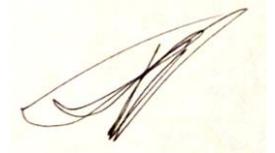


На правах рукописи



Гладышев Николай Григорьевич

**Научные основы рециклинга в техноприродных кластерах
обращения с отходами**

Специальность: 03.02.08 – «Экология»

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

доктора технических наук

Иваново - 2013 г.

Работа выполнена на кафедре химической технологии и промышленной экологии ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет».

Научный консультант:

доктор технических наук, профессор, *Быков Дмитрий Евгеньевич*

Официальные оппоненты:

– *Васильев Андрей Витальевич*, доктор технических наук, профессор, директор Института химии и инженерной экологии ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет»

– *Кортаев Владимир Николаевич*, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры охраны окружающей среды ФГБОУ ВПО «Пермский государственный технический университет»

– *Невский Александр Владимирович*, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общей химической технологии ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

Ведущая организация:

– ОАО «Средневожский научно-исследовательский институт по нефтепереработке» (ОАО СвНИИНП), г. Новокуйбышевск.

Защита состоится « 17 » июня 2013 г. в 10 часов на заседании совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 212.063.02 при ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет» по адресу: 153000, г. Иваново, проспект Ф. Энгельса, 7, ауд. Г-205.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ивановского государственного химико-технологического университета по адресу: 153000, г. Иваново, проспект Ф. Энгельса, 10.

Автореферат разослан «__» апреля 2013 г.

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 153000, г. Иваново, проспект Ф. Энгельса, 7, совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 212.063.02; e-mail: dissovet@isuct.ru, EPGrishina@yandex.ru, факс: (4932)32-54-33.

Ученый секретарь совета, д.т.н., доцент



Е.П. Гришина

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Современный рециклинг – быстро развивающаяся, динамичная область ресурсосбережения. Как элемент системы экологичного развития, рециклинг становится одной из доминант прогресса XXI века. Движущей силой является нарастающий дефицит природных ресурсов при обострении экологических аспектов проблемы отходов. Традиционный подход к утилизации требует замены самой концепции для устранения нерезициклельных отходов на ранних стадиях разработки материальных объектов. Специфика текущего периода заключается в необходимости реализации принципа «ноль отходов», получившего всемирное признание. Развитие рециклинга перераспределяет потоки материальных ресурсов, вовлекает в переработку накопленное техногенное сырье из разнородных объектов размещения отходов, изменяет технологические формы интеграции. Вместе с тем, общая теоретическая база рециклинга практически отсутствует, а существующие региональные структуры движения отходов и вторичных ресурсов представляют собой фрагментарные части, ограниченно взаимодействующие между собой или полностью изолированные друг от друга. Для совершенствования систем рециклинга необходима разработка теоретических положений и практических методов, выходящих за традиционные рамки «обращения с отходами».

Цель работы: разработка научных основ рециклинга в системах обращения с отходами производства и потребления. Для достижения цели решены следующие задачи:

- разработаны основы общей теории рециклинга отходов;
- установлены механизмы управления генезисом отходов для прогнозирования направлений совершенствования технологий и проектирования циклов;
- разработаны принципы и общий алгоритм формирования сетей рециклинга (СР) в кластере обращения с отходами производства и потребления;
- апробированы теоретические положения при разработке систем рециклинга на разных иерархических уровнях.

Научная новизна.

1. Впервые проведен анализ двух концептуальных подходов к решению проблемы отходов – отходоцентрического (ОЦП) и циклоцентрического (ЦЦП) – с эволюционным смещением приоритета от первого ко второму в устойчивом развитии.
2. Разработана система исследования рециклинга отходов и формирования технического базиса кластера рециклинга, развивающая теорию ресурсных циклов.
3. Предложены концепция и принципы ресинтеза как химико-технологической основы рециклинга отходов, разработана структура гибкого технологического комплекса на базе производства альфаметилстирола с возможностью переработки шести основных видов вторичных материальных ресурсов и использованием технологии ресинтеза мономера из полистиролсодержащих отходов.
4. Выполнено расчетное прогнозирование и экспериментальное подтверждение эффективности межступенчатого селективного окисления водорода в составе реакционной массы дегидрирования этилбензола для компенсации эндотермического эффекта основной реакции как обоснование предельной локализации цикла в рециклинге.
5. Разработаны структуры инженерных комплексов переработки нефтезагрязненных отходов/грунтов и шламов водоподготовки на основе адаптации ассимиляционных технологий в качестве замыкающих элементов сетей рециклинга.

Практическая значимость и реализация работы.

1. Разработаны и внедрены в практику работы ОАО «Самаранефтегаз» методики: «Оценка стоимости нефтесодержащих отходов для постановки на баланс», «Методика оценки стоимости нефтепродукта, полученного после переработки нефтешламов», основанные на предложенной непрерывной функции ключевых показателей качества, что позволяет оптимизировать очередность ликвидации нефтешламонакопителей при включении вторичных ресурсов в сети рециклинга.

2. Разработано и внедрено в практику Министерства охраны окружающей среды и лесного хозяйства Самарской области «Руководство по экологическому аудиту при банкротстве», позволяющее минимизировать экологические риски за счет контролируемого управления экологически опасными процессами и отходами в условиях экономической несостоятельности предприятий.

3. Разработаны принципиальные технические решения адаптации в кластер рециклинга гибких технологических комплексов с использованием гибридных технологий. Модернизированы действующие и разработаны новые системы рециклинга в производствах арилолефинов на Куйбышевском заводе синтетического спирта, Шевченковском заводе пластмасс (Казахстан), в системе переработки нефтезагрязненных отходов ОАО «Самаранефтегаз», в водооборотной системе ОАО «Трубоизоляция».

4. Теоретические и технические положения настоящей работы положены в основу 4-х стратегических региональных документов: 1) Целевой комплексной областной программы «Использование вторичных материальных ресурсов на предприятиях и в организациях Куйбышевской области на 1986-1990 годы» и на период до 2000 года (Программа-2000), 2) Проекта Концепции по обращению с отходами на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (2005-2010 г.г.), 3) Областной целевой программы «Совершенствование системы обращения с отходами производства и потребления и формирование кластера использования вторичных ресурсов на территории Самарской области» на 2010-2012 годы и на период до 2020 года (Программа-2020), 4) Проекта Концепции экологического развития Самарской области до 2020 года.

5. Разработанный национальный стандарт РФ ГОСТ Р 54096-2010 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Взаимосвязь требований Федерального классификационного каталога отходов и Общероссийского классификатора продукции» обеспечивает совместимость информационных ресурсов двух действующих государственных классификационных систем (ОКП и ФККО) и развивает механизм регулирования процессов перевода отхода во вторичный материальный ресурс.

Положения, выносимые на защиту.

1. Теоретические положения и система исследований рециклинга отходов.
2. Основы формирования и принципы построения технического базиса кластера рециклинга отходов.
3. Результаты исследований влияния генезиса отходообразующих компонентов на реструктуризацию технологий и сетей рециклинга.
4. Результаты исследований и разработки систем рециклинга на разных уровнях локализации циклов.
5. Технические решения адаптации в кластер рециклинга гибких технологических комплексов с использованием ассимиляционных технологий.

Личное участие автора в получении научных результатов.

Вклад автора состоит в инициировании, проведении и руководстве разработками.

Представленные в диссертации новые принципы, методы и организационно-технические решения разработаны и внедрены под руководством автора или при его непосредственном участии.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций. Научные разработки основаны на экспериментальных исследованиях, выполненных в лабораторных и промышленных условиях. Основные научные положения работы внедрены в производственную практику промышленных предприятий и региональные целевые программы по совершенствованию обращения с отходами.

Апробация научных результатов. Основные результаты доложены на: Всесоюзной научной конференции «Повышение эффективности, совершенствование процессов и аппаратов химических производств», Харьков, 1985; V Всесоюзной конференции по термодинамике органических соединений, Куйбышев, 1987; Всесоюзной конференции «Химреактор-11», Харьков, 1992; Всероссийской научной конференции «Теория и практика массообменных процессов химической технологии», Уфа, 1996; Международной научно-методической конференции «Новые информационные технологии в экологии», Липецк, 1997; VII Всероссийском конгрессе «Экология и здоровье человека», Самара, 2001; Всероссийской научной конференции «Нефтегазовые и химические технологии», Самара, 2001; II Всероссийской научно-практической конференции «Процессы, технологии и оборудование для переработки отходов и вторичного сырья. Полигоны по захоронению отходов», Самара, 2003; Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы надежности технологических, энергетических и транспортных машин», Самара, 2003; 62-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР за 2004 г., Самара, 2005; VI Всероссийской конференции по анализу объектов окружающей среды «Экоаналитика-2006», Самара, 2006; 1-м Международном научно-практическом симпозиуме «Проблемы водных и других ресурсов и геоэкология», Пенза, 2006; 11-й Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы управления-2006», Москва, 2006; Международной научно-практической конференции, Логистика и экономика ресурсосбережения и энергосбережения в промышленности (МНПК «ЛЭРЭП-2007»), Саратов, 2007; XIII и XVI Международных научно-практических конференциях «Системный анализ в проектировании и управлении», СПб, 2009 и 2012; Международной научно-практической конференции «Инновации в теории и практике управления отходами», Пермь, 2009; XV Всероссийском Конгрессе «Экология и здоровье человека», 2010; VI Международной научно-практической конференции «Нефтегазовые технологии», Самара, 2009; Всероссийской научной конференции «Переработка углеводородного сырья. Комплексные решения», Самара, 2009; Международной научно-практической конференции «Инновации в теории и практике управления отходами», Пермь, 2009; Парламентских слушаниях СФ Федерального Собрания РФ, Москва, 2006-2009; Всероссийской конференции «Проблемы формирования отходоперерабатывающей индустрии в Российской Федерации», Москва, 2011.

Публикации. Основные положения диссертации отражены в 67 публикациях, в том числе 19 статьях по списку ВАК, разработан 1 национальный стандарт, получено 4 авторских свидетельства.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 331 листе машинописного текста и состоит из введения, 7 глав, библиографического списка литературы из 416 наименований, содержит 85 рисунков, 36 таблиц и приложение (5 табл.).

Основное содержание работы

Во введении обоснованы актуальность темы диссертации, определены объекты и цели исследований, сформулированы задачи по их достижению. Показана научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В главе 1 представлен анализ существующих воззрений на рециклинг отходов. Рассмотрены исторические аспекты рециклинга, развитие терминологии и современные подходы. Проблемам комплексных решений в области отходов посвящено большое количество работ зарубежных и отечественных авторов: Ситтига М., Бобовича Д.Д., Гуревича А.К., Наркевича И.П. и Печковского В.В. (1984), Вайсмана Я.И., Коротаева В.Н., Матросова А.С., Быкова Д.Е. и др. В нефтепереработке «рисайкл» с целью переработки крекинг-остатков рассматривали Шухов В.Г. (1923), Саханов А.Н. и Тиличев М.Д. (1928), Нагиев М.Ф. (1939). Анализ систем с рециклами проводили Vela M.A. (1961), Liddle C.J. (1968), Кафаров В.В., Мешалкин В.П., Перов В.Л. (1979). Изучение ресурсных циклов в целях создания безотходных и малоотходных промышленных производств отражают работы Ласкорина Б.Н., Громова Б.В., Цыганкова А.П., Зайцева В.А., Ягодина Г.А. (1978-1981). В современных исследованиях рециклинга доминирует экономический акцент: Hummel J. (1996), Dyckhoff H. (2003), Schmidt M. (2005), Чекалин В.С. и Любарская М.А. (2005), Букринская Э. и Мясникова Л. (2006), Dahmus J.V. и Gutowski T.G. (2007); Nashiri F. и Huang G. (2008). С конца XX в. решение проблемы отходов за рубежом связывается с оценкой жизненного цикла (ЖЦ): White P., Franke M., Hindle P. (1995); Craighill A. (1996); Kleineidam U. (2000), McDougall F.R. (2001), Murrey R. (2002); Oh Y.H. и Hwang H. (2005); Gentil E.C. и соавт. (2010); Stessel R.I. (2011); Stahel W.R. (2011). Детально рециклинг исследован в конкретных производствах по отдельным видам отходов: отработанных кислот – Аксенов В.И., отработанных масел и смазочно-охлаждающих жидкостей – Бобович Б.Б. (2000), макулатуры – Zhang D. (1992); буровых растворов – Verma P.R. и др. (2007); нефтешламов – Расветалов В.А. и др. (2000), Курочкин А.К. и Пеганов В.Н. (2001), Аксанов Т.Ш. (2006), Боковинова Т.Н. и Шпербер Д.Р. (2010), Мухин И.И. и Исхакова Н.М. (2007); отходов строительства и сноса – Lennon M. (2005); дорожных покрытий – Martínez-Echevarría M.J. (2008); эластомеров и пластмасс – Kettemann V. (1985), Харлампович Г.Д. (1978), Вольфсон А. (1995), Астанин В.К. (2004-2006), Абдель-Бари Е.М. (2006), Loacuteperez-Fonseca R. (2008), Sulkowski W.W. (2010); холодильников – Lambert A.J.D. (2000); автокомпонентов – Джабраилов Л.М. (2007); электронных отходов – Picoacuten-Ruiz A. (2010); сложных технических систем – Yaghi K.A. (2009). Развиваются концепции: «ноль отходов» – Krohn L.A. (2008), «проектирование для разборки» – Milani V. (2005), Горлицкий Б.А. (2007), Schock G. (2011). На современном этапе технологический скачок в развитии территориальных промышленных групп реализуется на основе кластерной модели Портера М. (1990): в строительстве – Ткаченко Е.А. (2008), автомобилестроении – Шукуров Э.Э. (2009), лесном хозяйстве – Бутко Г.П. (2010), производстве технического текстиля – Жефруа Ф. (2009). Однако кластерная форма интеграции технического базиса для решения задач рециклинга практически не известна.

В главе 2 разработаны основные положения теории рециклинга отходов. В работе представлена аналогия между техногенным и биогенным циклами (рис. 1А), отмечена неразвитость индустриальных систем регенерации как технических аналогов редуцентов экосистем. Показано, что системы регенерации являются циклообразующими составляющими рециклинга. Анализ эволюции техносферы обнаруживает тенденцию увеличения масштабов систем, содержащих циклы, и рост количества контуров. Сущность

предлагаемого ЦЦП заключается в том, что рециклинг – сеть циклов, где материальный поток меняет свои параметры и статус в цепи состояний: сырье → полупродукт → произведенная продукция (и отходы производства) → отходы потребления → вторичный ресурс → сырье' (рис. 1Б). Циклообразующая стадия – трансформация отхода во вторичный ресурс. При ЦЦП отход является одним из состояний материального объекта на одной из стадий его ЖЦ, объекты управления – процессы в элементах СР и сами сети. На качество цикла влияют все стадии и иерархические уровни (рис. 2).

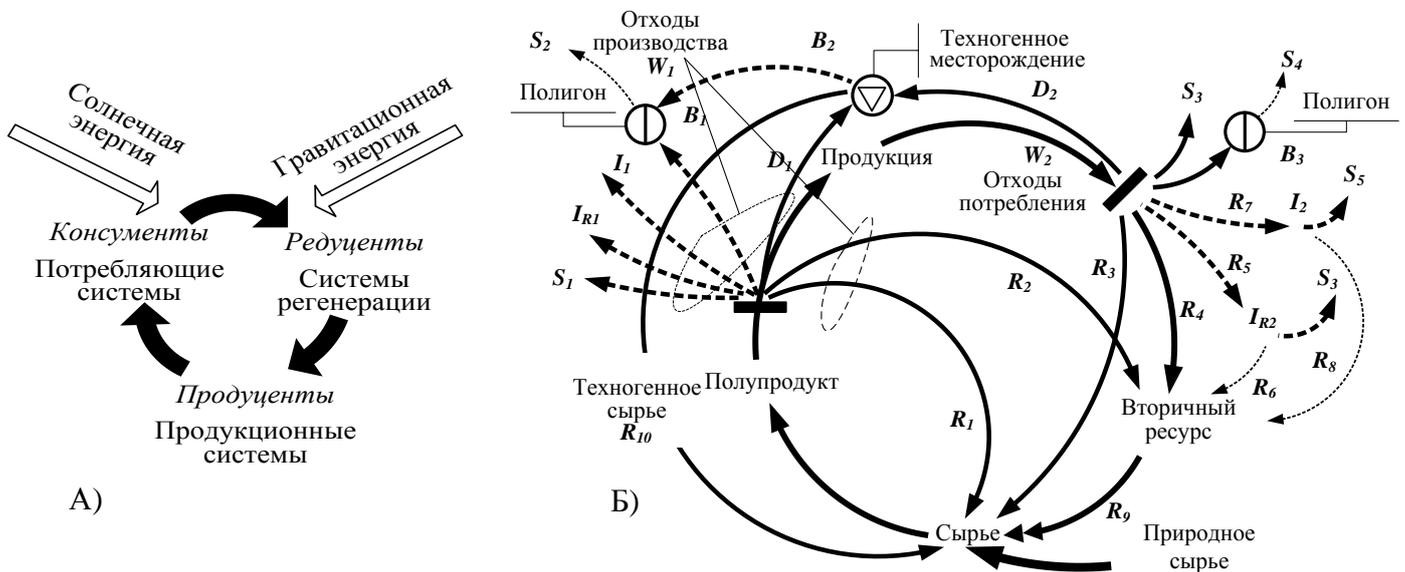


Рис. 1. Биогенный и техногенный циклы

А) Аналогия циклов; Б) Смена статуса материального потока в рециклинге
 R – каналы СР; B – захоронение; D – депонирование с установленной возможностью утилизации; S – рассеивание в окружающей среде; I – сжигание без энергоутилизации; I_R – сжигание с энергоутилизацией



Рис. 2.

Отходоцентрический и циклоцентрический подходы:
 а) иерархия управления отходами: Директива 75/442/ЕЭС;
 б) иерархия технических решений рециклинга на стадиях генезиса и трансформации отходов

С технических позиций рециклинг является масштабным проявлением рециркуляции. Идеальная модель рециклинга соответствует известной концепции «ноль отходов». Формирование СР становится главной целью при заданных ограничениях. Элементы и связи этой сети являются средствами продвижения к цели. Под элементами понимаются производственные, потребительские и регенерационные единицы, под связями – непрерывные и дискретные потоки веществ, материалов, изделий.

Предлагаемый ЦЦП основан на трех положениях: 1) *рециклинг – иерархическая сеть материальных потоков, в которой отходы являются одним из состояний*; 2) *объектами исследования, проектирования и управления являются процессы, технологии и сети рециклинга*; 3) *безопасный выход материального потока из техногенного в природный цикл обеспечивается ассимиляционными технологиями*. Обращение с отходами трансформируется в менеджмент цикла и сетей рециклинга.

Нами впервые распространено на рециклинг определение системы (Волкова В.Н.), преодолевающее условность обособления технического базиса, управления и факторов окружающей среды, раскрывающее объективную интеграцию составляющих:

$$S_{def} \equiv \langle Z, STR, TECH, COND \rangle \quad (1)$$

где Z – совокупность целей рециклинга; STR – совокупность структур, реализующих цели; $TECH$ – совокупность технологий (методы, средства, алгоритмы и т.п.), реализующих рециклинг; $COND$ – условия существования рециклинга (внешние и внутренние), включая юридические, экономические, экологические, социальные аспекты. Данные составляющие определяют направления исследований и объективность их интеграции.

На основе системного анализа предложены три аксиомы рециклинга: 1) утилизация – звено цепи в сетях рециклинга; 2) эволюция сетей рециклинга – отклик на изменения социотехноприродных (потребительских, производственных и природных) систем; 3) жизненный цикл сети рециклинга проходит этапы возникновения, развития, стабилизации, упадка, ликвидации. Определена иерархия циклов материальных потоков и приоритетность решений на возможно более низком уровне локализации (рис. 3).

Выделены 3 такта циклической динамики в отклике рециклинга на технологические волны:

1 – «*инновационный скачок*» при возникновении принципиально нового материального объекта с образованием новых ресурсных потоков; 2 – «*ликвидация старой альтернативы*» с вытеснением морально и физически устаревших объектов, сопровождаемая свертыванием и устранением узкоориентированных элементов циклов и целых циклов, обострением потребности утилизации сооружений, конструкций, изделий, материалов и веществ, нагружающей и трансформирующей существующие СР, инициирующей новые циклы; 3 – «*новое из старого*», что обусловлено самосохранением технико-экономических структур в границах старой альтернативы.

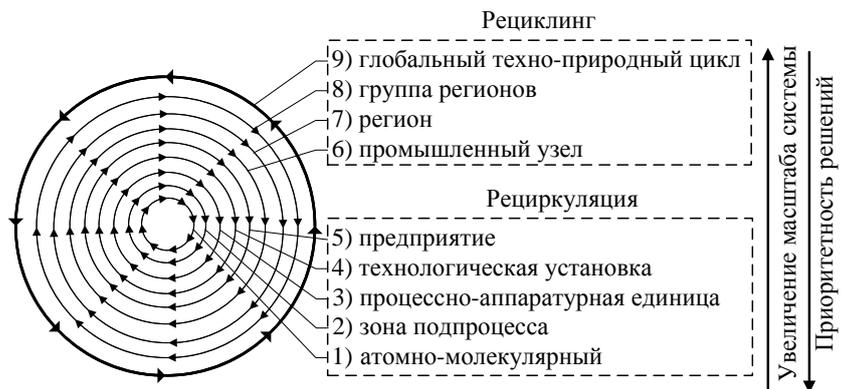


Рис. 3. Иерархия циклов материальных потоков

Следствием аксиом является необходимость синхронизации разработок производственных и регенерационных подсистем рециклинга. Центральным звеном служит понятие собственно отходов, особенностью которого является его относительность: отход перестает быть таковым при появлении нового собственника, для которого потребительские свойства материального объекта не утрачены. Любой отход и вторичный ресурс оцениваются множеством атрибутов $y = \langle y_1, y_2, \dots, y_k, \dots, y_l \rangle$, реализуемых на множестве их возможных значений Y . Запись $y \in Y$ соответствует характеристикам отхода – атрибуты качества, количества, географические координаты, условия поставок и другие. Симметрично, требования потенциального потребителя отхода $t = \langle t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_l \rangle$

реализуются на множестве их значений T (технические условия на сырье, и т.д.). Таким образом, запись $t \in T$ будет соответствовать рассмотрению возможного значения требований потенциального потребителя отхода. В реальных технико-экономических системах можно реализовать не каждую пару y, t . Пересечение множеств Y и T создает подмножество R' вторичных ресурсов, отвечающих требованиям потребителя $R' \in Y \cap T$. Соответственно, логическое выражение $R' \notin Y \cap T$ представляет собой определение отхода. Наряду с предотвращением и минимизацией образования отходов, ресурсосбережение при обращении с отходами отображается тремя схемами: 1) $Y \rightarrow T$ (упреждающее изменение характеристик отхода на стадиях создания материального объекта, его генезиса и трансформации отхода), 2) $T \rightarrow Y$ (изменение требований потенциального потребителя на основе адаптации использующей технологии к характеристикам отхода) и 3) $Y \leftrightarrow T$ (двустороннее сближение характеристик отхода и требований потребителя).

Декомпозицией выделим 3 подсистемы (рис. 4): СР-1 – использование и переработка отходов производства в составе производционных систем; СР-2 – переработка отходов потребления; СР-3 – развивающаяся индустрия рециклинга. Высший уровень – вся система, действующая на территории с очерченными границами в определенной геоэкологической среде (сетевой техникой базис кластера рециклинга). В систему из внешней среды, в том числе из других территорий, поступают первичные и вторичные ресурсы (R_0 и R'_0), используемые любой из подсистем. При функционировании СР-1 и СР-2 между ними возможно движение вторичных ресурсов R' . Из производционной и потребительской систем в СР-3 поступают отходы ($W'_{i,j}$) с характеристиками X , которые не могли быть переработаны в СР-1 и СР-2.

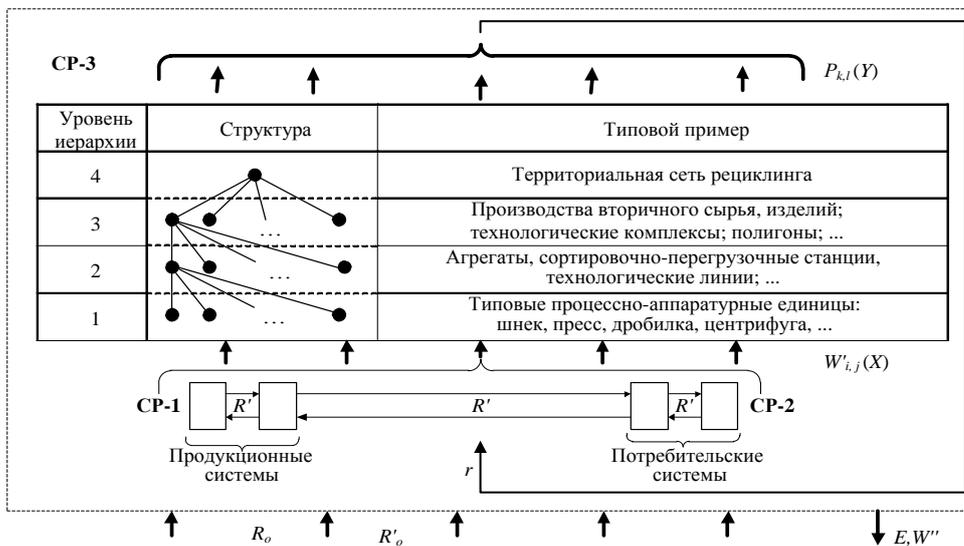


Рис. 4. Структура технического базиса рециклинга

Производцией СР-3 является множество $P_{k,l}$ вторичного сырья и изделий с характеристиками Y , возвращаемых в виде рецикла r для целевого использования. Индексы i, j, k, l относятся соответственно к источнику отходов, виду отхода, источнику продукции с использованием отходов и виду продукции. Функционирование системы сопровождается эмиссиями

в окружающую среду E , передачей отходов и вторичных ресурсов во внешние системы W' . Представление СР имеет слоистую топологию (по видам отходов).

Предложено различать логическую и физическую структуризацию СР, что позволяет выделять два этапа исследований и формирования СР – логической и физической структуризации. Логическая топология (без пространственно-временных координат) является упрощенной моделью СР. Физическая топология с пространственно-временными координатами относится к задачам логистики рециклинга. Примеры сетевых структур (рис. 5, 6) отражают развитие СР. Предложенная топология является базой исследований и решения практических задач от структурного синтеза и анализа до материальных балансов, проектирования СР, логистики и градостроительного планирования.

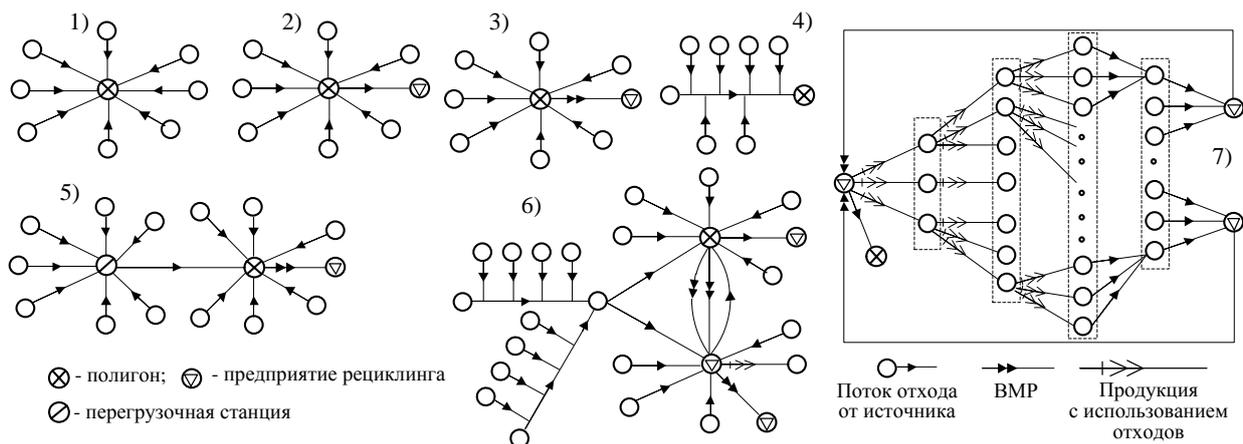


Рис. 5. Эволюция типовых сетевых структур рециклинга

1 – однонаправленная звезда (полигон); 2 – двунаправленная звезда (полигон с сортировкой); 3 – полигон с производством вторичных ресурсов; 4 – магистраль; 5 – звездная пара (перегрузочная станция с полигоном); 6 – гибридная сеть (магистрالی, сортировка, полигон, завод по переработке отходов с производством вторичного сырья и продукции на его основе; 7 – упрощенная иерархическая сеть рециклинга автомобильных масляных фильтров «КОЛАН»

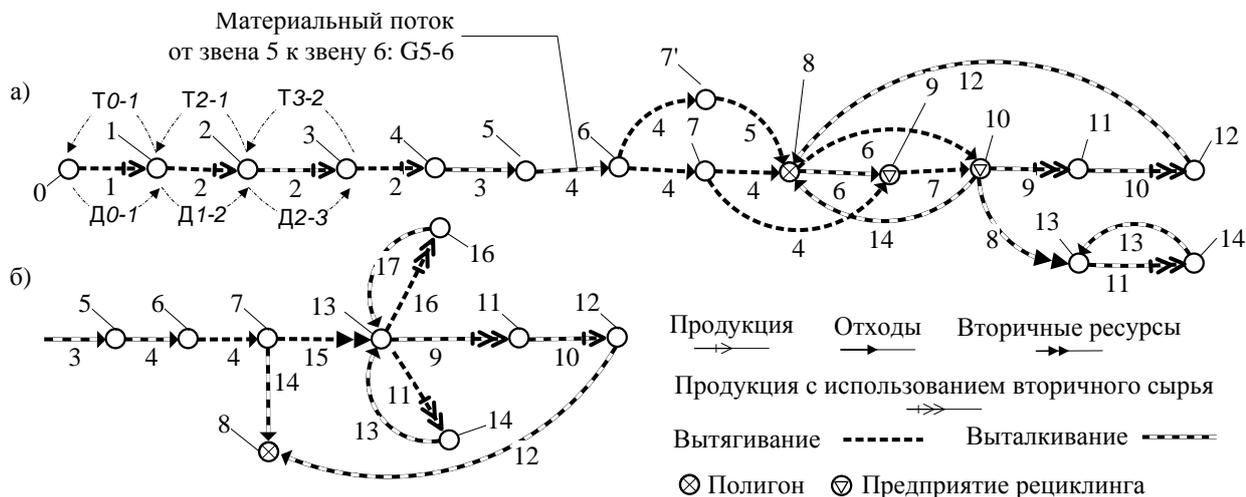


Рис. 6. Принципиальная схема логистической цепи движения ПЭТБ

Звенья ЛЦ: 1 – предприятие пищевой промышленности; 2 – оптовый склад; 3 – торговая точка; 4 – розничный потребитель; 5, 6 – домашний и внутридворовый контейнеры; 7 – кузов мусоровоза без пресса; 7' – пресс-кузов мусоровоза; 8 – полигон ТБО; 9 – ЗПБО; 10 – предприятие по переработке ПЭТБ; 11 – предприятие по производству строительных материалов (кирпич, пенобетон); 12 – площадки строительства (зданий); 13 – предприятие по производству полимерных изделий; 14 – площадки строительства систем водоснабжения-водоотведения; 15 – «зеленый остров»; 16 – площадки дорожного строительства и ремонта. **Материальные потоки ЛЦ:** 1 – сырье для производства ПЭТБ; 2 – напиток в ПЭТБ; 3 – использованные ПЭТБ; 4 – ПЭТБ в составе ТБО (навалом); 5 – ПЭТБ в составе ТБО (прессованные); 6 – ПЭТБ, собранные на полигоне и упакованные в биг-баги; 7 – ПЭТБ, извлеченные из ТБО (прессованные); 8 – флекс; 9 – продукция на основе флекса (упаковочная лента); 10 – упакованные строительные материалы; 11 – продукция на основе флекса (крышки канализационных колодцев); 12 – использованная упаковочная лента; 13 – разрушенные крышки канализационных колодцев; 14 – вторичные отходы переработки ПЭТБ; 15 – флекс-сырец (полупродукт); 16 – передвижные знаки дорожного строительства; 17 – разрушенные знаки дорожного строительства. Требования потребителя J к поставщику I - $TJ-I$; сопроводительная документация поставщика I к потребителю J - $DI-J$.

Большая размерность задачи требует декомпозиции системы. Общий вид технической модели рециклинга *ТЕСН*, включая составляющую условий существования (ограничения), предлагается представлять следующими уравнениями:

$$Z = Z(x, u, \alpha, b, s, p, t) \quad (2)$$

$$M(x, u, \alpha, b, s, p, t) = 0 \quad (3)$$

$$N(x, u, \alpha, b, s, p, t) \geq 0, \quad (4)$$

где Z – целевая функция; M – модели элементов СР; N – ограничения; x – вектор переменных состояния; u – вектор управляющих переменных; α – вектор структурных переменных; b – вектор геометрических переменных (главные размеры элементов); s – вектор геоэкологических переменных; p – вектор параметров моделей (физико-химические, экономические и т.д.); t – время (для критериев динамики, устойчивости и т.д.). Для оценки стационарных материальных потоков СР предлагается использовать матричный безытерационный метод по аналогии с расчетами потоковых технологических процессов (Кафаров В.В., Мешалкин В.П.). Математическая модель трансформера $Y = F(X, U)$, где Y и X – векторы параметров состояния выходных и входных потоков; U – вектор управлений. Уравнения связей между элементами СР $x_i^k = y_j^l$, где i -я входная переменная k -го трансформера является j -й выходной переменной l -го трансформера. Расчет СР, не требующий итерационного уточнения параметров потоков между трансформерами, с допущением линейной связи между входными и выходными переменными отдельного трансформера, осуществляется с помощью операционных матриц $[Y] = [A] \times [X]$, где $[A]$ – матрица преобразования или операционная матрица, элементы которой соответствуют коэффициентам функциональной связи между элементами вектора входных (x_1, x_2, \dots, x_m) и выходных (y_1, y_2, \dots, y_n) переменных трансформера. Элементами матрицы $[A]$ становятся коэффициенты извлечения отдельных фракций отходов или элементов технических систем, коэффициенты разделения, выходы рециклатов или их отдельных компонентов, а также коэффициенты уравнений линейной регрессии. Математическая модель СР получается объединением матриц преобразования отдельных трансформеров в соответствии с их типом $[C][X^{(1)}, X^{(2)}, \dots, X^{(k)}, \dots, X^{(n)}, Y_0]^T = 0$, где $X^{(k)}$ – вектор-строка входных переменных в k -й трансформер; Y_0 – вектор-строка выходных переменных системы; $[C]$ – эквивалентная матрица преобразования (матрица уравнений связи СР), элементы которой соответствуют элементам операционных матриц отдельных трансформеров; n – число трансформеров СР.

Предложена общая классификация рециклинга (рис. 7) с выделением 8 ключевых признаков, присущих реальным системам. Создание и развитие СР основано на комбинировании технологий рециклинга для организации циклов. Географически распределённая структура объединяет множество технологических процессов, выполняющих исходные функции совместно с адаптированными функциями рециклинга. Интеграция начинается межаппаратным циклом (простой контур), типичным для технологий с рециркуляцией (непрореагировавших компонентов сырья, растворителей, катализатора в контуре «реактор-регенератор» и т.д.). Более высокий уровень имеют циклы, выходящие за границы технологической установки (каскад контуров и т.д.). Качество рециклата определяет иерархию приоритетов использования отходов. При выходе за допустимые границы качества рециклат выводится из контура (открытый контур) в другую производственную систему. На рис. 8 показан типичный нисходящий каскад от первичного до четвертичного рециклинга.

В настоящей работе впервые предложена классификация технологий, ориентированная на создание и развитие СР. Выделены 3 классификационных признака (рис. 9), сформулированы определения основных видов технологий рециклинга.

Базисные технологии рециклинга – функционирующие в широком диапазоне колебаний состава основного сырья и способные вовлечь в переработку или для использования отходы извне.



Рис. 7. Классификационные признаки и виды рециклинга

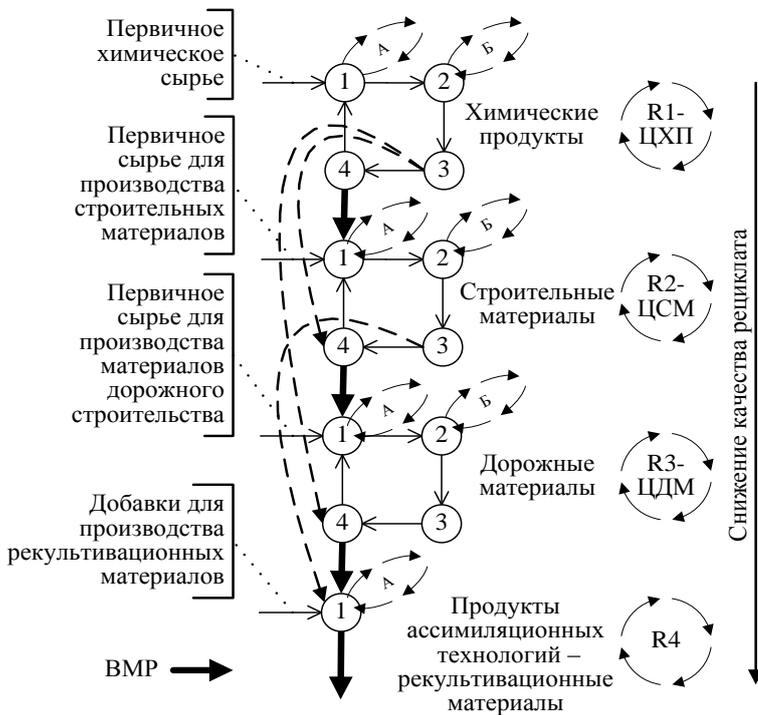


Рис. 8. Нисходящий каскад открытых контуров
 1 – основное производство; 2 – потребление; 3 – обработка продукции по завершению ЖЦ; 4 – производство ВМР. R1, R2, R3, R4 – первичный, вторичный, третичный, четвертичный рециклинг; А – производственный рециклинг, Б – потребительский рециклинг. Условие сохранения вторичного ресурса в i -контуре:

$$R_i \in Y_i \cap T_i \Rightarrow 4-1$$

Сателлитные технологии рециклинга – дополняющие технологии-источники отходов (базисные технологии), переработка отходов интегрируется в специфическую часть производственного комплекса. **Автономные технологии** – создаваемые исключительно для решения проблемы отходов без интеграции с базовыми технологиями. **Гибридные технологии** – для совместной переработки промышленных и коммунальных отходов. Существуют тенденции увеличения числа гибридных технологий и трансформации базисных технологий в гибридные. **Ассимиляционные технологии** – обеспечивающие экологически безопасный вывод материальных потоков из техногенных в природные циклы с полезным эффектом. При проектировании СР приоритетным критерием выбора технологий является генетический признак, определяющий форму адаптации технологий в сетях рециклинга.

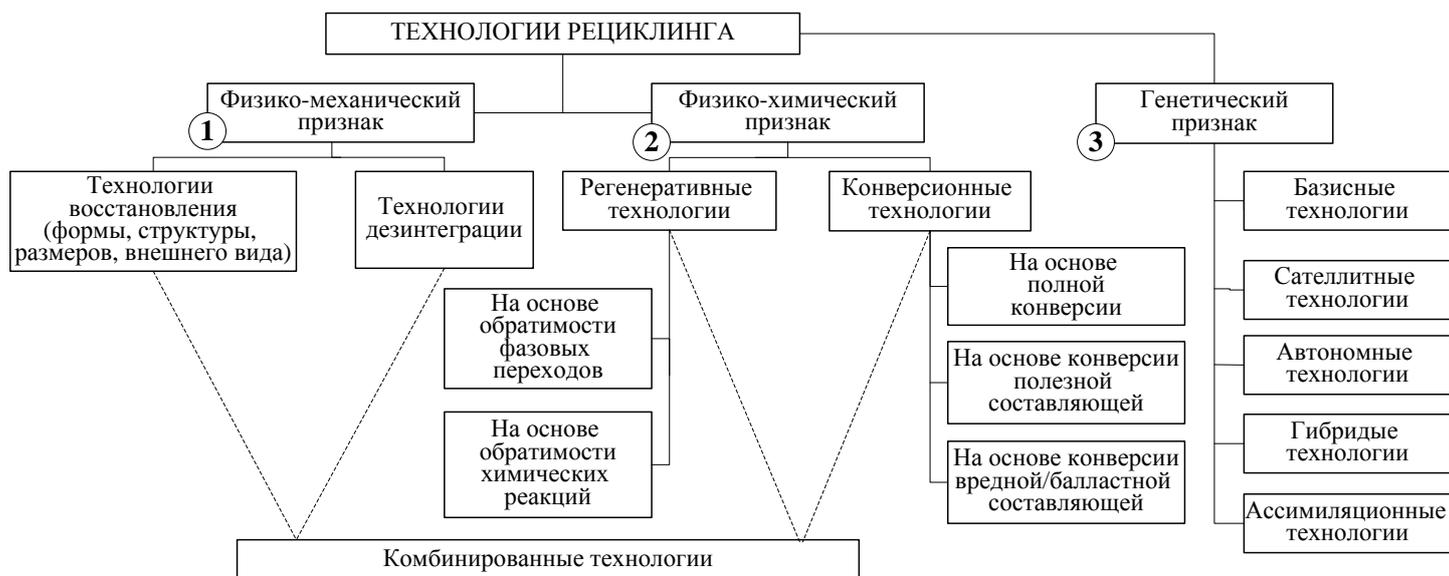


Рис. 9. Классификационные признаки и виды технологий рециклинга

Предложены и обоснованы принципы построения СР в кластерах рециклинга:

- принцип сочетания внутрикластерного рециклинга и межкластерной интеграции;
- принцип иерархического единства локализации, дифференциации, сетевой интеграции циклов и технологий рециклинга;
- принцип масштабного приоритета решений проблем, существующих на «хвосте цепи», в узлах на начале цепи и низших уровнях иерархии циклов;
- принцип выделения критических компонентов и структурных элементов цикла;
- принцип минимизации негативного воздействия цикла на окружающую среду;
- принцип включения ассимиляционных технологий при выводе ресурсов из антропогенного в природный цикл;
- принцип переориентации с толкающей на тянущую логику.

Возвращение в техногенез растущего динамичного ассортимента материальных объектов (от электронных компонентов до сооружений и целых предприятий) ставит новые задачи перед химией и химической технологией. Предложена концепция ресинтеза в качестве химико-технологической составляющей ЦЦП. Целесообразно определять известным в биохимии термином «ресинтез» специфическую сферу его применения: **химия ресинтеза – область химии, изучающая химические реакции обеспечения рециклинга**. Признаки ресинтеза: 1) получение из отходов известного вещества по иной технологии по сравнению с существующими; 2) получение из отходов вещества, не синтезируемого из первичного сырья; 3) получение веществ, израсходованных в одних реакциях химической схемы производства, путем дополнения этой химической схемы другими реакциями, замыкающими цикл. Принципы ресинтеза: 1) прямой синтез рассматривается с учетом организации химических циклов возвращения веществ и материалов в техногенез; 2) приоритетное сырье синтезов – ВМР. Ресинтез связан с циклами и масштабируется аналогично рециклингу. Технологический рециклинг организуется в зависимости от химической схемы производства. Ресинтез реализуется на различных уровнях организационной интеграции рециклинга. Технологические волны увеличивают долю технологий ресинтеза в производственных системах. Примеры исследований ресинтеза представлены в главе 6.

В главе 3 представлена система исследования рециклинга отходов. Цели, задачи, структура и методы исследований вытекают из определения рециклинга в терминах теории систем. Изменения в ЖЦ рециклинга являются откликом на изменения любой из со-

ставляющих выражения (1). Предложено выделять 2 области ЖЦ отхода (рис. 10) – генезис и трансформация, разграниченные точками **P** (для продукции) и **W** (для отходов). Отсюда следуют 3 стратегии, ориентированные на области: 1) генезиса (до точки **W**), 2) трансформации (после точки **W**) и 3) совместно генезиса и трансформации отхода. Возможность переориентации отходообразующих процессов в целевые устанавливается исследованиями генезиса отходообразующих компонентов. Обобщение опубликованных данных и авторские исследования показали наличие трех путей реализации данного подхода: 1) исключение или подавление отходообразующих процессов; 2) трансформация отходообразующих компонентов в полезную продукцию или её составную часть; 3) интенсификация отходообразующих процессов для перевода примесных (балластных) компонентов в полезные. Мониторинг логистической цепи (ЛЦ) задействует дополнительные обратные связи для управления качеством отхода путем реинжиниринга процессов генезиса на предшествующих стадиях ЖЦ.

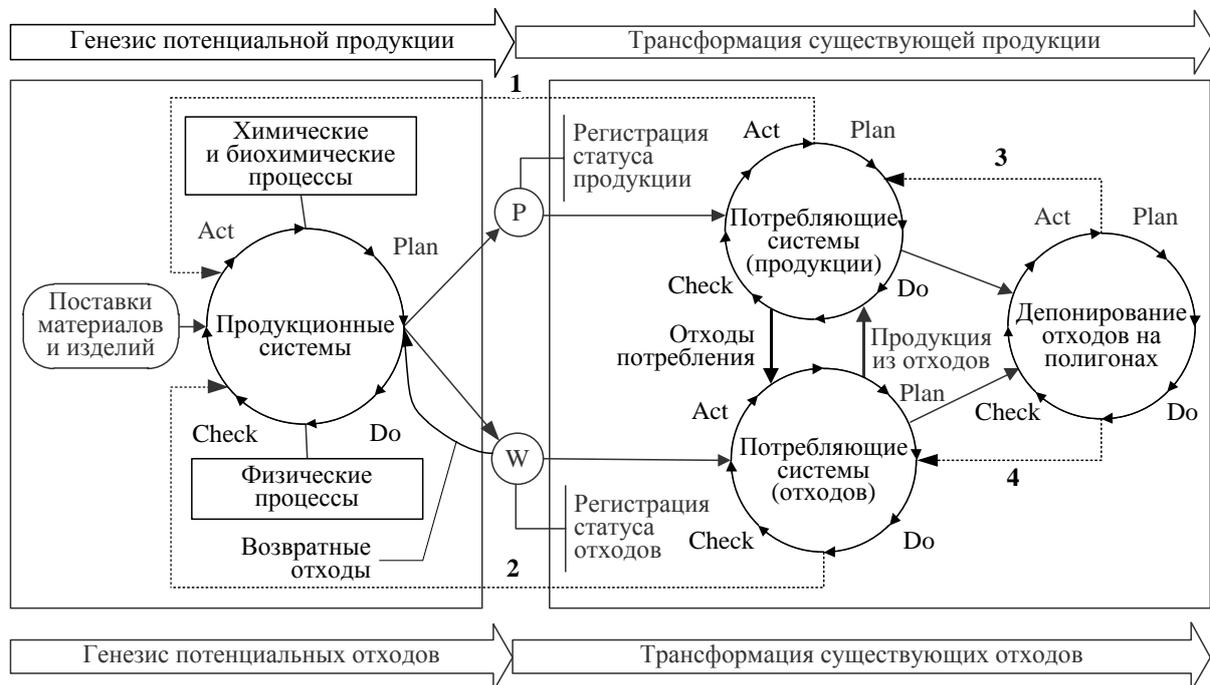


Рис. 10. Области управления рециклингом: генезис и трансформация отходов

Исследование рециклинга дифференцировано по этапам расширенного ЖЦ отходов: генезис, появление, сбор, транспортировка, использование, переработка, размещение, ассимиляция/вторичный техногенез при разработке техногенных месторождений. Критические факторы идентифицируются по всем составляющим формулы (1). Предложенная классификация СР и технологий рециклинга создает основу системного подхода к анализу и синтезу сетей материальных потоков. Иерархический подход в исследованиях рециклинга позволяет найти эффективные решения на различных уровнях управления генезисом/трансформацией отходов. Общий алгоритм приведен на рис. 11. Началом отсчета в организации СР являются объекты размещения отходов как геоэкологические индикаторы качества ресурсосбережения и конечные элементы логистической цепи.

Методология исследования СР основана на двух подходах – прямом и обратном: 1) от следствия к причине и 2) от причины к следствию (отход на полигоне → отход на предприятии → технология-источник; обратная цепь). По аналогии с наилучшими доступными и наилучшими существующими технологиями (НДТ и НСТ) введены понятия – «наилучшие доступные» и «наилучшие существующие СР» (НДСР и НССР). Это сокращает продолжительность и повышает качество проектирования новых сетей с учетом

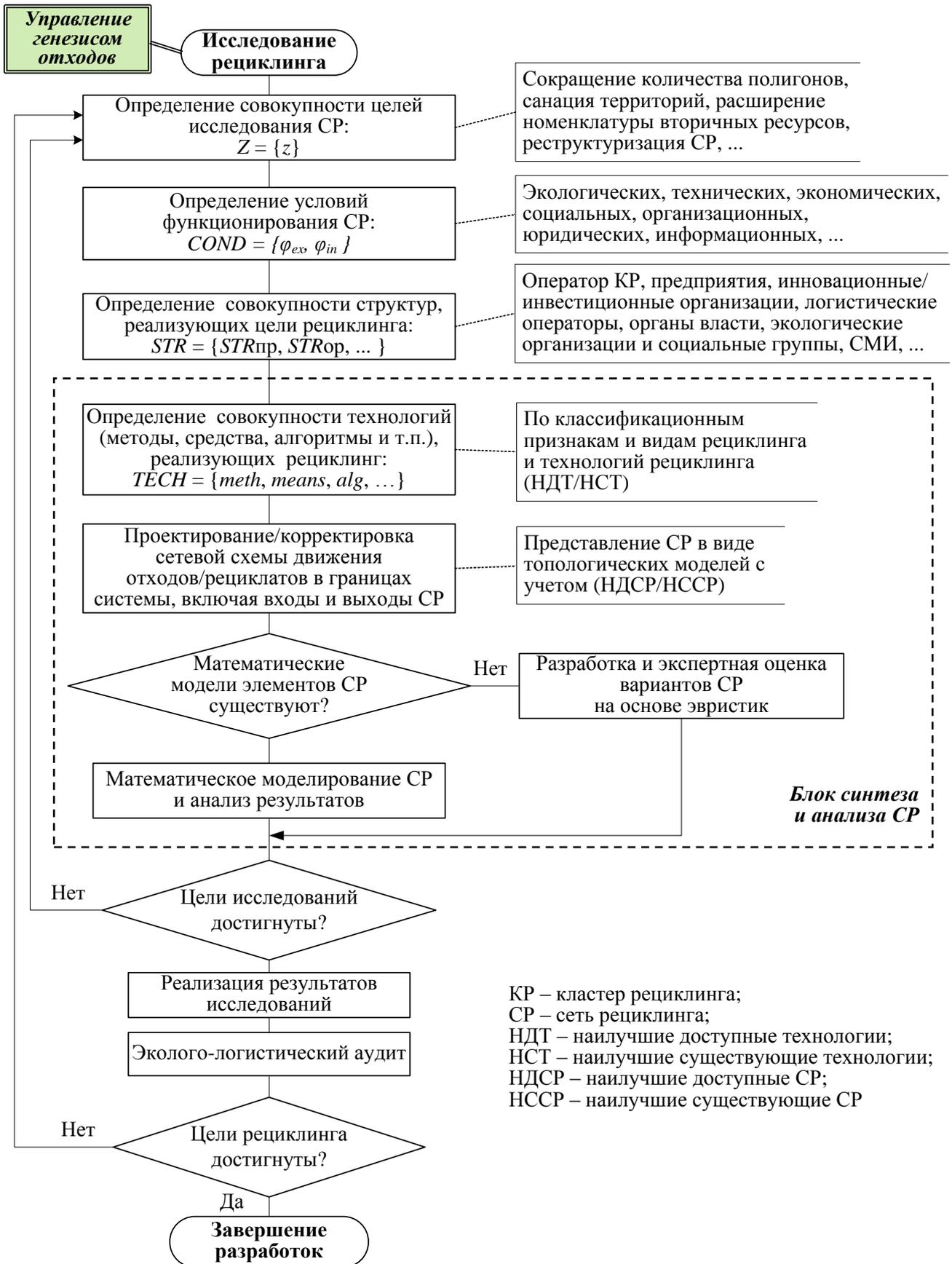


Рис. 11. Общий алгоритм исследования рециклинга

ЖЦ и воздействий на разных его стадиях. Исходя из положения о сетевом характере и иерархичности рециклинга, предложен метод эколого-логистического аудита (ЭЛА) как инструмента оценки СР, группировки экологических аспектов в понимании международного стандарта ISO 14001. Объектом диагностического ЭЛА являются цепи и СР, предметом – диагностика аномалий структуры потоков отходов и вторичных ресурсов. Сформулированы основные принципы и особенности использования корпоративных информационных систем на разных уровнях эколого-логистического аудита.

В главе 4 выдвинуто утверждение, что сетевая технологическая и логистическая сущность рециклинга служит основанием для сетевой формы интеграции – кластера рециклинга (КР). Представлено теоретическое обоснование техноприродного кластера рециклинга (ТКР), как системы, обеспечивающей формирование и развитие многоуровневой СР с учетом геоэкологической составляющей.

Оценка ключевых признаков кластера с геоэкологических позиций, в силу причинно-следственной связи между субъектами и объектами воздействия на окружающую среду, позволила впервые предложить определение ТКР: *«Техноприродный кластер рециклинга – территориальная система, обеспечивающая согласованное взаимодействие организаций для реализации экономики циклов материальных потоков вне зависимости от наличия или отсутствия общих собственников при заданных геоэкологических условиях и ограничениях»*.

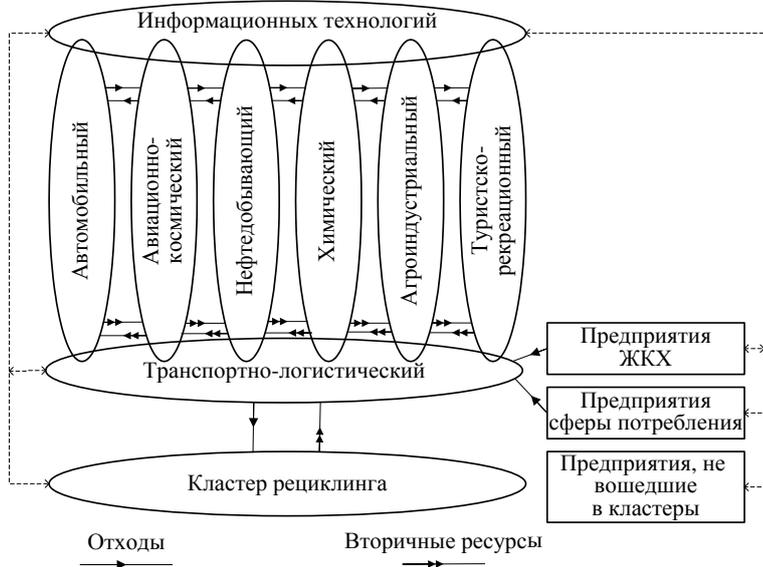
Учитывая возрастание нагрузки на геоэкологические системы со стороны населения при его ключевой роли в отношении коммунальных отходов, предложено расширение термина – *«Социотехноприродные кластеры рециклинга (СКР)»*, включающее в партнерские отношения субъекты социальной среды. Это согласуется с влиянием социальных потребностей на структуру и ЖЦ объектов потребления, принципом расширения границ цикла, возрастанием роли гибридных технологий рециклинга. Фундаментальным свойством СКР является существование его инженерной инфраструктуры в конкретной двойственной (геоэкологической и социальной) среде.

На основе объективного сосуществования двойственной пары $ДП(R,W)_y$ – «вторичное сырье – отход» предложена двухъядерная модель ТКР: 1) полигон (группа полигонов) по захоронению не утилизируемых отходов (независимо от наличия собственной частичной переработки), 2) технологическая СР. Развитие этих ядер имеет противоположно направленную динамику «сообщающихся сосудов». Общий ресурс делится между ядрами. Первое ядро свертывается по мере расширения второго. Достижение идеального результата «ноль отходов» соответствует трансформации двухъядерного ТКР в одноподъядерный (отсутствие захоронения).

Выделены два этапа формирования кластеров рециклинга: 1) возникновение протокластера (период преобладания индустриального рециклинга с целью переработки отходов производства); 2) целенаправленное создание кластера рециклинга (экспансия промышленной переработки коммунальных отходов совместно с анализом рециклабельности и реинжинирингом процессов ЖЦ материальных объектов). Эволюция системы обращения с отходами последних десятилетий подтверждает объективную закономерность такого развития. При участии автора разработаны ключевые научные положения Программы-2000, явившиеся реальным шагом к созданию кластера.

В настоящей работе впервые сформулированы миссия, общая и специальные цели КР, обосновано развитие регионального кадастра отходов как информационной платформы КР, включая идентификацию циклов и анализ технического базиса. Представлены три направления кластерных решений: 1) использование НДТ/НСТ и лучшей прак-

тики; 2) развитие и продвижение НДСР и НССР; 3) обеспечение доступа участников кластера к финансовым, административным, информационным, образовательным ресурсам. Кластерная модель ориентирует региональные программы на создание СР. Принципиальным отличием КР является принадлежность предприятий, связанных с технологическим циклом отходов, к разным отраслям (рис. 12). Горизонтальный тип КР определяется интеграцией отходов и ВМР вертикальных кластеров. Движение ВМР между отраслями способствует межотраслевой интеграции знаний и инновациям, формируются подкластеры по видам и группам отходов. Горизонтальное планирование на-



учных, технико-экономических и организационно-информационных процессов КР поддерживается общностью инженерной структуры, геоэкологической и социальной среды, унификацией нормативно-правовых требований, использованием ЭЛА.

Технологическое обоснование КР создает основу для дальнейшего развития теоретических положений в организационно-экономическом и геоэкологическом аспектах. Основные уравнения оценки качества рециклинга:

Рис. 12. Межкластерная интеграция рециклинга

$$W = U + \bar{U} \quad (5); \quad U = R + I_R + D \quad (6); \quad \bar{U} = B + I + S \quad (7);$$

$$W = (R + I_R + D) + (B + I + S) \quad (8).$$

Система относительных оценок (норм):

утилизации $N_U = U/W$ (9); рециклинга $N_R = R/W$ (10); энергоутилизации $N_{I_R} = I_R/W$ (11);

депонирования $N_D = D/W$ (12); сжигания без теплоиспользования $N_I = I/W$ (13);

захоронения $N_B = B/W$ (14); рассеивания $N_S = S/W$ (15).

Развернутые соотношения:

$$N_U = U/W = (R + I_R + D) / W = R/W + I_R/W + D/W = N_R + N_{I_R} + N_D \quad (16)$$

$$N_{\bar{U}} = \bar{U}/W = (B + I + S) / W = B/W + I/W + S/W = N_B + N_I + N_S \quad (17)$$

где W – образовано; U – утилизировано; \bar{U} – не утилизировано; R – возвращено в СР; B – захоронено; D – депонировано (с возможностью переработки); I_R – сожжено с утилизацией теплоты; I – сожжено без утилизации теплоты; S – рассеяно в окружающей среде.

Предложено использовать 3 группы оценок КР: 1) универсальные экономические оценки кластеров; 2) отходоориентированные региональные оценки рейтинговых агентств; 3) специализированные оценки кластера рециклинга.

Унификацию оценки рециклинга в кластере по количеству видов отходов обеспечивают следующие уравнения, производные от количественных оценок по их объемам:

$$A_W = A_U + A_{\bar{U}} \quad (18); \quad A_U = A_R + A_{I_R} + A_D \quad (19); \quad A_{\bar{U}} = A_B + A_I + A_S \quad (20);$$

$$A_W = (A_R + A_{I_R} + A_D) + (A_B + A_I + A_S) \quad (21).$$

Относительные индексы (безразмерные критерии рециклинга в кластере):

$$\text{утилизации } a_U = A_U/A_W \quad (22); \quad \text{рециклинга } a_R = A_R/A_W \quad (23);$$

энергоутилизации $a_{I_R} = A_{I_R} / A_W$ (24); депонирования $a_D = A_D / A_W$ (25); захоронения $a_B = A_B / A_W$ (26); сжигания без теплоиспользования $a_I = A_I / A_W$ (27); рассеивания $a_S = A_S / A_W$ (28).

Развернутые соотношения

$$a_U = A_U / A_W = (A_R + A_{I_R} + A_D) / A_W = A_R / A_W + A_{I_R} / A_W + A_D / A_W = a_R + a_{I_R} + a_D \quad (29)$$

$$a_{\bar{U}} = A_{\bar{U}} / A_W = (A_B + A_I + A_S) / A_W = A_B / A_W + A_I / A_W + A_S / A_W = a_B + a_I + a_S \quad (30)$$

где A_W – образовано; A_U – утилизировано; $A_{\bar{U}}$ – не утилизировано; A_R – возвращено в СР; A_B – захоронено; A_D – депонировано (с возможностью дальнейшей переработки); I_R – сожжено с утилизацией теплоты; A_I – сожжено без утилизации теплоты; A_S – рассеяно в окружающей среде.

В главе 5 приведены результаты исследований влияния генезиса отходообразующих компонентов на качество побочных продуктов, отходов и ВМР, реструктуризацию технологий и СР на примере производства стирола и альфаметилстирола (АМС) (рис. 13).

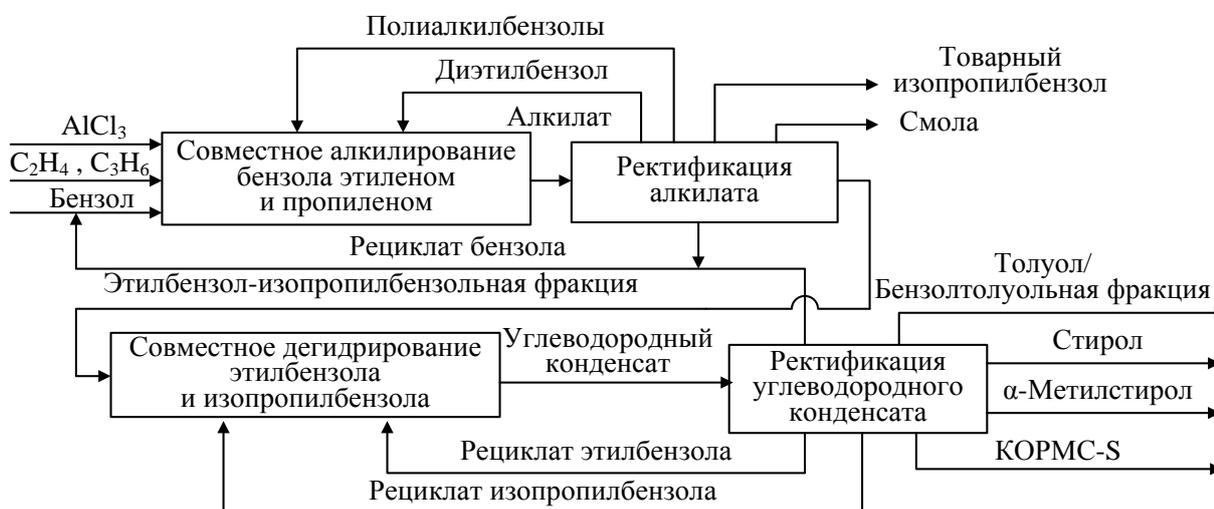


Рис. 13. Технологический рециклинг в совместном производстве стирола и АМС

Выбор модельного объекта обусловлен повышенной сложностью ресурсосбережения и экологически безопасного функционирования нефтехимических производств, относящихся к большим системам с многокомпонентным составом материальных потоков и широким диапазоном технологических параметров. Идентифицированы подпроцессы генезиса отходообразующих компонентов (рис. 14). Впервые предложено компьютерное моделирование системы ректификации в среде программного комплекса ChemCAD для диагностики микропримесей кубовых остатков (табл. 1, пример).

Изучение отработанного железохромкалиевого катализатора показало корреляцию между сохраняющейся активностью центральных и нижних слоев контактной массы в реакторе и отсутствием потерь калия в этих слоях, что согласуется с ролью калия как ингибитора коксообразования и актива-

Таблица 1. Диагностика микропримесей

Компоненты	ПЛ ¹	Расчет
Этилбензол		0,0006
Изопропилбензол	0,82	0,820
Н-Пропилбензол		0,0057
Т-Бутилбензол		0,0071
В-Бутилбензол		0,1686
1-Мет-3-ИПБ		0,0958
Н-Бутилбензол		0,0640
1,2,3,4-ТетМетБз	6,50	6,4317
М-Ди-ИПБ	84,29	84,044
1,2-Дифенилэтан	8,39	8,3622

¹ ПЛ – производственная лаборатория

тора газификации углерода. Экспериментально подтверждена возможность использования нижнего слоя в дальнейших циклах «дегидрирование – регенерация». Верхний слой выводится в сопряженный контур, где часть отходов катализатора перерабатывается² в добавки при производстве свежих катализаторов (парциальный рециклинг), в пигменты для производства красок (межотраслевой рециклинг), микроэлементные добавки к удобрениям (выведение в окружающую среду средствами ассимиляционной технологии). Для минимизации образования отработанного катализатора требования по ограничению хлорорганических примесей в этилбензоле, ответственных за вынос калия из катализатора, передаются по логистической цепи (ЛЦ) (рис. 15). Изучение генезиса КОРС создало основу для совершенствования технологии на основе создания различных циклов (глава 6).

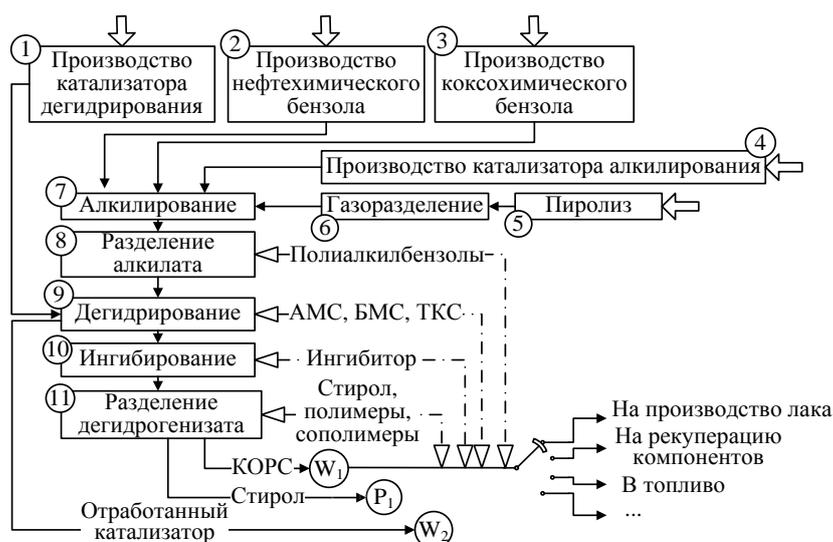


Рис. 14. Идентификация подпроцессов генезиса отходов

⇒ Входные потоки сырья от смежных производственных систем; W₁(8, 9, 10, 11) – отходоинцидентные стадии для КОРС,
 W₂(1, 4, 9) – для отработанного катализатора;
 <-----> Информационная связь

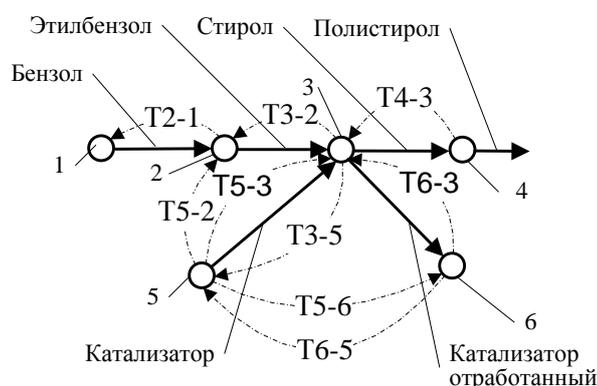


Рис. 15. Фрагмент СР.

Передача требований по ЛЦ
 T6-3 и T6-5 – требования потребителя отработанного катализатора к качеству катализатора как ВМР в адрес потребителя (3) и производителя (5) свежего катализатора

Специфические процессы генезиса протекают при длительном хранении нефтезагрязненных отходов в открытых накопителях. Важным фактором принятия решений по включению нефтешламов (НШ) в СР является оценка их стоимости, изменяющейся в результате генезиса. Влияние генезиса на качество НШ показывает формула (31) из разработанной методики стоимостной оценки на основе непрерывной функции

$$C_{ниш} = C_o \cdot \frac{x_{нт,ниш}}{100} \cdot [1 + H_p \cdot (\rho_o - \rho_{нт,ниш}) + H_s \cdot (S_o - S_{нт,ниш})] \quad (31)$$

Это позволяет планировать очередность ликвидации накопителей. Формула учитывает ключевые показатели качества – содержание общей серы и «дизельной фракции» (ДФ), коррелируемое с плотностью. Обозначения: C_{ниш} – стоимость НШ, руб/т; C_о – стоимость маркерной нефти, подготовленной к транспортировке по магистральным нефтепроводам, руб/т; x_{нт,ниш} – доля потенциально рекуперированных нефтепродуктов (НП) в НШ, % масс.; H_ρ – коэффициент линейной зависимости ценности нефти от плотности,

²Работы ОАО НИИ «ЯРСИНТЕЗ».

показывающий относительное изменение ценности нефти (доля от цены нефти) при относительном изменении плотности, равном 1; ρ_o – плотность маркерной нефти, г/см³; $\rho_{нп,ниш}$ – плотность НП, рекуперированного из НШ («ДФ»), г/см³; H_s – коэффициент линейной зависимости изменения ценности нефти от содержания серы, который показывает относительное изменение ценности нефти (доля от цены нефти) при абсолютном изменении содержания серы, равном 1 % масс; S_o – массовая доля серы в маркерной нефти, % масс.; $S_{нп,ниш}$ – массовая доля серы в НП, рекуперированных из НШ, % масс.

Развитие исследований по взаимовлиянию качества отходов, структуры и функционирования рециклинга представлено далее на других примерах в последовательности увеличения масштаба рециклинга.

В главе 6 изложены результаты разработок по созданию систем рециклинга на разных уровнях локализации циклов. Масштабная иерархия является главным фактором проектирования СР. Уровень рециклинга определяется совокупностью целей и адекватных структур по их достижению при заданных ограничениях. Практическая иллюстрация развития ЦЦП в организации рециклинга излагается на основе авторских разработок, выполненных при решении конкретных производственных проблем рационального использования отходов и вторичных ресурсов в различных отраслях промышленности.

Рециклинг водорода в химико-энергетической системе дегидрирования этилбензола (ХЭСДЭ)

Предельная локализация цикла положена в основу двухстадийной утилизации водородсодержащего газа (ВСГ) в производстве стирола (рис. 16). Компоненты ВСГ обра-

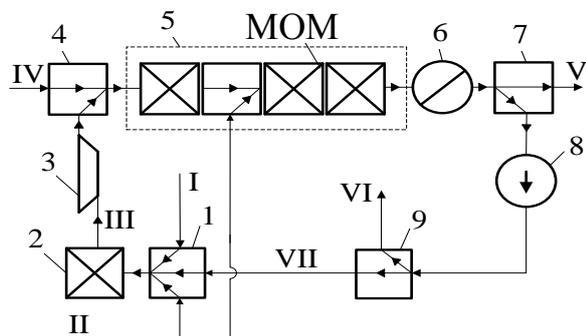


Рис. 16. Рециклинг ВСГ

1, 4 – смесители; 2 – реактор термокаталитического окисления; 3 – турбина; 5 – реакторный блок; 6 – конденсатор; 7, 9 – разделители; 8 – компрессор.
I – топливо; II – окислитель; III – АРТ; IV – этилбензол;
V – продукты синтеза; VI – отдувка; VII – ВСГ

зуются в целевой и побочных реакциях адиабатического процесса дегидрирования этилбензола. Для компенсации эндотермического эффекта целевой реакции используется межступенчатый окислительный модуль (МОМ), где водород конвертируется в водяной пар с выделением тепла. После удаления продуктов синтеза (V) из контура ВСГ используется для получения астехиометрического разбавителя-теплоносителя (АРТ). Разработаны теоретические основы, методика и техника эксперимента, изучены закономерности селективного

окисления водорода в составе контактного газа дегидрирования этилбензола (модельные смеси) на платиносодержащих катализаторах. Данная сателлитная технология рециклинга по физико-химическому признаку основана на комбинировании регенерации (обратимость реакций) и конверсии в системе «углеводороды – водяной пар – водород – кислород – диоксид углерода».

Результаты переданы научно-исследовательскому институту мономеров для синтетического каучука (НИИМСК) для отработки на опытно-экспериментальном заводе и были включены в Программу-2000.

Рекуперативная технология рециклинга этилацетата (ЭА) в производстве липкой ленты ПВХ-Л

Растворитель используется для снижения вязкости адгезива при его нанесении на поверхность ленты. На стадии сушки ленты ЭА испаряется и адсорбируется из воздуха активированным углем. Десорбция водяным паром с последующей конденсацией и декантацией органической фазы возвращает ЭА в цикл. При диагностическом ЭЛА выявлено содержание в сточных водах производства до 8% масс. ЭА (потери 10 кг/ч). Отходоинцидентная стадия – разделение фаз. Разработка технических решений рециклинга основана на обратимости фазовых переходов. Выработка возвратного ЭА увеличена на 40 % по сравнению с существующим и составила 60 т/год при проектной производительности технологической линии по ПВХ-Л. Описанная схема технологического рециклинга была реализована в АООТ "Трубоизоляция". Данная сателлитная технология основана на локализации цикла в границах основного производства (межаппаратный цикл) и включает два простых контура рециклинга – основной (возвращение ЭА-фазы после первичного отстойника) и дополнительный (возвращение ЭА-фазы, доизвлеченной перегонкой водной фазы с последующей конденсацией и отстаиванием). Первый из них является вложенным по отношению ко второму и в совокупности имеет место сопряжение двух контуров. По доле возврата в цикл реализован парциальный рециклинг ввиду частичных потерь ЭА с вторичной водной фазой. Оценка по принципу расширения границ техногенного цикла показала, что на период проведения исследований в регионе отсутствовали специальные действующие технологии рекуперации ЭА. Существует принципиальная возможность использования данной технологии для переработки ЭА-содержащих отходов других источников в случае совместимости требований по качеству рециклатов. Это позволяет сформировать региональный центр переработки ЭА-содержащих отходов на основе предприятия, выпускающего ленту ПВХ-Л.

Рекуперативная технология рециклинга ингибитора (серы)

Сера как ингибитор полимеризации применялась в течение ряда лет в производствах арилолефинов (стиролов). Отработанный ингибитор выводился из системы в виде серосодержащего кубового остатка ректификации стирола (КОРС-S) или аналогичного продукта совместного производства мономеров (КОРС-S) и сжигался в технологической печи с теплоутилизацией. Многокомпонентный состав материальных потоков базисной технологии (свыше 50 компонентов с учетом микропримесей) формирует соответственно сложный состав кубовых остатков. Основываясь на принципе локализации цикла, предложено повторное использование ингибитора. Проведен комплекс физико-химических исследований, подтверждены ингибирующие свойства возвратной серы, предложено новое устройство для выделения шлама серы, разработаны инженерные решения технологического рециклинга ингибитора (рис. 17).

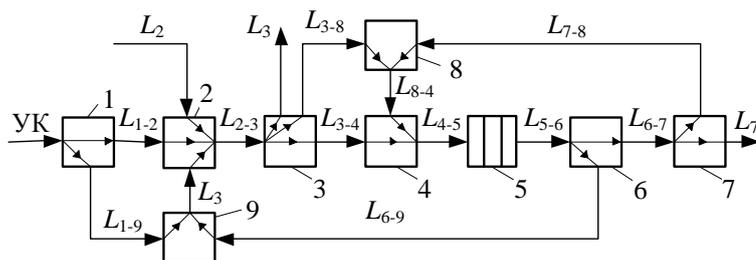


Рис. 17. Рециклинг ингибитора

В разделителе 1 часть углеводородного конденсата L_{1-9} отводится для растворения рециркулирующей серы в смесителе 9. Систему ректификации (включая роторно-пленочный испаритель) представляет разделитель 3. В нем выделяются КОРС L_{3-4} , толуол-рециклат L_{3-8} , количественно равный потоку толуола с осадком L_{6-9} , осталь-

ные потоки, выходящие из системы ректификации L_3 . В смесителе 4 создается заданная степень разбавления КОРС толуолом (поток L_{8-4}). Кристаллизация из раствора L_{4-5} осуществляется в массообменном аппарате 5, откуда двухфазный поток L_{5-6} поступает в разделитель 6. Влажный осадок L_{6-9} возвращается в систему ректификации, осветленный раствор L_{6-7} подается в разделитель 7 для отгонки толуола L_{7-8} . Остаточный КОРС L_7 выводится из контура для дальнейшего использования. Рециклинг ингибитора повышает также качество кубового остатка.

Регенеративная система рециклинга на основе обратимости химических реакций (полимеризационно-деполимеризационный цикл)

Химическая регенерация мономеров из полимерсодержащих отходов – типичная область и отправная точка концепции ресинтеза, как химико-технологической составляющей рециклинга. Термостабильность полимеров традиционно изучалась для определения экстремальных границ эксплуатации изделий. Обратимость полимеризации создает основу для обратного синтеза мономеров деструкцией полимерной части подобных отходов. Термодинамические расчеты (рис. 18) показали возможность полной деструкции в стирол олигомеров, как наиболее стабильных промежуточных продуктов распада полимерной цепи. Экспериментальные исследования выполнены на реальном сырье (КОРС, КОРСМ) и на модельных смесях «полимер-растворитель». Разработанный процесс дис-

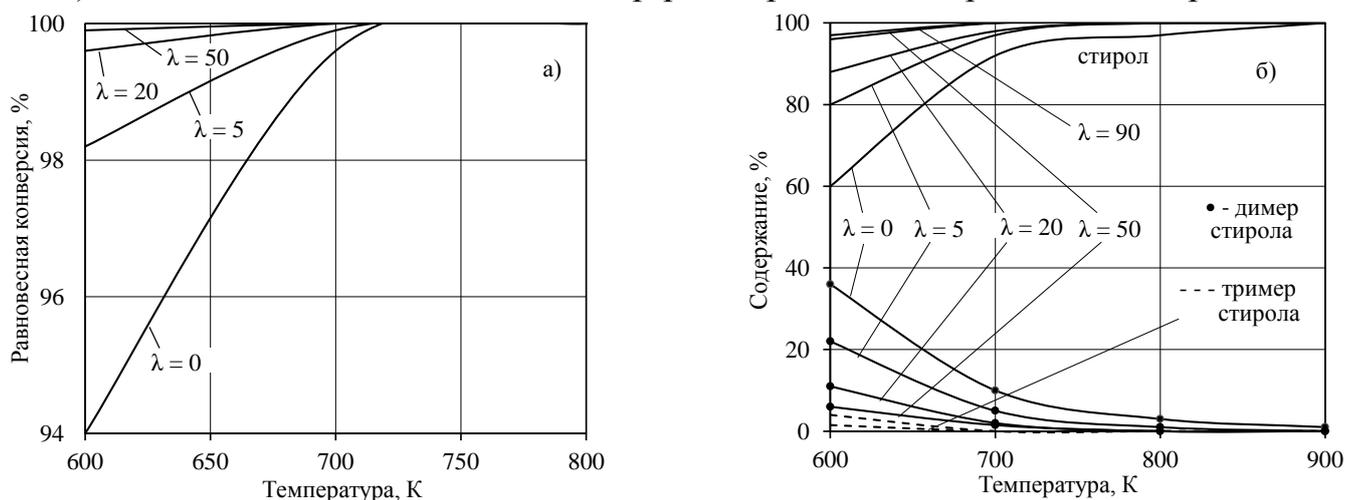


Рис. 18. Влияние температуры и степени разбавления (λ , моль/моль тримера) на конверсию тримера стирола (а) и равновесный состав продуктов реакций (б)

персионной полимеризации полимеров протекает в потоке высокотемпературного теплоносителя (сплошная фаза) при распылении микрокапель раствора полимера (дисперсная фаза), что создает взрывной характер диспергирования и деструкции. Экспериментально установлена практически полная конверсия макромолекул полистирола (ПС). В реакционной массе содержание стирола превышает 80 % масс.

Для выяснения термостабильности олигомеров из мономеризата выделен димер стирола 2,4-дифенил-1-бутен (2,4-ДФБ-1) с содержанием основного вещества 90,65 % масс. Эксперименты проведены на проточной установке с использованием 9 %-го раствора 2,4-дифенил-1-бутена в толуоле. Показано, что в потоке водяного пара при эквивалентном соотношении с раствором 2,4-ДФБ-1 при температуре выше 500 °С олигомер мономеризуется (рис. 19). Экспериментально доказано, что при ресинтезе стирола из КОРС выходы трудноотделимых примесей (о-ксилола, фенилацетилена) соответственно в 37 и 3,6 раза меньше по сравнению с базисной технологией дегидрирования этилбензола. Стирол, регенерированный из мономеризата КОРС, отвечает высшему сорту.

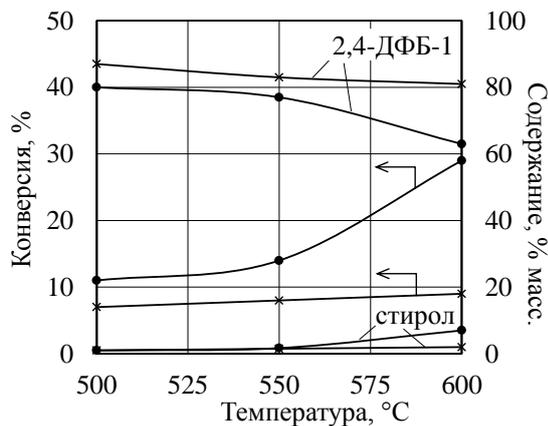


Рис. 19. Влияние температуры на деструкцию 2,4-ДФБ-1

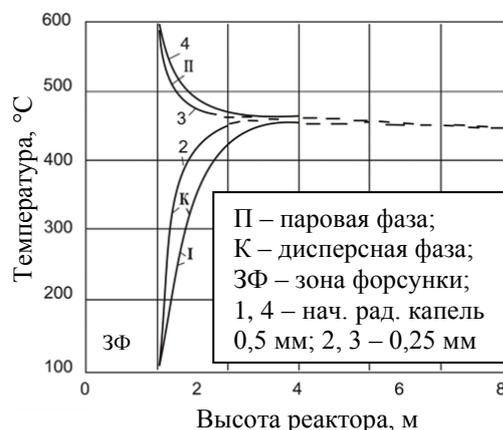


Рис. 20. Температурный профиль реактора

Выполнены расчеты реактора-мономеризатора (рис. 20) с использованием расширенной модели тепло-массообмена каплеобразуемых диспергированием сырья в потоке парофазного теплоносителя (Сполдинг Д.Б.). Экспериментальные исследования по использованию стирольной фракции мономеризата в синтезе нефтеполимерной смолы (НПС) подтвердили её соответствие требованиям качества. Установлена принципиальная возможность совместного получения олигомеров из ПС-содержащих отходов.

Адаптация технологии возможна в составе производства стирола из этилбензола

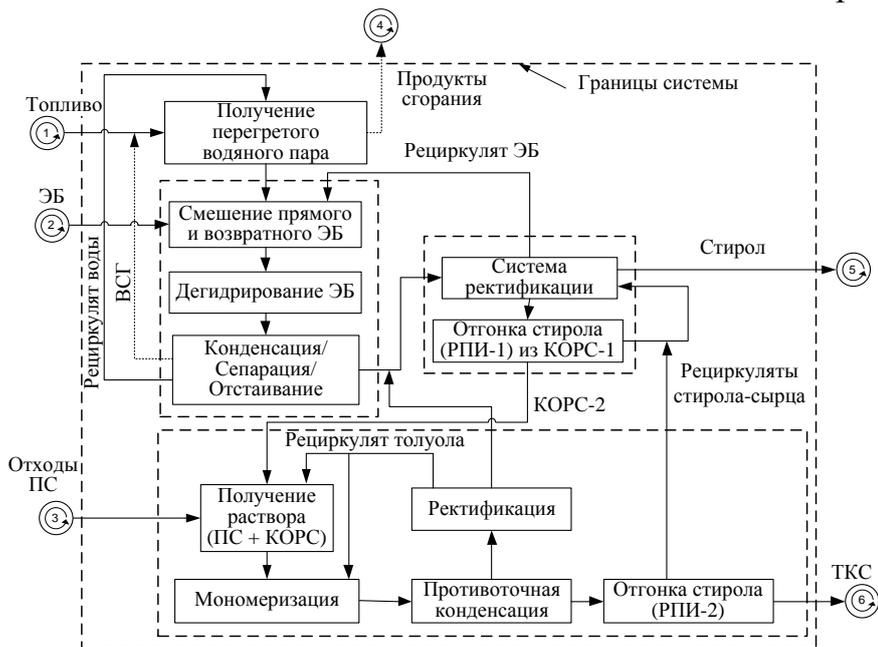


Рис. 21. Комбинирование производства стирола дегидрированием этилбензола и ресинтезом из полистиролсодержащих отходов

из этилбензола (рис. 21) и гибкого технологического комплекса (рис. 23). Данная разработка основана на циклообразующей стадии мономеризации, реализует концепцию ресинтеза, иллюстрирует комплексное использование всей иерархии технических решений на стадиях генезиса и трансформации отходов, отображающей сущность ЦЦП.

Ассимиляционная технология рециклинга нефтезагрязненных грунтов

После извлечения большей части нефтепродуктов из нефтезагрязненного грунта (НЗГ), он используется для производства рекультивационных материалов, применяемых при планировке территорий, санитарной засыпке полигонов ТБО, экранировании нарушенных земель, восстановлении ландшафта. Удаление остаточных нефтепродуктов из НЗГ осуществляется биообработкой, основанной на внесении в грунт микроорганизмов-деструкторов углеводородов: агропромышленных отходов, отходов пищевых производств, избыточных активных илов (ИАИ) от станций аэрации сточных вод (САСВ) и др. В данной группе технологий реализуется каскад из трех циклов (интеграция циклов). Первый осуществляется в производственных системах предприятий топливно-химического комплек-

са, включая водооборотные подсистемы, второй – в системах совместной биологической очистки промышленных и коммунальных сточных вод с рециркуляцией активного ила, третий – естественный цикл кругооборота веществ в природной среде. Накопление органических отходов (шлам, ИАИ, НЗГ) требует их выведения из техногенных в природный цикл посредством ассимиляционных технологий рециклинга (АТР). Это сопряжено с требованиями к качеству отходов, выводимых из одного цикла и включаемых в другой. Качество ИАИ определяется генезисом его компонентов и обеспечивается при управляемом функционировании сооружений биологической очистки нефтеперерабатывающих заводов, активный компонент – нефтедеструктурирующая микробная биомасса. Вторым отход (НЗГ) также должен отвечать определенным критериям качества, так как оба потока являются входными для АТР. Совместимость качества этих потоков обеспечивается тем, что микроорганизмы ИАИ активны как в воде, так и в почве, а содержащиеся в нем биогенные элементы (азот, калий, фосфор, кальций и ряд других) дополнительно активизируют жизнедеятельность микроорганизмов-деструкторов. Общими критическими компонентами первого и второго циклов являются примеси, угнетающие микроорганизмы, которые могут содержаться как в ИАИ, так и в НЗГ. Исследованиями установлены условия и ограничения эффективной биодеструкции. Сеть рециклинга сформирована на основе действующих мощностей.

В главе 7 представлены теоретические положения и примеры создания технического базиса кластера рециклинга на основе ЦЦП с использованием региональных инженерных комплексов. Взаимодействие комплексов иллюстрирует схема (рис. 22). Последовательность разработки комплексов включает: 1) формирование ранжированного перечня объектов размещения отходов по критерию приоритетности ликвидации; 2) формирование структурированного перечня размещаемых отходов, ранжированного по

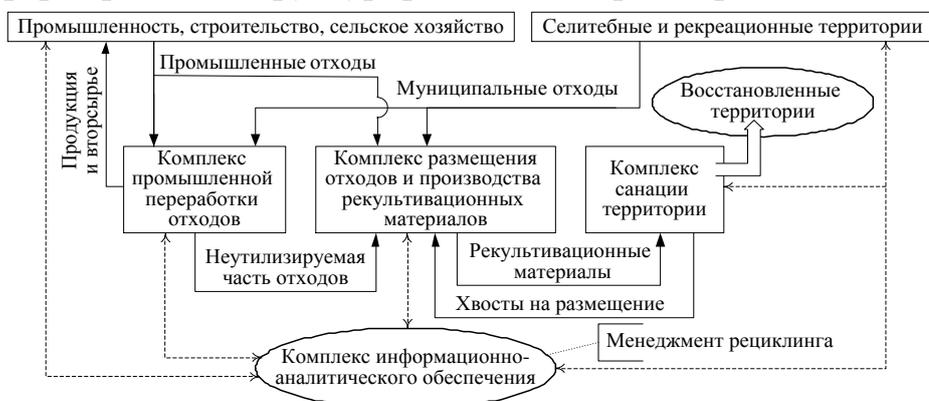


Рис. 22. Информационно-материальные потоки кластера НСТ на основе федеральной базы данных; 4) геоэкологическую привязку центров/комплексов переработки отходов.

Реализация научных разработок и алгоритм формирования технического базиса кластера определены Программой-2020, предусматривающей создание СР на основе нескольких инженерных комплексов. Учтены структурные изменения за период после разработки предшествующей Программы-2000, в которой проанализированы и обобщены исходные данные свыше 150 предприятий. Было предложено формирование территориально-ориентированного утилизационного производства путем создания и развития центров переработки отходов: 1) межрегионального комплекса переработки ПС-содержащих отходов на базе производства арилолефинов с выпуском регенерированных мономеров, получением компонентов ароматического растворителя, высокотемпературного органического теплоносителя, реактивного н-пропилбензола; 2) комплекса пе-

реработки отходов добычи сланца Кашпирского месторождения; 3) комплексов, ориентированных на группы отходов, имеющих химическое сродство (отработанных растворителей, масел; кислотных, щелочных и солевых отходов; полимеров и эластомеров). В качестве примера представлены данные о гибком технологическом комплексе (ГТК, рис. 23) с возможностью включения в СР шести видов ВМР (таблица 2).

Рис. 23. Структура ГТК на базе производства АМС

1 – дегидрирование алкилбензолов; 2 – ректификация дегидрогенизата; 3 – рекуперация серы; 4 – подготовка шихты мономеризации; 5 – мономеризация полимерных отходов; 6 – фракционирование мономеризата; 7 – гидрирование β -метилстирольной фракции (БМСФ); АМФ, БТФ, ЭИФ – α -метилстирольная, бензол-толуольная, этилбензол-изопропилбензолная фракции; ВМР-ПС – отходы полистирола; Д – дегидрогенизат; ИПБ – изопропилбензол; КОРМ, КОРС, КОРМС – кубовые остатки ректификации АМС, стирола, АМС и стирола; КОРС-S – сернистый КОРС; М – мономеризат; НПБ – н-пропилбензол; Р – растворитель; ТКС – термоконтатная смола; ЭБ – этилбензол.

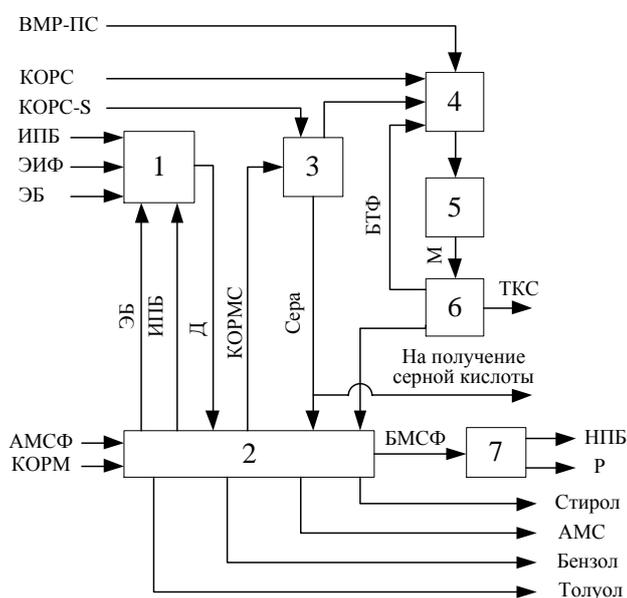


Таблица 2. Состав сырьевых и вторичных ресурсов ГТК на базе производства АМС

Компоненты	Наименование и углеводородный состав сырья, % масс.								
	ИПБ	ЭБ	ЭИФ	Вторичные материальные ресурсы					
				АМСФ*	КОРС	КОРС-S	КОРМС	ВМР ПС	КОРМ
Парафины	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-
Бензол	-	0,01-0,015	-	-	-	-	-	-	-
Толуол	-	0,006-0,01	0,03	-	-	-	-	-	-
Этилбензол	0,1-0,2	99,95-99,98	57,40	-	-	-	-	-	-
Изопропилбензол	99,65-99,7	-	40,80	Остальное	0,1	0,01	0,14	-	0,11
н-Пропилбензол	-	-	0,06	<0,5	0,2	0,06	0,16	-	4,07
Этилтолуолы	-	-	-	-	0,7	0,07	0,30	-	1,47
о-Ксилол	0,1-0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Бутилбензолы	-	-	-	<0,5	-	-	-	-	-
Стирол	-	-	0,88	-	31,6	15,12	0,10	<0,3	2,34
α -Метилстирол	-	-	0,72	>90	3,1	1,28	65,50	-	41,63
м-, п-Метилстиролы	-	-	-	-	0,5	0,01	-	-	6,39
β -Метилстиролы	-	-	-	-	0,6	0,38	-	-	10,50
Смола	-	-	-	-	33,2	30,97	4,30	-	33,49
Полимеры	-	-	-	-	30,0	33,7**	29,50	>99,9	-

* По техническим условиям;

** Остальное сера (18,4 % масс.).

Принципиальным отличием принятой Программы-2020 является ориентация на тянущую логистику с ведущей ролью производственных мощностей, потребляющих ВМР. Специфика кластера рециклинга заключается в том, что предприятия включаются в кластер как поставщики и потребители отходов/ВМР. Недостающие звенья циклов замыкаются автономными, гибридными и ассимиляционными технологиями рециклинга.

Наличие ассимиляционной технологии, основанной на биодеструкции углеводородсодержащих отходов с последующим выводом из цикла очищенных сточных вод, биотермическим компостированием осадков и производством на их основе рекультивационных материалов, позволило разработать структуры ГТК ассимиляционной группы технологий рециклинга. В качестве технической основы таких комплексов предложено

включение в СР действующих САСВ, выбор которых выполнен с использованием ресурсных, технических и экологических критериев (рис. 24). Принцип минимизации со-

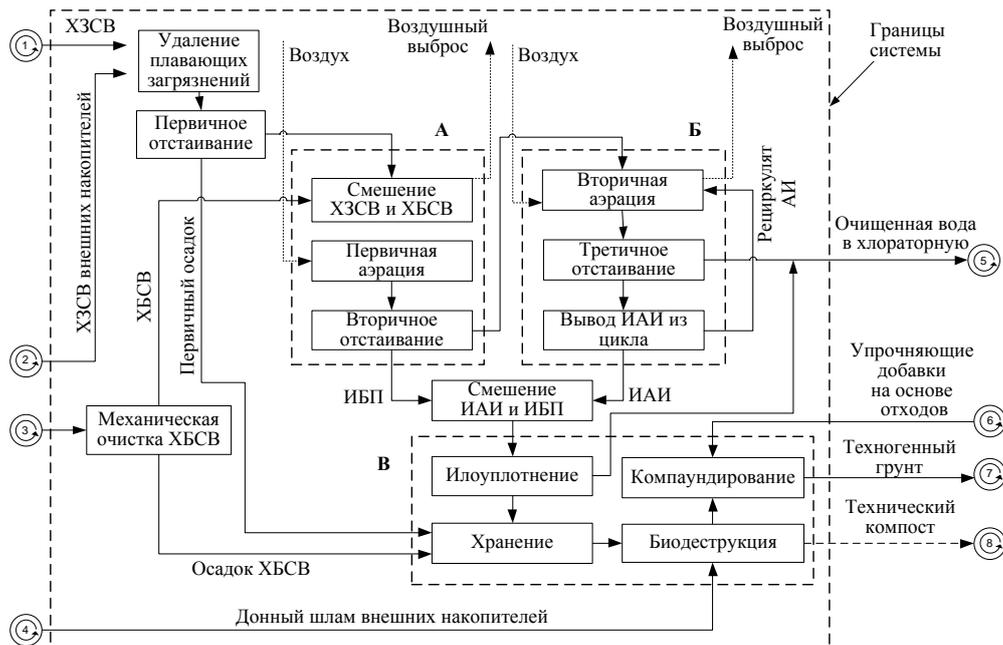


Рис. 24. Территориальный ГТК ассимиляционной группы

ХЗСВ – химзагрязненная сточная вода; ХБСВ – хозяйственная сточная вода; ИБП, ИАИ – избыточные биопленка и активный ил

следствие стохастического характера образования, накопления и доставки биоразлагаемых отходов, а также специфики эксплуатации станций аэрации.

На рис. 25 представлена общая схема рециклинга нефтезагрязненных отходов, основанная на создании циклов ВМР и ассимиляционных технологиях. Дальнейшее развитие такой сети будет осуществляться по трем направлениям: 1) вовлечение в рециклинг техногенного сырья при ликвидации открытых накопителей и объектов захоронения отходов для реабилитации нарушенных территорий; 2) использование отходов строительства, сноса, демонтажа инженерных сооружений; 3) адаптация в СР новых видов веществ, материалов, изделий по завершении эксплуатационных стадий их ЖЦ.

Переориентация «системы обращения с отходами» с ОЦП на ЦЦП при использовании теоретических положений рециклинга и кластерной формы взаимодействия позволит упорядочить и ускорить решение проблемы отходов. При этом утилизация становится звеном СР, так как полученную при утилизации продукцию также необходимо утилизировать. Каскад утилизационных стадий замыкается ассимиляционными технологиями, связывающими техногенный цикл с природными циклами. Использование предложенных в работе оценок эффективности кластера рециклинга позволит скорректировать механизмы диагностики и выстраивать рейтинг результативности объектов по экологической эффективности в части ресурсосбережения и управления отходами.

Выводы

1. Впервые предложен и обоснован переход от отходоцентрической к многоуровневой циклоцентрической модели в решении проблемы отходов, предложены три аксиомы рециклинга и оригинальная научная гипотеза о 9-уровневой иерархии циклов материальных потоков, при которой рециклинг является масштабным проявлением рециркуляции, что позволяет использовать методологические подходы и теорию рециркуляции в исследованиях и проектировании структур рециклинга.

вокупного негативного воздействия цикла на окружающую среду обеспечивается использованием существующих мощностей САСВ, относящихся к группе спутниковых технологий. Реализован внутрикластерный рециклинг, обусловленный множеством источников биоразлагаемых компонентов отходов и множеством САСВ, включаемых в СР. По логистическому признаку – специализированная ЛСР, как

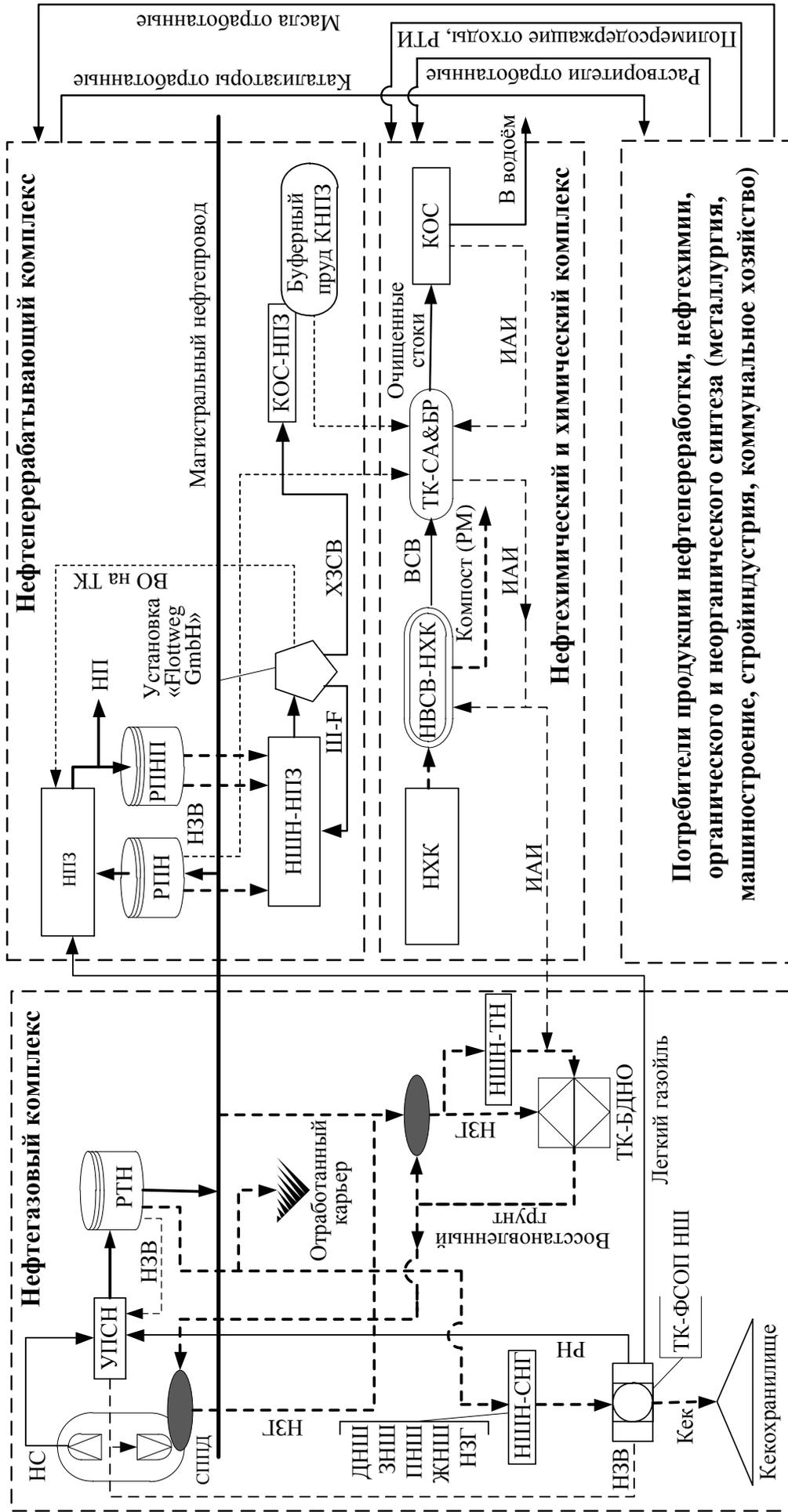


Рис. 25. Схема рециклинга нефтезагрязненных отходов с открытым контуром

ТК-ФСОР НПШ – территориальный комплекс «фильтрование, стирка, обезжелезивание, перегонка нефтешламов (НШ); ТК-БДНО – территориальный комплекс «биодеструкция нефтезагрязненных отходов»; ТК-СА&БР – территориальный комплекс на основе системы аэрации с биореактором; НС – нагнетательная скважина; СППД – система поддержания пластового давления; УПСН – установка подготовки сырой нефти; РПН – резервуар товарной нефти; РПН – резервуарный парк нефти; РПНП – резервуарный парк нефтепродуктов (НП); КОС – канализационные очистные сооружения; ВО – возвратные отходы на терморекинг (ТК); ВСВ – высококонцентрированная сточная вода; НВСВ – накопитель ВСВ; ДНШ – донный НШ; ЗНШ – загрязненный НШ; ПНШ – плавающий НШ; ЖНШ – жидкий НШ на установку «Андригт»; НЗГ – нефтезагрязненный грунт; НЗВ – нефтезагрязненная вода; РН – регенерированный нефтепродукт; РМ – рециркуляционный материал

2. Впервые предложена общая классификация объектов, технологий и сетей рециклинга, а также теоретическое обоснование формирования технического базиса кластера рециклинга, ориентированные на развитие многоуровневого управления отходообразующими процессами и отходами на основе циклоцентрического подхода.
3. Впервые предложены и обоснованы принципы построения сетей в кластерах рециклинга, сформулированы основные положения эколого-логистического аудита в качестве инструмента анализа структур рециклинга. Предложено идентифицировать «наилучшие доступные» и «наилучшие существующие сети рециклинга» (НДСР и НССР). Предложена система количественных оценок, позволяющая определять состояние и динамику развития кластера рециклинга.
4. На примере производств арилолефинов апробированы теоретические положения ре-синтеза в качестве химико-технологической составляющей рециклинга, установлено, что управление процессами генезиса отходообразующих компонентов на отходоинцидентных технологических стадиях обеспечивает их трансформацию в товарные продукты: стирол, н-пропилбензол, растворитель.
5. Предельная локализация цикла исследована на примере селективного окисления водорода на платиноидных катализаторах в составе контактного газа дегидрирования этилбензола. Экспериментально подтверждено протекание окисления во внешней диффузионной области, что обусловлено высокой скоростью реакции при температурах процесса дегидрирования (>550 °С). Высокая селективность каталитического окисления водорода (94-98%) в смеси с ароматическими углеводородами и водяным паром позволяет использовать межступенчатый окислительный модуль для химической компенсации эндотермического эффекта реакции дегидрирования с одновременной химико-энергетической утилизацией части водородсодержащего газа.
6. Разработаны, экспериментально проверены и апробированы на пилотной установке научно-технические решения, обеспечивающие получение высококонцентрированного стирола из кубовых остатков ректификации одноименного мономера и полистиролсодержащих отходов. Впервые проведено моделирование процесса дисперсионной мономеризации полимерных отходов в потоке высокотемпературного теплоносителя с использованием математической модели тепло- массообмена капель, образуемых диспергированием сырья в потоке перегретого парофазного теплоносителя.
7. Показана эффективность использования компьютерного моделирования на примере программного комплекса ChemCAD(CC3) с тестированием продуктов ректификации реакционной массы алкилатов для обнаружения микропримесей в промежуточных технологических потоках и возможность проведения экспресс-тестов корректировки инструментального аналитического контроля по данным анализа кубовых остатков в условиях концентрирования в них высококипящих микропримесей.
8. На основе циклоцентрического подхода и предложенных технических принципов рециклинга разработан национальный стандарт РФ ГОСТ Р 54096-2010 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Взаимосвязь требований Федерального классификационного каталога отходов и Общероссийского классификатора продукции», обеспечивающий совместимость информационных ресурсов двух действующих государственных классификационных систем (ОКП и ФККО) для развития государственного механизма регулирования процессов перевода отхода во вторичный материальный ресурс, стимулирования использования вторичных материальных ресурсов и внедрения ресурсосберегающих технологий.

Рекомендации по стимулированию развития рециклинга использованы для совершенствования российского законодательства рабочей группой при Комитете Совета Федерации по науке, культуре, образованию, здравоохранению и экологии. Материалы диссертации используются при подготовке студентов и аспирантов СамГТУ.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

Статьи в журналах по списку ВАК

1. Сафронов В.С., Карасева С.Я., Рожнов А.М., Кравцов В.В., Правдивцева З.А., Гладышев Н.Г. Дегидрирование изопропилбензола на катализаторах КМС и Р-1 // Химическая промышленность. – 1973. – № 5. – С. 345-347.
2. Сафронов В.С., Рожнов А.М., Правдивцева З.А., Шишкина А.А., Гладышев Н.Г. Интенсификация промышленного процесса дегидрирования изопропилбензола // Химическая промышленность. – 1973. – № 12. – С. 902-903.
3. Нестеров С.М., Нестерова Т.Н., Рожнов А.М., Кравцов В.В., Гладышев Н.Г. Равновесный состав продуктов термического превращения изопропилбензола // Журнал физической химии. – 1974. – № 7. – С. 1702-1705.
4. Сафронов В.С., Гладышев Н.Г. Интенсификация процессов дегидрирования алкилбензолов // Химическая промышленность. – 1977. – № 3. – С. 17-19.
5. Сафронов В.С., Гладышев Н.Г., Дубровина В.А., Правдивцева З.А. Регенерация мономеров из кубовых остатков ректификации в производстве стирола и α -метилстирола // Химическая промышленность. – 1983. – № 11. – С. 649-651 (9-11).
6. Сафронов В.С., Гладышев Н.Г., Жоров Ю.М., Дубровина В.А. Термические превращения полимерсодержащих отходов в производстве стирола // Пластические массы. – 1986. – № 1. – С. 35-36.
7. Гладышев Н.Г., Быков Д.Е., Быкова Г.Л. Экологический аудит: использование корпоративных информационных систем // Экология и промышленность России. – 2004. – № 9. – С. 40-45.
8. Гладышев Н.Г., Быков Д.Е., Мешалкин В.П., Шишканова А.А. Эколого-логистический аудит // Экология и промышленность России. – 2006. – № 11. – С. 32-35.
9. Гладышев, Н.Г., Быков Д.Е., Шишканова А.А., Логистические аспекты управления отходами. // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2006. – № 5 (23). – С. 31-37.
10. Гладышев Н.Г., Быков Д.Е., Чертес К.Л. Полигон как элемент логистической цепи в сфере обращения с отходами. Экология и промышленность России. – 2007. – № 9. – С. 16-19.
11. Гладышев Н.Г. Обращение с отходами. Организационно-технические решения. // Экология и промышленность России. – 2007. – № 9. – С. 28-31.
12. Гладышев Н.Г. Экологический аудит при банкротстве предприятий. // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. – Т. 12. – № 1(8). – С. 2108-2111. Сб. научн. трудов. Матер. V Междунар. науч.-пр. конф., Самара, 15-17 окт. 2010, Самара, 2010. – 404 с.
13. Чертес К.Л., Тупицина О.В., Гладышев Н.Г., Уварова Н.А., Никифоров С.Е., Ярыгина А.А., Быков Д.Е. Обработка и утилизация шламов водоподготовки. // Экология и промышленность России. – 2011. – № 3. – С. 26-29.
14. Тупицина О.В., Гладышев Н.Г., Кузнецова М.С., Пирожков Д.А., Чертес К.Л., Тарасова И.В., Быков Д.Е. Реабилитация территорий, деградированных в результате деятельности опасных производств. // Экология и промышленность России. – 2011. – № 3. – С. 30-32.
15. Быков Д.Е., Тупицина О.В., Гладышев Н.Г., Зеленцов Д.В., Гвоздева Н.В., Самарина О.А., Цимбалюк А.Е., Чертес К.Л. Комплекс биодеструкции нефтеотходов. // Экология и промышленность России. – 2011. – № 3. – С. 33-34.
16. Тупицина О.В., Гладышев Н.Г., Самарина О.А., Истомина Е.П., Чертес К.Л., Быков Д.Е. Геоэкологическая система и технологии ликвидации накопителей нефтеотходов с использованием станций аэраций. // Экология и промышленность России. – 2011. – № 3. – С. 39-41.
17. Гладышев Н.Г. Теория и исследования рециклинга в техноприродных кластерах обращения с отходами. // Экология и промышленность России. – 2011. – № 3. – С. 42-44.
18. Кисельников Е.А., Пименов А.А., Гладышев Н.Г., Никульшин П.А., Коновалов В.В., Пимерзин А.А., Быков Д.Е. Малоотходная утилизация жидких нефтесодержащих отходов. // Экология и промышленность России. – 2011. – № 3. – С. 45-47.

19. Гладышев Н.Г. Системный анализ и проектирование рециклинга. // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – том 14. – № 5(3). – С. 772-775.
- Журналы и материалы конференций
20. Сафронов В.С., Цивинский Д.Н., Н.Г. Гладышев, Дубровина В.А. Моделирование и оптимизация выделения серы из кубовых остатков ректификации в производстве стирола. // Тез. докл. Всес. науч. конф. «Повышение эффективности, совершенствование произв. и аппаратов хим. производств»/ ПАХТ-85/ Харьков. 1985. ч. I. – С. 62-63.
21. Гладышев Н.Г., Дубровина В.А., Сафронов В.С. Анализ равновесия в системе стирол-олигомеры. Тезисы докл. V Всесоюзной конф. по термодинамике орг. соединений. 22-24 сент., Куйбышев. 1987. – С. 107.
22. Гладышев Н.Г., Шкаруппа С.П., Смыслов С.А., Романов А.Н. Моделирование и расчет экологического оборудования в среде программного комплекса "СHEMСAD". Тезисы докл. Междунар. научно-метод. конф. "Новые информационные технологии в экологии". Липецк. 1997. – С. 54-55.
23. Гладышев Н.Г., Шалдыбин И.Н., Сафронов В.С. Исследование эффективности межступенчатого окисления водорода в реакторе дегидрирования этилбензола. Доклады Всесоюзной конференции «Химреактор-11», 16-20 мая 1992. Ч. II. Харьков. – С. 388-392.
24. Гладышев Н.Г., Сафронов В.С., Фокин Н.А., Дубровина В.А., Садчикова Ю.В. Разработка реактора дисперсионной термической мономеризации полимерсодержащих отходов. Доклады Всесоюзной конференции «Химреактор-11», 16-20 мая 1992. Ч. III. Харьков. – С. 586-590.
25. Гладышев Н.Г., Малиновский В.А., Никулин А.А., Шкаруппа С.П., Смыслов С.А., Романов А.Н. Анализ промышленной ректификации в среде расчетных модулей СHEMСAD'a. Труды Всероссийской научной конференции "Теория и практика массообменных процессов химической технологии". (Марушкинские чтения). Уфа. – 1996. – С. 81-82.
26. Быков Д.Е., Гладышев Н.Г., Быкова Г.Л., Гога Н.Я., Богомолов Ю.И. Опыт сотрудничества по обучению персонала международным стандартам серии ISO 14000.// Труды VII Всеросс. конгресса «Экология и здоровье человека». – Самара. – 2001. – С. 42-43.
27. Агеев И.С., Гладышев Н.Г. Моделирующая программа Chem-CAD в диагностике микропримесей системы ректификации. Тезисы докл. Всеросс. научн. конф. «Нефтегазовые и химические технологии». – Самара. – 2001. – С. 159-161.
28. Гладышев Н.Г., Быков Д.Е., Быкова Г.Л., Конева В.В., Тихонова Н.Н. Идентификация экологических аспектов персоналом предприятия. Всеросс. научно-практич. конф. "Химическое загрязнение среды обитания и проблемы экологической реабилитации нарушенных экосистем": Сб. матер.- Пенза: МНИЦ ПГСХА. 6-7 февраля 2003. – С. 33-36.
29. Гладышев Н.Г., Быков Д.Е., Самохина Н.Н. Аудит выполнения лицензионных условий обращения с отходами в контексте сертификации систем экологического менеджмента. Тезисы докл. II Всероссийской научно-практ. конф. «Процессы, технологии и оборудование для переработки отходов и вторичного сырья. Полигоны по захоронению отходов». 2-4 декабря 2003 г. Самара. – С. 28-30.
30. Гладышев Н.Г., Быков Д.Е., Самохина Н.Н. Идентификация рисков в экологическом аудите промышленных объектов. Сб. трудов международной. научн.-технич. конф. «Актуальные проблемы надежности технологических, энергетических и транспортных машин». – М. Изд-во «Машиностроение», «Надежность-2003». Том 2. – 2003. – С. 392-393.
31. Гладышев Н.Г., Быков Д.Е., Шишканова А.А., Рюмина Н. В. Разработка региональной концепции по обращению с отходами. Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика. Материалы 62-ой Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР за 2004 г. Часть II – Самара: СГАСУ. – 2005. Тезисы докл. – С. 289-291.
32. Гладышев Н.Г., Шишканова А.А., Котова Н.Г. Экоаналитические факторы логистики отходов. VI Всероссийская конференция по анализу объектов окружающей среды. «ЭКОАНАЛИТИКА-2006». Самара, 26-30 сентября 2006. – С. 112.
33. Гладышев Н.Г., Шишканова А.А., Мелекесова О.В. Экоаналитические данные в эколого-логистическом аудите. VI Всероссийская конференция по анализу объектов окружающей среды. «ЭКОАНАЛИТИКА-2006». Самара, 26-30 сентября 2006. – С. 111.
34. Гладышев Н.Г., Быков Д.Е., Шишканова А.А., Мешалкин В.П. Определение стоимости нефтешламовых отходов при разработке природоохранных программ топливно-энергетического комплекса. 11-я Междунар. научно-пр. конф. "Актуальные проблемы управления-2006", 2-3 ноября, Москва, Московский государственный университет управления. – С. 104-107.

35. Гладышев Н.Г., Шишканова А.А., Котова Н.Г. Особенности ценообразования при ликвидации нефтешламонакопителей с учетом стоимости нефтешлама.// Материалы Международного научно-практического симпозиума «Проблемы водных и других ресурсов и геоэкология». – г. Пенза. Пензенский государственный университет. 17–19 мая 2006. – С. 55-57.
36. Быков Д.Е., Гладышев Н.Г. О совершенствовании законодательства об отходах производства и потребления. Парламентские слушания «Обращение с отходами: проблемы законодательного обеспечения и государственное регулирование», Москва, 30 ноября 2006 г. В сб. Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. Обзорн. инф. Вып. 2007. – № 4. – М., РАН, ВИНТИ. – С. 14-21.
37. Гладышев Н.Г. Генезис отходов в логистических цепях. Логистика и экономика ресурсосбережения и энергосбережения в промышленности (МНПК «ЛЭРЭП-2007»). Сб. научн. тр. по матер. Междунар. науч.-пр. конференции 12-15 сент. 2007. Том 1. – С. 19-23.
38. Гладышев Н.Г., Рюмина Н.В., Кузнецова М.С. Система инженерно-экологической оценки обращения с коммунальными отходами городов. Сб. трудов XIII Междунар. научно-практич. конф. «Системный анализ в проектировании и управлении», С-Пб. – 2009. – Часть 1. – С. 288-289.
39. Гладышев Н.Г. Системный подход к обращению с отходами. Сб. трудов XIII Междунар. научно-практич. конф. «Системный анализ в проектировании и управлении», С-Пб. – 2009. Часть 1. – С. 290-297.
40. Быков Д.Е. Азаров Д.И., Гладышев Н.Г. Механизмы смены курса государственной политики в решении проблемы отходов. Аналитический вестник № 5 (391). Проблемы нормативно-правового и технологического обеспечения обращения с отходами производства и потребления (по итогам Парламентских слушаний 25 дек. 2009 года). Совет Федерации Федерального Собрания РФ. Серия: Развитие России. М., 2010. – 79 с. (www.council.gov.ru).
41. Кузнецова М.С., Гладышев Н.Г. Оценка стоимости нефтепродукта, рекуперированного из нефтешлама. Ашировские чтения. Сб. научн. трудов. Матер. V Междунар. науч.-пр. конф., Самара, 15-17 окт. 2008. Самара. – 2009. – С. 334-336.
42. Гладышев Н.Г., Быков Д.Е., Кузнецова М.С. Совершенствование региональной системы управления отходами. Сб. матер. VI Междунар. Науч.-пр. конф. «Нефтегазовые технологии», Самара. 14-16 окт. 2009. – С. 232-236.
43. Гладышев Н.Г., Лыноградский Л.А., Мищенко А.Г. Информационная платформа кластера вторичных ресурсов. Сб. матер. Междунар. науч.-пр. конф. «Инновации в теории и практике управления отходами», Пермь, 5-6 нояб. 2009. – С. 69-75.
44. Гладышев Н.Г. Эколого-логистический аудит в кластере использования вторичных ресурсов. Сб. тезисов VI Междунар. науч.-пр. конф. Нефтегазовые технологии. 14-16 окт. 2009. Самара. – С. 123-124.
45. Петров А.С., Гладышев Н.Г., Кузнецова М.С. Оценка возможности создания комплекса предприятий по утилизации углеводородсодержащих отходов. Сб. тезисов VI Междунар. науч.-пр. конф. Нефтегазовые технологии. 14-16 окт. 2009. Самара. – С. 91-92.
46. Гладышев Н.Г. О роли нефтехимического комплекса в формировании кластера вторичных ресурсов Самарской области. Тезисы докл. Всеросс. научн. конф. Переработка углеводородного сырья. Комплексные решения. (Левинтеровские чтения). Самара. 2009. – С. 27-29.
47. Быков Д.Е., Гладышев Н.Г., Кузнецова М.С., Гурьянова А.О. Региональные проблемы обращения с отходами и их решение в рамках целевой программы. Сб. матер. VI Междунар. науч.-пр. конф. Нефтегазовые технологии. 14-16 окт. 2009. – Самара. – С. 228-231.
48. Гладышев Н.Г. Топология рециклинга // Сб. научн. тр. XVI Междунар. науч.-практич. конф. «Системный анализ в проектировании и управлении»: Ч.1. – СПб.: Изд-во политехн. ун-та. – 2012. – С. 267-275.
49. Гладышев Н.Г., Сафронов В.С., Фесенко В.Д., Морозов А.В. Совместное дегидрирование этилбензола и изопропилбензола на катализаторах К-22 и КМС.// Науч.-техн. сб. сер. “Промышленность синтетического каучука”, М., ЦНИИТЭ-Нефтехим. – 1976. – № 8. С. 1-4.
50. Гладышев Н.Г., Дубровина В.А., Сафронов В.С. Переработка отходов малотоннажных нефтехимических производств. Сб. научн. трудов “Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды”. Л., ЛПИ. – 1982. – вып. 5. – С. 102-104.
51. Гладышев Н.Г., Правдивцева З.А., Сафронов В.С., Дубровина В.А., Малышева Л.Д. Исследование активности отработанного катализатора К-22 при дегидрировании изопропилбензола (ИПБ). Межвуз. сб. научн. трудов “Каталитические процессы и катализаторы”. Л.: 1982. С. 39-45.

52. Гладышев Н.Г., Дубровина В.А., Сафронов В.С. Исследование состава высококипящих углеводородов в производстве стиролов. М., 1983. – Деп. «ВИНИТИ», вып. 7, № 8 НХ-Д83.
53. Сафронов В.С., Гладышев Н.Г., Герасимов М.Г., Цивинский Д.Н. Рекуперация ингибирующей серы и стирола из кубовых остатков ректификации. Деп. в ОНИИТЭ-Хим, Черкассы, 12.10.83, № 993 ХП-Д 83 БУ. ВИНИТИ. Деп. рукописи. – 1984. – № 2. – С. 129.
54. Дубровина В.А., Правдивцева З.А., Сафронов В.С., Гладышев Н.Г. Хроматографическое определение высококипящих углеводородов в продуктах термокаталитических превращений изопропилбензола. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 1983. – № 1. – С. 35-37.
55. Сафронов В.С., Гладышев Н.Г., Малиновский А.С. Технологические принципы гибкого производства стирола и α -метилстирола на базе комплексной переработки сырья и вторичных ресурсов. Безотходные и энергосберегающие процессы нефтепереработки и нефтехимии: Сб. научн. трудов.- Куйбышев: КпИИ. – 1987. – С. 35-46.
56. Гладышев Н.Г., Дубровина В.А., Филиппов В.В., Сафронов В.С., Котельников Г.Р., Осипов П. Получение стирола из КОРС. // Науч.-техн. сб. сер. «Промышленность синтетического каучука». 1990. – № 6. – С. 9-12.
57. Смирнов Б.Ю., Сафронов В.С., Гладышев Н.Г. Исследование каталитического гидрирования фракции β -метилстирола. Каталитические процессы и катализаторы. – Л. – ЛТИ. –1987. – С. 110-113.
58. Сафронов В.С., Гладышев Н.Г., Филиппов В.В., Цивинский Д.Н. Кристаллизация серы из кубовых остатков ректификации стирола. Сб. “Реология, процессы и аппараты химической технологии”. – Волгоград, ВПИ. – 1987. – С. 63-66.
59. Дубровина В.А., Гладышев Н.Г., Сафронов В.С., Правдивцева З.А., Фокин Н.А. Термическая и каталитическая мономеризация полимерсодержащих отходов в производстве стирола. Межвузовский сб. научн. трудов “Катализ и катализаторы”. ЛТИ, Ленинград. – 1988. – С. 120-124.
60. Гладышев Н.Г., Сафронов В.С., Шалдыбин И.Н., Соловьева Е.В. Утилизация водородсодержащего газа в производстве стирола. Межвузовский сб. научн. трудов. Проблемы экологии и ресурсосбережения в промышленности. г. Самара. – 1991. – С. 4-18.
61. Гладышев Н.Г., Помещиков В.И., Ванин В.Д., Филиппов В.В. Разработка технологии очистки сточных вод в производстве липкой ленты ПВХ-Л АООТ “Трубоизоляция”. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. 1. Некоторые итоги научных исследований, практической деятельности и современные природоохранные технологии / Под ред. В.А. Павловского и др. – г. Самара. – 1996. – С. 139-140.
62. Гладышев Н.Г., Макаров С.В., Епифанцев М.А., Сафронов Л.М., Агеев И.С., Ртищев С.В. Экологический менеджмент и рациональное использование водных ресурсов. // Вода и экология, С.-Петербург. – 2002. – №1. – С. 74-81.

Авторские свидетельства

63. Способ получения стирола и альфаметилстирола. А.с. № 771079. БИ № 38, 1980. В.С. Сафронов, Н.Г. Гладышев, З.А. Правдивцева.
64. Способ получения стирола и (или) α -метилстирола. А.с. № 937441. БИ № 23, 1982. В.С. Сафронов, Н.Г. Гладышев, В.А. Дубровина, З.А. Правдивцева, В.В. Сафронов.
65. Способ приготовления катализатора для дегидрирования алкилароматических углеводородов. А.с. №1144716. БИ № 10, 1985. Н.Г. Гладышев, В.С. Сафронов, З.А. Правдивцева.
66. Способ рекуперации серы из кубовых остатков ректификации стирола. А.с. № 1286585. БИ № 4, 1987. В.С. Сафронов, Н.Г. Гладышев, Е.Н. Усов, Д.Н. Цивинский, М.В. Абрамова.

Прочее

67. ГОСТ Р 54096-2010. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Взаимосвязь требований Федерального классификационного каталога отходов и Общероссийского классификатора продукции. (<http://www.vnicsmv.ru/services/standart/STK3492010.pdf>).

ГЛАДЫШЕВ Николай Григорьевич

Научные основы рециклинга в техноприродных кластерах обращения с отходами

В авторской редакции

Подп. в печать 14.04.13
Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная
Усл. п. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,73
Тираж 100 экз.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарский государственный технический университет»
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус

Отпечатано в типографии
ООО «Научно-производственная фирма РАКС»
443099, г. Самара, ул. Партизанская, 62.