S в атмосферу на 15 %                        |  |

Учитывая изложенное, применение НДТ для установки ЭЛОУ-АВТ позволит сократить энергозатраты, расход воды, количество выбросов, а также повысить энергоэффективность. Пример снижения энергозатрат приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Пример энергозатрат для разных установок перегонки нефти

| Установка | Топливо для трубчатых печей, МДж/т нефти | Электроэнергия, кВт-ч/т нефти | Водяной пар, кг/т нефти | Охлаждающая вода, м <sup>3</sup> /т нефти (ΔT = 17 °C) |
|-----------|--|-------------------------------|-------------------------|--|
| АТ        | 400 – 680                                | 4 – 6                         | 25 – 30                 | 4,0  |
| ВТ        | 400 – 800                                | 1,5 – 4,5                     | 20 – 60                 | 3 – 5  |
| АВТ       | 385 – 500                                | 6,6 – 8,8                     | 10 – 17                 | 1,5 – 3,0  |

**ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Данные Федеральной службы государственной статистики
- [2] Аналитический бюллетень «Нефтегазодобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность: Тенденции и прогнозы». – Выпуск № 13 «Итоги 2013 года»
- [3] Гусева Л., «Перекошенные качели» российской нефтехимии// Журнал Пластикс – № 12 (118).–2012
- [4] Справочник по наилучшим доступным технологиям для переработки нефти и газа: Электронная версия. [HTTP://EIPRCB.JRC.ES](http://eiprcb.jrc.es)
- [5] Капустин В.М., Рудин М.Г. Химия и технология переработки нефти. – М.: Химия, 2013. –496 с.
- [6] ПАТЕНТ РФ № 2427410 (В01D 17/04, опубликован 27.08.2011)

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕХОДА ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИНЦИПЫ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

И.В. Петров – директор ОАО «ЦНИЭИуголь», профессор, д.э.н.

М.В. Доброхотова – и.о. начальника горно-металлургического отдела ФГУП «ВНИИ СМТ»

Предприятия угольной промышленности (74 шахты, 11 разрезов и 61 обогатительная фабрика (установка))<sup>[1]</sup> осуществляют свою деятельность в семи федеральных округах Российской Федерации, с распределением объемов добычи: Сибирский – 84,5%; Дальневосточный – 9,4%; Северо-Западный – 4%; Южный – 1,3%; Уральский – 0,5%; Приволжский – 0,2%; Центральный – 0,1% (рис. 1)<sup>[2]</sup>. Во всех этих регионах угледобывающее производство оказывает существенное негативное воздействие на окружающую среду.



Рисунок 1 – Структура добычи угля по федеральным округам РФ (2013 год)

Как видно из представленных данных прогнозируется рост удельных воздействий на окружающую среду, что может стать фактором сдерживающим развитие отрасли.

Такая ситуация обусловлена и сложившимися отраслевыми проблемами в области экологии (таблица 2).

Одним из крупнейших регионов угледобычи является Кузбасс, на который приходится более 60% общей добычи угля, которая сопровождается значительным концентрированным техногенным воздействием. При этом, при существующих тенденциях в природоохранной деятельности, прогнозные показатели техногенного воздействия растут по сравнению с уровнем 2012 года в соответствии с планами увеличения объемов добычи угля, и это несмотря на то, что в регионе представлены, в основном, наиболее успешно действующие угольные компании (таблица 1).

Таблица 1 – Прогноз показателей техногенного воздействия предприятий угольной отрасли Кемеровской области на окружающую среду на 2020 год<sup>[3]</sup>.

| Вид техногенного воздействия                     | Значение техногенного воздействия за 2012 год |              | Прогнозное значение техногенного воздействия на 2020 год |              |
|--|---|--------------|--|--------------|
|  | Всего   | Удельное     | Всего  | Удельное     |
| Добыча угля, млн.т                               | 201,5   | -            | 240,0  | -            |
| Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, тыс. т | 785,99  | 3,9 кг/т     | 1015,2   | 4,23 кг/т    |
| Сбросы загрязненных сточных вод, млн. куб.м      | 199,75  | 0,99 куб.м/т | 290,4  | 1,21 куб.м/т |
| Площадь нарушенных земель, га                    | 63531   | 0,315/тыс.т  | 80112  | 0,339/тыс.т  |

Таблица 2 – Основные экологические проблемы угольной промышленности<sup>[4]</sup>

| Экологическая проблема  | Показатели, характеризующие проблему за последние 5 лет  | Причины, обусловившие проблему  |
|---|--|---|
| 1. Загрязнение водных объектов в результате сброса загрязненных сточных вод | Сброс загрязненных сточных вод без очистки – 38,3%. Сброс недостаточно очищенных сточных вод – 49,8%   | Отсутствие очистных сооружений. Несовершенство применяемых технологий очистки сточных вод. Неудовлетворительное техническое состояние очистных сооружений   |
| 2. Загрязнение атмосферного воздуха выбросами вредных веществ               | Выбросы загрязняющих веществ в количестве 60% от образованных. Выбросы газообразных веществ, в том числе метана, без очистки   | Низкий уровень дегазации и использования метана. Отсутствие способов и средств извлечения метана из вентиляционных выбросов газовых шахт. Угольные котельные не оснащены средствами очистки от газообразных веществ   |
| 3. Изъятие из землепользования и нарушение земель                           | Уровень рекультивации земель – 45,2%. Общая площадь обработанных земель на конец 2012 г. 15,3 тыс. га. Низкое качество рекультивированных земель – средняя продуктивность составляет 30% от зональных почв | Недостаточная производственная мощность организаций, выполняющих работы по рекультивации земель. Несовершенство применяемых технологий. Отсутствие специального оборудования для выполнения рекультивационных работ   |
| 4. Образование и накопление отходов производства во внешних породах отвалах | Уровень использования отходов производства – 50,9%. Количество накопленных отходов во внешних отвалах на конец 2012г. – 15,7 млрд. т.  | Необходимость селективной разработки, складирования и подготовки пород для использования, что усложняет производство горных работ и требует дополнительного оборудования и затрат. Отсутствие экономической заинтересованности предприятий строительной индустрии в использовании отходов |

Для решения этих проблем Минэнерго Российской Федерации осуществляется разработка и реализация целого комплекса мероприятий. Эти мероприятия охватывают следующие основные направления<sup>[4]</sup>.

*1. Совершенствование нормативной правовой базы:*

- предоставление налоговых льгот и льгот по плате за негативное воздействие на окружающую среду при проектировании и строительстве природоохранных объектов, приобретении природоохранного оборудования и систем экологического контроля;
- переход на систему нормирования выбросов, сбросов загрязняющих веществ и размещение отходов производства по технологическим показателям на основе наилучших доступных технологий (НДТ);
- освобождение предприятий от платы за негативное воздействие на окружающую среду на период проектирования и внедрения НДТ;
- Корректировка устаревших и разработка новых отраслевых нормативно-методических документов

*2. Организационно-технические мероприятия по улучшению природоохранной деятельности:*

- обследование с периодичностью 3-5 лет природоохранных объектов с оценкой технического состояния, эффективности и разработкой предложений по улучшению их работы;
- повышение квалификации обслуживающего персонала природоохранных объектов с периодичностью не более 5 лет;
- проведение ежегодных научно-практических семинаров для руководителей и специалистов экологических служб предприятий на базе НИИ и ИПК.

*3. Выполнение научно-технических разработок по проблемам:*

- очистка кислых (рН<6,5) и железосодержащих шахтных вод;
- очистка минерализованных (свыше 2-3 г/л) шахтных вод;
- очистка шахтных вод сложного химического состава;
- повышение эффективности работы широко применяемых в отрасли типов очистных сооружений;
- дегазация угольных пластов до начала их разработки и в процессе ведения горных работ с последующим использованием метана;
- извлечение метана из вентиляционной струи газовых шахт;
- очистка дымовых газов котельных от газообразных загрязняющих веществ;
- снижение выделения в атмосферу загрязняющих веществ при массовых взрывах на разрезах;
- предупреждение самовозгорания и тушение породных отвалов;
- технологии формирования пожаробезопасных породных отвалов.

*4. Технологические и технические мероприятия:*

- внедрение экологически чистых, безотходных и малоотходных технологий и оборудования;
- экологизация широко применяемых технологий и технологических процессов горного производства в направлении снижения выбросов и сбросов загрязняющих веществ, землеемкости горных работ, образования отходов производства;
- расширение области применения перспективных и внедрение новых эффективных природоохранных технологий и оборудования.

Принятие Федерального закона ФЗ-219 от 09.07.2014 «О внесении изменений в Федеральный закон “Об охране окружающей среды” и отдельные законодательные акты Российской Федерации» явилось прорывом в решении целого комплекса экологических проблем развития отраслей промышленности.

Провозглашенная в этом законе, конечная цель внедрения принципа НДТ – стимулирование предприятий к модернизации своих производств. Переход на принцип НДТ не только позволит улучшить экологическую ситуацию, но и значительно обновить основные фонды, создать энергоэффективные и ресурсосберегающие производственные мощности, решить задачи импортозамещения и повышения конкурентоспособности промышленности, увеличить количество высокопроизводительных рабочих мест<sup>[5]</sup>.

Для стимулирования предприятий к экологической модернизации и переходу на НДТ природоохранным законодательством введена система стимулов:

- льготы по плате за негативное воздействие на окружающую среду, предусматривающие зачёт затрат на осуществление мер по снижению негативного воздействия и внедрению НДТ в счёт платы,
- отказ от взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду для предприятий, перешедших на НДТ, получивших комплексное разрешение и выполняющих его параметры,
- налоговые льготы в части возмещения затрат на уплату процентов по инвестиционным кредитам и введение для оборудования НДТ повышающего коэффициента амортизации;
- инструмент специальных инвестиционных контрактов, с пониженной процентной ставкой, где основным требованием, которое предъявляется к проектам, будет создание новых производств на основе НДТ.

При этом в качестве санкций будет увеличена плата за негативное воздействие на окружающую среду, в том числе в 100-кратном размере.

Справочники НДТ, с одной стороны, будут применяться предприятиями для подготовки корпоративных программ внедрения наилучших доступных технологий, с другой – регулирующие органы, ориентируясь на справочники, определят, насколько производство отвечает тем или иным экологическим требованиям. От этого будет зависеть размер платы за негативное воздействие на окружающую среду или получение дополнительных мер поддержки. Таким образом, экономическая суть перехода на принцип НДТ заключается в том, что на смену действующим нормам по контролю выбросов предприятиями придут нормативы по использованию современных технологий, и предприятия будут оцениваться на соответствие данным нормативам. Те, которые окажутся к ним ближе – получат различные преференции, включая ослабление контроля по ряду направлений. Те, которые не соответствуют – ужесточение контроля и экономические санкции. Как видно эти преференции значительны, поэтому, при разработке справочников НДТ необходимо исключить возможность их использования как инструментов конкурентной борьбы.

В соответствии со ст.28.1, п.4. ФЗ№ 219 при обосновании НДТ сочетанием критериев достижения целей охраны окружающей среды для определения наилучшей доступной технологии являются:

- наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на объем производимой продукции;
- экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации;
- применение ресурсо- и энергосберегающих методов;
- период ее внедрения;
- промышленное внедрение этой технологии на двух и более объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.



Оценка экономической обоснованности (эффективности) является неотъемлемой частью определения НДТ. В соответствии с требованиями Европейских директив по НДТ необходимо, чтобы при определении НДТ так же учитывались затраты на внедрение НДТ и экономические преимущества, которые дает её использование.

Для определения затрат на внедрение технологии необходим учет основных подходов к оценке, что позволит угольным компаниям сделать затраты прозрачными (прослеживаемыми) и даст возможность обосновать выбор технологии, утвердить его, проверить и соответствующим образом сравнить с другими технологиями.

Первый принцип – это определение границ возможностей рассматриваемых технологий (исходя из региональных и горно-геологических условий, марок угля) и выбора альтернативных вариантов.

Второй – установление последовательности, которую пользователь должен соблюдать при сборе и обосновании данных, касающихся затрат.

Третий – определение того, какие затраты должны сопоставляться при проводимой оценке. Это будет относиться к идентификации тех затрат, которые относятся к капитальным затратам и эксплуатационным расходам. Необходима детализация этих затрат настолько, насколько это возможно, чтобы облегчить пользователю процесс их рассмотрения и последующего обоснования и сопоставления вариантов.

Четвертый принцип – установление единой системы учета изменения биржевых курсов, инфляции, дисконтировании и калькуляции ежегодных затрат.

Пятый принцип – обоснование отнесения затрат к природоохранным.

После того, как выявлены воздействия технологий на окружающую среду и определены затраты на внедрение технологий, необходимо провести сравнение этих технологий (рис. 2). Оценку экономической эффективности следует осуществлять исходя из эффектов для окружающей среды при внедрении технологии. Это может быть полезно, поскольку позволяет сопоставить и сбалансировать затраты на внедрение технологии и эффекты для окружающей среды, получаемые в результате внедрения. Это помогает выяснить, действительно ли внедрение технологии заслуживает внимания или же экологические преимущества являются чрезмерно дорогостоящими с точки зрения затрат на внедрение технологии<sup>[6]</sup>.

Рисунок 2 – Укрупненный алгоритм оценки и выбора НДТ



Доступная технология включает требование, в соответствии с которым к технологиям, определяемым как НДТ, относят те технологии, которые “разработаны в масштабе, позволяющем осуществить их внедрение в соответствующей отрасли промышленности с учетом экономически и технически доступных условий”. То есть, технология, которую мы относим к НДТ, должна быть так описана и оценена экономически, что ее применение стало бы возможным в масштабах отрасли, а не отдельного предприятия, региона или видов месторождений.

При оценке эколого-экономической эффективности технологии необходимо учитывать следующие критические факторы:

- структура угольной отрасли промышленности,
- структура рынка;
- гибкость (устойчивость) угольной отрасли экономики при изменении внешних условий.

Если внедрение предложенных технологий не будет отрицательно сказываться на устойчивости предприятий угольной промышленности, но остаются определенные опасения эффективности перехода на НДТ с экономической точки зрения, то оценка может быть упрощена посредством рассмотрения этапности внедрения технологии. То есть, при вероятности потери экономической эффективности, необходимо получение обоснованных разрешений на поэтапное внедрение технологий на предприятиях отличных от эталонных при обосновании НДТ.

Детальный экономический анализ необходимо проводить только в том случае, если существуют реальные основания полагать, что технология (или комбинация технологий) является чрезмерно дорогостоящей, чтобы считаться НДТ. Наиболее вероятно, что требование по оценке экономической целесообразности (обоснованности) может быть выдвинуто представителями соответствующих угольных компаний. Бремя доказательств и аргументации ложится на тех, кто возражает против предложенной НДТ.

С 2015 по 2017 год будет осуществлена постанова на государственный учёт всех предприятий с разделением их на категории по экологической значимости. В 2017 году должен быть опубликован отраслевой справочник по НДТ «Добыча и обогащение угля».

В ближайшее время МПР Российской Федерации будут определены предприятия – крупнейшие загрязнители, среди которых могут быть и предприятия угольной промышленности, для которых переход на НДТ будет осуществляться в пилотном порядке, начиная с 2019 года.

С этого же года при проектировании новых предприятий должны учитываться принципы НДТ. До 2025 года все предприятия первой категории должны перейти на НДТ и получить комплексные экологические разрешения. В результате, по данным МПР Российской Федерации, на первом этапе (до 2019 года) ожидается снижение негативного воздействия на окружающую среду предприятий первой группы опасности не менее чем на 15%, на втором (до 2025 года) – 45–50%, а на третьем (после 2025 года) – 75–80%.

Важно отметить, что практическое значение для процесса нормирования имеют именно наилучшие достижимые уровни воздействий, связанные с применением НДТ, а не собственно перечень технологий, признанных НДТ. Перечень НДТ лишь обосновывает и подтверждает достижимость таких уровней. При этом установление обязательных норм на основе НДТ не отменяет требований соблюдения стандартов качества окружающей среды.

Также следует отметить, что спецификой угольной промышленности является значительное разнообразие объектов, что может ориентировать разработчиков справочников на чрезмерную детализацию и разработку целой серии таких справочников, приуроченных к конкретным горно-

геологическим условиям и маркам угля. В то же время, как показал европейский опыт, традиционно, резюме справочника, содержащее основную информацию, может составлять по объему 20-30 страниц. При этом общий объем справочника, включая приложения, детализирующие параметры технологий исходя из конкретных условий, может составлять сотни страниц. И включать в себя, кроме основной информации, много обзорной и ознакомительной отраслевой информации, описание процесса выбора НДТ из всего перечня применяемых технологий, конкретных примеров применения НДТ, особые мнения членов рабочей группы.

**ЛИТЕРАТУРА**

[1] Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-сентябрь 2014 года. Уголь. 2014. №12. С. 58-73  
 [2] [HTTP://MINENERGO.GOV.RU/ACTIVITY/COALINDUSTRY/](http://minenergo.gov.ru/activity/coalindustry/)  
 [3] Ефимов В.И., Сидоров Р.В., Корчагина Т.В. Прогнозная оценка воздействия горного производства на окружающую среду Кузбасса. Уголь. 2014. №12. С 90-91  
 [4] Яновский А.Б. Современные экологические проблемы развития угольной промышленности и пути их решения. В сборнике: Экология. Природопользование. Экономика К 75-летию со дня рождения В.А. Харченко : Материалы международной конференции. МГУ, Минэнерго РФ, МПР РФ, АГН. М.: ООО «Роликс», 2013. С. 3-18.  
 [5] Калачева Л.В., Петров И.В., Савон Д.Ю. Кадровое обеспечение предприятий угольной промышленности как условие роста производительности труда и создания высокопроизводительных рабочих мест. Гуманитарные и социально-экономические науки. 2014. № 6. С. 120-124.  
 [6] Ефимов В.И., Мясков А.В., Петров И.В., Савон Д.Ю., Стоянова И.А., Умнов В.А Производство и охрана окружающей среды: экологический, экономический и правовой аспект Учебное пособие / Москва, 2011.

# ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК «СЖИГАНИЕ ОТХОДОВ»

Т.В. Боравская – эксперт Комитета Совета Федерации по природным ресурсам и охране окружающей среды  
 И.И. Глушкова – зав. сектором экологии в отделе стандартизации в перспективных направлениях (областях) ФГУП «ВНИИСМТ»  
 В.О. Самойленко – специалист сектора экологии в отделе стандартизации в перспективных направлениях (областях) ФГУП «ВНИИСМТ»

## ВВЕДЕНИЕ

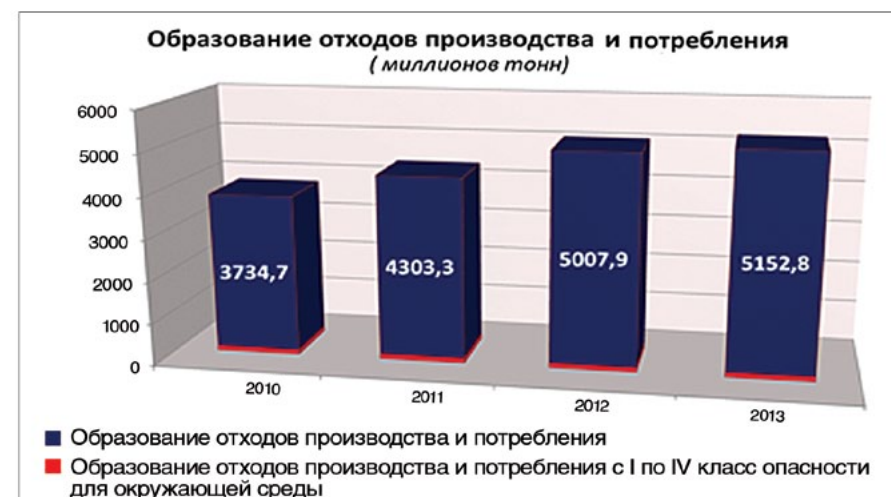


Проблема обращения с отходами производства и потребления актуальна для многих стран, поскольку любая деятельность человека сопровождается образованием отходов. При этом ежегодно возрастают не только объемы образования отходов, но и меняется их морфологический состав: в частности, увеличивается доля упаковочных отходов, которые характеризуются повышенной стойкостью к разложению в природной среде.

Показатель образования отходов тесно связан с уровнем развития экономики и отражает сформировавшиеся в обществе структуры производства и потребления. Сокращение объема образования отходов служит показателем продвижения секторов экономики к менее материалоемким структурам производства и потребления.

Образование отходов, по данным статистической отчетности, в РФ в 2013г. составляет 5,16 млрд т в год. На рисунке 1 приведены количественные данные образования отходов производства и потребления в период 2010-2013 гг. (данные Росприроднадзора на 01.10.2014 г.). При этом львиную долю в общей массе промышленных отходов составляют отходы добычи полезных ископаемых (около 94%), остальные 6% распределены между обрабатывающими производствами и сельским хозяйством, охотой и лесным хозяйством.

Рисунок 1 — ОБРАЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ (по данным Росприроднадзора от 01.10.2014 г.)



На рисунке 2 приведено количественное распределение образования отходов между различными обрабатывающими отраслями промышленности.

**Рисунок 2** – Образование отходов в обрабатывающей промышленности за 2013 год (по данным Росприроднадзора от 16.09.2014 г.)



Если обращение с отходами рассматривать укрупненными блоками, то можно выделить два основных направления: захоронение и утилизация: в настоящее время в Российской Федерации на полигоны поступает около 80% отходов и только оставшиеся 20% утилизируют.

Утилизация очень емкое понятие, которое включает в себя и повторное (вторичное) использование, и переработку отходов для целей получения вторичных и материальных и энергетических ресурсов.

Одним из наиболее эффективных способов переработки отходов является их термическая обработка и обезвреживание, которые можно рассматривать в качестве ответной меры экологическим угрозам, связанным с увеличением образования потоков отходов.

### ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Основными преимуществами современных методов термической переработки отходов являются:

- высокая эффективность обезвреживания отходов;
- сокращение объема отходов до 10 раз;
- использование энергетического потенциала органических отходов.

В настоящее время наиболее распространен огневой метод (называемый также «сжигание отходов»), который, обладая всеми вышеперечисленными достоинствами термических способов, имеет следующие недостатки:

- образование отходящих газов, в состав которых входят загрязняющие вещества, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду и здоровье людей: хлористый и фтористый водород, сернистый газ, оксиды азота, диоксины, а также металлы и их соединения (цинк, кадмий, свинец, ртуть и т. д. в основном в виде аэрозолей);
- образование золошлаковых отходов непостоянного состава (ввиду непостоянного состава сжигаемых отходов).

Для устранения указанных недостатков на современных мусоросжигательных заводах (далее – МСЗ) в обязательном порядке осуществляют контроль морфологического состава поступающих на сжигание отходов и обеспечивают надежную систему газоочистки.

Также следует отметить, что все современные МСЗ отличаются высокой степенью автоматизации. Пример схемы современного МСЗ представлен на рисунке 3.

**Рисунок 3** - Пример технологической схемы сжигания ТБО на мусоросжигательном заводе



*Историческая справка* – Первый мусоросжигательный завод в нашей стране был запущен в 1975г. в Москве. Температура сжигания составляла 900-1000 °С, очистка отходящих газов проводилась только на электрофильтрах (следовательно, только от пыли и аэрозолей).<sup>[1]</sup>

*Справочно* – По данным на ноябрь 2014 года в России функционировало 10 МСЗ (см. табл.1)

**Таблица 1** – Количество мусоросжигательных заводов в Российской Федерации в 2014 г. (по данным учебного пособия – «Промышленная Экология», В.А. Зайцев)

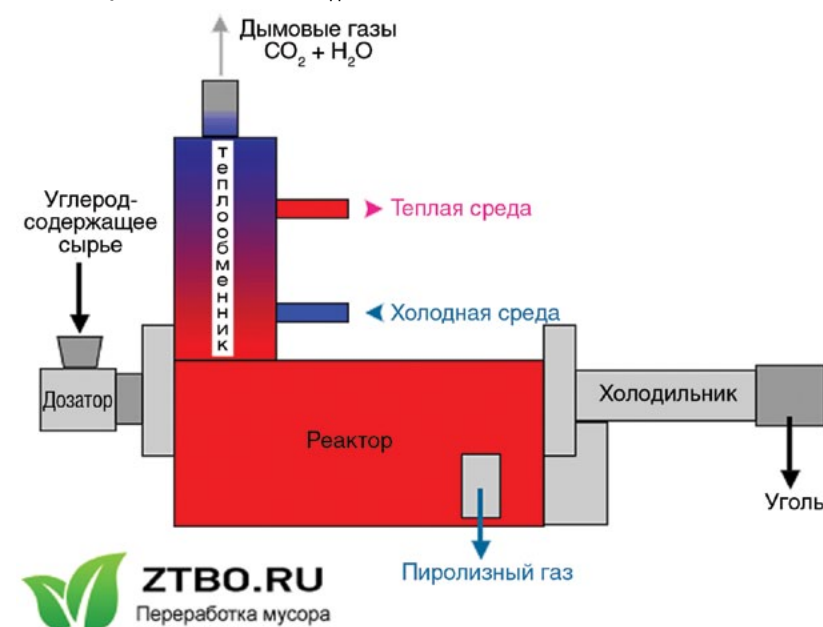
| Мусоросжигательные заводы (МСЗ) |            |
|---------------------------------|------------|
| Регионы РФ                      | Количество |
| г. Москва                       | 3          |
| г. Санкт - Петербург            | 2          |
| Вологодская область             | 1          |
| Мурманская область              | 1          |
| Ставропольский край             | 1          |
| Камчатский край                 | 1          |
| Приморский край                 | 1          |

**ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ**

Термические методы обработки и обезвреживания отходов подразделяют на 6 групп:

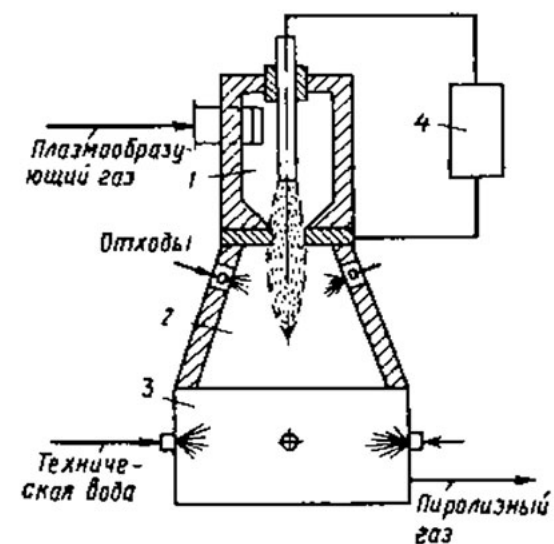
- жидкофазное окисление, используемое для обезвреживания жидких отходов и осадков сточных вод;
- гетерогенный катализ, применяемый для обезвреживания газообразных отходов (термокаталическое окисление, термокаталическое восстановление) и жидких отходов (парофазное каталическое окисление);
- газификация отходов, используемая для переработки твердых, жидких и газообразных отходов с получением горючего газа, смолы и шлака;
- пиролиз отходов, имеющий две разновидности: окислительный пиролиз с последующим сжиганием пиролизных газов; сухой пиролиз. Окислительный пиролиз, являющийся одной из стадий газификации, представляет собой процесс термического разложения отходов при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива. Сухой пиролиз (сухая перегонка) представляет собой метод термической переработки отходов, обеспечивающий их высокоэффективное обезвреживание и использование в качестве топлива и химического сырья. В зависимости от температуры различают три вида сухого пиролиза: низкотемпературный пиролиз или полукоксование (450-500 °С), среднетемпературный пиролиз или среднетемпературное полукоксование (до 800 °С), высокотемпературный пиролиз или коксование (900-1050 °С). Принципиальная схема пиролиза приводится на рис. 4.

**Рисунок 4** – Схема пиролиза отходов



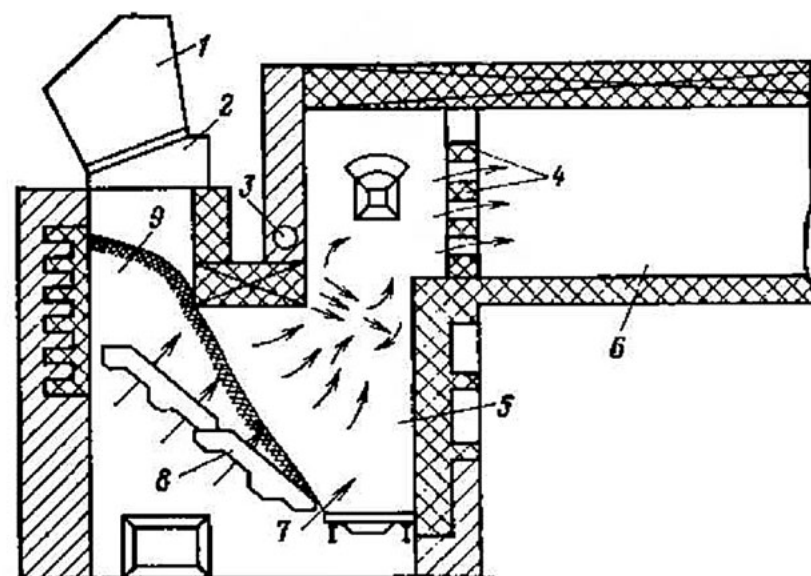
- плазменный метод, который применяют для обезвреживания жидких и газообразных отходов двумя путями: плазмохимической ликвидацией особо опасных высокотоксичных отходов; плазмохимической переработкой отходов с целью получения товарных продуктов. Принципиальная схема плазменного агрегата приводится на рис. 5.

**Рисунок 5** – Схема плазменного агрегата



- огневой метод (часто называемый «сжигание отходов»), используемый для обезвреживания и переработки жидких, твердых, пастообразных и газообразных отходов. Этот метод применяется на современных мусоросжигательных заводах и является наиболее универсальным, надежным и эффективным по сравнению с другими термическими методами. В сущности, сжигание отходов представляет собой окисление фракций, содержащихся в отходах и способных к горению. В качестве примера на рис. 6 приводится схема наиболее распространенной печи с неподвижной колосниковой решеткой.

Рисунок 6 – Схема печи с неподвижной колосниковой решеткой



1 — бункер; 2 — шахта; 3 — сопло для подачи вторичного воздуха; 4 — огнеупорная насадка; 5 — первая ступень топки; 6 — камера дожигания (вторая ступень топки); 7 — подача воздуха; 8 — наклонная колосниковая решетка; 9 — слой отходов

В настоящее время на мусоросжигательных заводах используют различные технологии сжигания отходов, в том числе:

- слоевые топки;
- барабанные вращающиеся печи;
- многоподовые печи;
- камерные печи;
- шахтные печи;
- топки котельных агрегатов;
- реакторы с псевдооживленным слоем;
- пенно-барботажные реакторы;
- циклонные и комбинированные реакторы.

При описании этих технологий с различной степенью детализации рассматриваются следующие этапы:

- прием поступающих отходов;
- хранение отходов и другого сырья;
- предварительная обработка отходов (преимущественно обработка на месте и операции по смешиванию);
- загрузка отходов в печь;
- технологии, применяемые на этапе термической обработки (конструкция печи и т.д.);
- стадия выработки энергии (например, паровые котлы и подача энергии);
- технологии очистки газообразных продуктов сгорания (группируются по веществам);
- обезвреживание остатков, образующихся при очистке газообразных продуктов сгорания;
- удаление остатков, образующихся при очистке газообразных продуктов сгорания;
- мониторинг (производственный контроль) и регулирование выбросов/сбросов;
- контроль и обработка сточных вод (например, образующихся при обработке газообразных продуктов горения);
- обработка и обезвреживание шлаков/зольных остатков, образующихся в результате сжигания;
- удаление шлаков/зольных остатков, образующихся в результате сжигания.

В мировой практике процессы сжигания отходов условно подразделяют на пять групп, имеющих свои технологические особенности:

- сжигание смешанных бытовых отходов. Такое сжигание традиционно представляет собой термическую обработку смешанных и практически необработанных бытовых отходов, образующихся в жилом секторе. Иногда применяется совместное сжигание таких отходов с промышленными отходами;
- сжигание бытовых или других отходов, предварительно подготовленных к сжиганию, то есть подверглись разделному сбору и дополнительной предварительной обработке, что привело к повышению их теплотворной способности;
- сжигание опасных отходов на промышленных площадках и специализированных заводах;
- сжигание осадков сточных вод на специализированных установках или на установках для сжигания отходов (вместе с другими отходами, например, бытовыми);
- сжигание медицинских отходов на специализированных установках. На практике сжигание медицинских отходов производится как на специализированных централизованных установках, так и на децентрализованных установках (расположенных на территории отдельных лечебно-профилактических учреждений). В некоторых случаях сжигание определенных видов медицинских отходов осуществляется на других установках, например, совместно со смешанными бытовыми или опасными отходами.

## ВЫБРОСЫ, СБРОСЫ, ОБРАЗОВАНИЕ ОТХОДОВ И ПОТРЕБЛЯЕМЫЕ РЕСУРСЫ

Потенциальные воздействия на окружающую среду при термической обработке отходов могут быть классифицированы следующим образом:

- выбросы в атмосферу (включая запах) и сбросы в водные объекты;
- образование технологических остатков после сжигания;
- технологический шум и вибрация;

- потребление и производство энергии;
- потребление сырья (реагентов);
- образование летучих нестойких выбросов, в основном в местах хранения отходов;
- нештатные ситуации при хранении/погрузочно-разгрузочных операциях/обработке опасных отходов.

Могут возникать также и другие виды воздействий на окружающую среду во время следующих операций:

- транспортирование поступающих на сжигание отходов, а также остатков, образующихся после сжигания;
- комплексная предварительная обработка отходов (например, производство топлива из отходов).

### МЕТОДОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАИЛУЧШЕЙ ДОСТУПНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

При идентификации НДТ учитывается следующая информация:

- уровни потребления сырьевых и энергетических ресурсов;
- некоторые экономические показатели и показатели воздействия на различные природные среды;
- информация о параметрах применимости технологии для различных промышленных объектов.

Также учитывается информация о системах экологического менеджмента и об интегрированных в производственную схему технологиях и мероприятиях, проводимых «на конце трубы».

Технологии должны быть пригодны к практическому внедрению и обеспечивать высокий уровень защиты окружающей среды.

Технологии, принимаемые во внимание при определении НДТ, сгруппированы в той же последовательности, в которой они используются на промышленных объектах для сжигания отходов:

- общие подходы, применяемые перед термической обработкой отходов;
- термическая обработка;
- утилизация в энергетических целях;
- обработка газообразных продуктов, образующихся при сжигании;
- обработка и контроль технологических вод;
- технологии обработки твердых остатков, образующихся при сжигании;
- борьба с шумом;
- применение систем экологического менеджмента;
- мероприятия по информированию общественности.

### ОПИСАНИЕ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

При сжигании отходов имеются «базовые» НДТ, которые могут применяться на всех установках/предприятиях, где осуществляется сжигание отходов, и «специальные» НДТ, предназначенные для применения на предприятиях, где производится сжигание определенных видов отходов. Подразумевается, что на конкретном промышленном предприятии, где осуществляется сжигание определенных видов отходов (или, например, смешанных бытовых отходов), будет использоваться комбинация базовых НДТ и специальных НДТ.

#### Базовые НДТ

В базовых НДТ особое значение придается выбору конструкции установки, что зависит от физических и химических характеристик обрабатываемых отходов. Эти НДТ играют решающую роль в обеспечении того, чтобы поступающие отходы обрабатывались с минимальными технологическими нарушениями.

Базовые НДТ также включают выбор и эксплуатацию оборудования для:

- контроля поступающих отходов,
- хранения поступающих отходов перед их обработкой;
- предварительной обработки поступающих отходов,
- контроля процесса горения отходов (например, контроль подачи и распределения воздушных потоков),
- повышения эффективности теплообмена в паровых котлах;
- комбинированной выработки тепловой и электрической энергии для централизованного теплоснабжения;
- использования отходов в качестве вторичных ресурсов.

В качестве базовых НДТ рассматриваются технологии обработки:

- газообразных продуктов;
- сточных вод;
- твердых остатков, образующихся при сжигании отходов.

В дополнение к базовым НДТ определяются *специальные НДТ для предприятий, на которых осуществляется обработка следующих видов отходов:*

- смешанных бытовых отходов;
- бытовых отходов, отдельно собранных или предварительно обработанных;
- опасных отходов;
- осадков сточных вод;
- медицинских отходов.

### ОПИСАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

К перспективным технологиям относятся технологии по сокращению выбросов диоксинов, масляные скрубберы для сокращения полигалогенированных ароматических соединений и полициклических ароматических углеводородов в отходящих газах, использование CO<sub>2</sub> в дымовых газах для получения карбоната натрия, технологии стабилизации образующихся при обработке отходящих газов остатков, мембранные технологии очистки сточных вод, образующихся в мокрых скрубберах, и др.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

На современных мусоросжигательных заводах производственный экологический контроль сконцентрирован на следующих основных участках:

- поступление отходов на предприятие (контроль состава поступающих отходов);
- непосредственно сжигание отходов (контроль процесса горения отходов, полноты выгорания отходов, теплотехнических характеристик и т.д.);
- обработка отходящих газов;
- обработка сточных вод;
- обработка твердых технологических остатков.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН ОТ 24.06.1998 N 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления" (ред. от 25.11.2013)
2. ГОСТ 30772-2001 «РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ. ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ».
3. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД «О СОСТОЯНИИ И ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В 2012 ГОДУ»
4. ДОКЛАД ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ «ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ЖИЛОГО ФОНДА В ГОРОДАХ РОССИИ». МОСКВА, 2012 Г.
5. БЕРНАДИНЕР М.Н., ШУРЫГИН А.П. ОГНЕВАЯ ПЕРЕРАБОТКА И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ. – М.: ХИМИЯ, 1990, - 304 С.
6. REFERENCE DOCUMENT ON THE BEST AVAILABLE TECHNIQUES FOR WASTE INCINERATION. AUGUST 2006
7. САЙТ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАТИСТИКИ: [WWW.GKS.RU/](http://www.gks.ru/)
8. [HTTP://ZTVO.RU/O-TVO/STATI/PIROLIZ/PIROLIZ-PONYATIE-TEKNOLOGIYA-PROCESS-SHEAMA-PRODUKTI](http://ztvo.ru/o-tvo/stati/piroliz/piroliz-ponyatie-technologie-process-sheema-produkti)  
ПЕРЕРАБОТКА МУСОРА (ТБО) - ИНВЕСТИЦИИ В БУДУЩЕЕ

<sup>[1]</sup> Промышленная экология: учебное пособие / В.А. Зайцев. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 382 с.