

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ ПЛАНИРУЕМОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1. Общие сведения об истории применения технологии пиролиза

Пиролиз является достаточно изученной и эффективно применяемой в различных странах технологией переработки нефтесодержащего сырья в газообразные и жидкие продукты горения. Впервые он был применен в конце XIX века для получения осветительного газа из керосиновой фракции нефти. В частности, уже в 1877 году на пиролиз углеводородов был получен патент. Его автором стал химик-технолог из Петербурга Александр Александрович Летний, исследовавший процессы воздействия высоких температур на нефтепродукты.

На сегодняшний день процесс термического пиролиза углеводородного сырья остаётся основным способом получения низкомолекулярных олефинов — этилена и пропилена. Существующие мощности установок пиролиза составляют 113,0 млн.т/год по этилену или почти 100 % мирового производства и 38,6 млн.т/год по пропилену или более 67 % мирового производства (остальное — 33 % производства пропилена приходится на родственные пиролизу процессы: накаталитический крекинг, процессы замедленного коксования и висбрекинганефтезаводских газов НПЗ).

Наряду с производством этилена и пропилена, процесс пиролиза является основным источником дивинила, выделяемого из сопутствующей пиролизной C₄ фракции, и бензола, получаемого из жидких продуктов пиролиза. Около 80 % мирового производства дивинила и 39 % производства бензола осуществляется пиролизом углеводородов.

В части аппаратного оформления процесса в промышленности распространение получили трубчатые реакторы пиролиза углеводородов (пирозмеевики).

Первой стадией горения древесины также является процесс пиролиза. Языки пламени на горящих дровах, сучьях в костре, образуются за счёт горения не углерода самой древесины, а газов — летучих продуктов пиролиза. При пиролизе древесины (450-500 °C) образуется очень много различных веществ, наибольшие концентрации в газообразных продуктах пиролиза имеют: метиловый спирт, уксусная кислота, ацетон, бензол, фуран и др. Нелетучие продукты неполного пиролиза — жидкие и пастообразные смолы (т.е. дёготь). Конечным продуктом полного пиролиза древесины является почти чистый углерод (содержащий в виде примесей немного оксидов калия, натрия, кальция, магния и железа) — древесный уголь. Этот процесс также используется в пиролизных котлах. На основе процесса окислительного пиролиза древесины проходит копчение различных пищевых продуктов. Правильнее

назвать этот процесс частичным окислением или окислительным пиролизом, так как он идет с ограниченным доступом воздуха.

Сейчас пиролиз начал использоваться для переработки твердых органических отходов, нефтешламов и продуктов бурения. Существуют проекты уничтожения даже смешенного бытового мусора с помощью пиролиза. Общеизвестные затруднения с организацией пиролиза шин, пластмасс и других органических отходов связаны не с технологией именно пиролиза, которая не отличается от технологии термической переработки других твёрдых материалов. Проблемы определяются исходным химическим составом отходов и связаны с необходимостью выделения целевых фракций из общего потока смешенных отходов для достижения рентабельности производства; подбором оборудования для конденсации жидкой фракции из пиролизных газов; а также с необходимостью последующей газоочистки пиролизных газов от кислых компонентов.

При этом проблема переработки изношенных автомобильных шин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий, полимерных материалов имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира. Шины и полимеры представляют собой ценное сырье для переработки, а невосполнимость природного нефтяного сырья диктует необходимость использования вторичных ресурсов с максимальной эффективностью. То есть вместо несанкционированных свалок существует возможность получить новую отрасль промышленности — коммерческую переработку отходов методом пиролиза.

Совершенствование технологии — неотъемлемая часть существования пиролиза. Основные модификации процесса относятся главным образом, к повышению эффективности пиролизных реакторов, уменьшению объема образующихся твердых остатков и снижению себестоимости технологии. Это может осуществляться за счет изменения конструкции установок, введения/выведения в состав различных химических компонентов, катализаторов и корректировки условий протекания процесса.

2. Классификация технологий пиролиза

Существуют следующие разновидности метода: окислительный пиролиз с последующим сжиганием пиролизных газов и сухой пиролиз.

Окислительный пиролиз - это процесс термического разложения отходов или иного органического сырья при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива. Окислительный пиролиз является одной из стадий процесса газификации. Газообразные продукты разложения смешиваются с продуктами сгорания топлива или части отходов, поэтому на выходе из реактора они имеют низкую

теплоту сгорания, но повышенную температуру. Затем смесь газов сжигают в обычных топочных устройствах. В процессе окислительного пиролиза образуется твердый углеродистый остаток (кокс), в то время как твердый остаток процесса газификации является минеральным продуктом (зола и шлак). В дальнейшем кокс можно использовать в качестве твердого топлива или в других целях.

Метод окислительного пиролиза с последующим сжиганием пиролизных газов универсален в отношении фракционного состава и фазового состояния исходного сырья, его влажности и зольности. Так, например, окислительному пиролизу могут быть подвергнуты многие производственные отходы, «неудобные» для сжигания или газификации. Этим методом можно ликвидировать вязкие, пастообразные отходы; влажные осадки; пластмассы; шламы с большим содержанием золы; загрязненную мазутом, маслами и другими соединениями землю; сильно пылящие отходы с легко увлекаемыми газом частицами; отходы, содержащие соли и металлы, которые плавятся и возгораются при нормальных температурах сжигания; отработанные шины, кабели в измельченном состоянии и т. п. Обычно окислительный пиролиз проводят при 600—900 °С (температура нагрева отходов).

При сжигании газов пиролиза дымовые газы меньше загрязнены летучей золой и сажей, чем при прямом сжигании отходов, что позволяет использовать их без дополнительной очистки для выработки водяного пара и в других целях.

Окислительный пиролиз отходов осуществляют во вращающихся барабанных реакторах, в шахтных реакторах с вращающимся подом (по типу карусельных печей металлообрабатывающей промышленности), в многоподовых реакторах, в реакторах с псевдоожиженным слоем.

Сухой пиролиз — это метод термической переработки, обеспечивающий высокоэффективное обезвреживание исходного сырья (в т.ч. отходов) и использование его в качестве топлива и химического сырья.

Под сухим пиролизом понимают процесс термического разложения исходного сырья без доступа кислорода. В результате сухого пиролиза отходов образуются пиролизный газ с высокой теплотой сгорания, жидкие продукты и твердый углеродистый остаток. Количество и качество продуктов сухого пиролиза зависят от состава сырья и температуры процесса. В зависимости от температуры различают три вида сухого пиролиза:

- низкотемпературный пиролиз, или полукоксование (450-550°C), при котором максимален выход жидких продуктов и твердого остатка и минимален выход пиролизного газа с максимальной теплотой сгорания;

- среднетемпературный пиролиз, или среднетемпературное коксование (до 800°C), при котором выход газа увеличивается при уменьшении его теплоты сгорания, а выход жидких продуктов и твердого остатка уменьшается;

- высокотемпературный пиролиз, или коксование (900-1050°C), при котором минимален выход жидких продуктов и твердого остатка и максимален выход пиролизных газов с минимальной теплотой сгорания.

Низкотемпературный пиролиз осуществляют с целью получения наиболее ценного сырья - жидкого топлива. Твердый остаток при низкотемпературном пиролизе содержит некоторое количество горючих компонентов, что обеспечивает его применение в качестве энергетического и бытового топлива.

Основной целью высокотемпературного пиролиза отходов является получение высококачественного горючего газа. При высокотемпературном сухом пиролизе первичные пары смолы и пиролизный газ, двигаясь через слой отходов и соприкасаясь с раскаленными стенками реактора и поверхностью уже образовавшегося кокса, подвергаются вторичным изменениям. Первичная легкая смола термически разлагается с выделением горючих газов, тяжелой смолы и смоляного кокса. Подвергается термическому разложению и первичный пиролизный газ. В результате этих процессов уменьшается выход смолы и содержание в ней легких ценных фракций. За счет разложения первичной смолы увеличивается выход пиролизного газа. Снижение теплоты его сгорания происходит вследствие разложения углеводородных компонентов первичного пиролизного газа.

Твердый остаток, получаемый при сухом пиролизе отходов, можно использовать в различных целях, в зависимости от его состава и физических свойств. При пиролизе твердых отходов нефтеперерабатывающих производств кокс с зольностью до 50% после небольшой дополнительной обработки может быть применен в качестве заменителя природных и синтетических углеродсодержащих материалов. Коксовый остаток после пиролиза осадков сточных вод можно использовать в качестве сорбента на станциях водоподготовки и очистки сточных вод (иногда после дополнительной обработки). При пиролизе изношенных автомобильных покрышек получают газовую сажу, широко используемую в производстве резиновых технических изделий, пластмасс, типографских красок. Возможны и другие направления использования твердого углеродистого остатка.

3. Классификация оборудования пиролиза

Сухой пиролиз отходов можно осуществлять в реакторах с внешним и внутренним обогревом. Внешний обогрев применяют в реакторах в виде вертикальных реторт, во

вращающихся барабанных реакторах. В этих аппаратах пиролизные газы не подвергаются какому-либо разбавлению газовыми теплоносителями, поэтому характеризуются высокой теплотой сгорания. Ввиду отсутствия фильтрации через слой отходов газовых теплоносителей пиролизный газ этих реакторов содержит минимальное количество пыли.

В реакторах с внутренним обогревом (вертикальные шахтные, с псевдоожиженным слоем, вращающиеся барабанные) в качестве теплоносителя используют газы, нагретые до 600-900 °С и химически не реагирующие с отходами (инертные и горючие газы, не содержащие кислорода). Наиболее целесообразно в качестве теплоносителя использовать рециркулирующий пиролизный газ. При этом исключается разбавление продуктового пиролизного газа и ухудшение его качества. В связи с применением газообразных теплоносителей повышается запыленность продуктового пиролизного газа. В то же время, внутренний обогрев конвекцией позволяет существенно интенсифицировать процесс пиролиза и сократить габариты реакторов по сравнению с внешним обогревом за счет теплопроводности.

4. Преимущества и недостатки методов пиролиза

Исследования процессов окислительного и сухого пиролиза различных осадков сточных вод позволили установить, что сухой пиролиз наиболее экономически эффективен и оказывает наименьшее влияние на окружающую среду¹. Наиболее эффективным способом термической утилизации твердых органических отходов на современном уровне развития техники также признан пиролиз. Однако в отношении целесообразности сухого пиролиза или, например, сжигания твердых бытовых и некоторых промышленных отходов мнения специалистов расходятся. Наиболее перспективным считают пиролиз специальных видов промышленных и бытовых отходов после предварительной сортировки, при котором энергетическая эффективность процесса выше, чем у других термических методов, а также для видов отходов прямое сжигание которых затруднено.

Для детального сравнения оборудования в настоящем разделе ввиду различий целевого использования не рассматриваются виды оборудования, являющиеся косвенными конкурентными технологиями – в т.ч. установки модельного ряда производительностью гораздо выше (например, технология низкотемпературного пиролиза 90-х годов Siemens TWR, и современная технология WasteConversionPyrolysis),

¹М.Н. Бернадинер, А.П. Шурыгин. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов, - М.: Химия, 1990.

чем УТД; установки реализующие высокотемпературный сухой пиролиз, окислительный пиролиз и различные комбинированные методы.

Для детального сравнения альтернативного оборудования в настоящем разделе рассматриваются следующие виды оборудования:

- пиролизная установка Фортан компании «Новые Системные Технологии»;
- пиролизная установка Пиротекс компании «Технокомплекс»;
- пиролизный комплекс ECOMACHINE AMR компании «ЭКОМАШГРУПП».

Анализ произведен на основании общедоступных сведений, представленных компаниями об указанном оборудовании.

Компания ООО «Новые Системные Технологии» предлагает пиролизную установку Фортан. Предварительно измельчённое сырьё загружается в сосуд из жаростойкой стали - реторту, затем помещается в печь. При температуре внутри реторты 300 °С начинается процесс пиролиза. Образовавшийся пирогаз поступает в теплообменник, где конденсируется в пиролизное масло. Несконденсированный газ проходит многоступенчатую очистку, после чего поступает на горелку. После окончания процесса реторта с помощью кран-балки вынимается из печи и охлаждается. В печь загружается вторая реторта, заранее загруженная сырьем. После остывания, содержимое реторты выгружается методом опрокидывания.

Для работы установки Фортан необходимо вспомогательное оборудование: кран или кран-балка; устройство опрокидывателя; устройство охлаждения и получения пиролизного топлива; вторая реторта; запасные реторты (срок службы 3 месяца).

Одним из главных преимуществ технологии УТД по сравнению с описанной является полностью автоматизированный процесс переработки отходов с момента загрузки сырья до получения конечных продуктов. Исходное сырьё для УТД не требует предварительной механической обработки. Форма и наличие механизма шуровки пиролизной камеры УТД обеспечивает большую равномерность нагрева сырья и позволяет добиться большей глубины протекания процесса пиролиза. Наличие замкнутого контура водооборота в УТД не требует непрерывного водоснабжения для охлаждения пирогаза. Установка термической деструкции не требует вспомогательного оборудования и отличается мобильностью исполнений. Конструкции УТД поставляются с целью возможности эксплуатации в различных климатических условиях, в то время как установка Фортан эксплуатируется на открытой территории, что ограничивает ее применение в суровых климатических условиях Крайнего Севера РФ. В отличие от ручного режима управления Фортан, в случае УТД контроль и управление

технологическим процессом осуществляется автоматически при помощи сенсорной панели.

Пиролизная установка Пиротекс ориентирована преимущественно на переработку и утилизацию автомобильных шин и отходов ПЭТ. Тигли загружаются в пиролизную печь с помощью кран-балки. Пирогаз, прогретый до температуры 260-560°C, из тигля, в котором протекает процесс пиролиза, поступает в скруббер мокрой очистки, где под действием орошения охлаждающего реагента частично конденсируется. Далее проходя через трубу Вентури, противоточный насадочный адсорбер, нефтяная составляющая пирогаза окончательно охлаждается и конденсируется. Центробежный сепаратор служит для осушения пирогаза от влаги. Охлаждение углеродного остатка осуществляется перегретым водяным паром, который получают в пароперегревателе. После охлаждения до 120-140°C продукт сепарируют, предварительно отделив крупные включения металлической проволоки на вибросите. После вибросита по ленточным конвейерам со встроенным магнитным сепаратором фракционный углеродный остаток окончательно очищается от металлических включений. Для выгрузки углеродного остатка и металлокорда из тигля на вибросито предлагается гидравлический опрокидыватель.

Отличительной особенностью УТД является возможность переработки широкого спектра отходов при относительно простом аппаратурном оформлении технологического процесса. Расход оборотной воды значительно ниже, поскольку отсутствует непрерывное водоснабжение. Отсутствует энергетически емкий процесс получения перегретого пара. Отсутствует необходимость в дополнительных площадках для размещения тиглей или иного вспомогательного оборудования. Габариты установки УТД-1 полностью соответствуют размерам 20-футового морского контейнера, в то время как установка Пиротекс должна размещаться в помещении с искусственной вентиляцией высотой не менее 7 м.

Комплекс EcoMachine AMR предназначен для переработки органических отходов с целью получения электрической и тепловой энергии. Технологический процесс основан на технологии быстрого пиролиза. Конденсацию парогазовой фракции ведут путем ее косвенного охлаждения жидким теплоносителем при одновременной центробежной сепарации и последовательном прохождении газовой фракции по многоступенчатой системе охлаждения и очистки. Несконденсированные газы, прошедшие многоступенчатую очистку, подаются для питания двигателя внутреннего сгорания. Двигатель работает в паре с электрогенератором для выработки электрической энергии.

Поскольку комплекс EcoMachine AMR производит только электрическую энергию необходимо наличие электропотребителей, способных потреблять вырабатываемую энергию. В отличие от комплекса, конструкция пиролизной печи УТД обеспечивает равномерный нагрев сырья, что позволяет достичь большей глубины протекания процесса пиролиза, а также избежать местных перегревов и прогорания металла. Комплекс EcoMachineAMR размещается на открытом воздухе, что ограничивает температурный режим работы от минус 30 до + 40 °С, в то время как установка термической деструкции может иметь любой вид климатического исполнения и эксплуатироваться в регионах с температурой до минус 60 °С. Комплекс EcoMachine AMR уступает по габаритным размерам установке термической деструкции, т.к. комплекс монтируется в рамном исполнении вертикального положения и высота комплекса составляет 9200 мм, что примерно на 7 метров больше высоты УТД-1, при этом занимаемая комплексом EcoMachine AMR площадь – больше.

5. Альтернативные технологии обращения с каждым из видов сырья, планируемого к применению на УТД

Следует отметить, что все указанные методы (кроме захоронения на различных полигонах) справедливы только в том случае, если на промышленном предприятии организован селективный сбор каждой из указанных категорий отходов.

Таблица 1

№ п/п	Наименование	Варианты обращения, альтернативные термической деструкции
1.	Резинотехнические изделия (в т.ч. твердые отходы резины)	-термическое обезвреживание с рекуперацией энергии; -вторичная переработка на химических производствах; -измельчение, грануляция и переработка в другие виды изделий;
2.	Покрышки с металлическим кордом	-переработка в добавки к строительным материалам для улучшения их свойств; - захоронение на полигоне ТБО
3.	Нефтешламы, отходы бурения, включающие: твердую фазу (грунт, песок, порода и т.д.) и жидкую фазу (нефтепродукты)	-механическое разделение (центрифугирование); -химическая обработка; -виброкавитационная экстракция; -биоремедиация, фиторемедиация; - термическое обезвреживание с рекуперацией энергии; - термодесорбция
4.	Нефтешламы, отходы бурения, включающие: твердую фазу (грунт, песок, порода и т.д.), жидкую фазу (нефтепродукты) и воду	-захоронение на специализированном полигоне -размещение в шламохранилище, амбаре
5.	Нефтешламы, отходы бурения, в виде эмульсий, включающие жидкие нефтепродукты и воду	- различные методы сепарации - термическое обезвреживание с рекуперацией энергии; -размещение в шламохранилище, амбаре
6.	Отходы бурения (буровые	-сушка в сушильных аппаратах различных конструкций

	шламы) включающие: твердую фазу (грунт, песок, порода и т.д.), и воду	-размещение в шламохранилище, амбаре
7.	Отработанные масла	-переработка (регенерация); -термическое обезвреживание с рекуперацией энергии; - альтернативное топливо для котельных (если подтверждено посредством КХА отсутствие галогенированных и токсичных веществ)
8.	Полимерные материалы (в т.ч. отходы различных пластмасс, полиолефинов, сложных полиэфиров, шламов, эмульсий и др.)	-термическое обезвреживание с рекуперацией энергии; -вторичная переработка на химических производствах; -измельчение и переработка в другие виды изделий; -переработка в добавки к строительным материалам для улучшения их свойств; -захоронение на полигоне (вид полигона определяется после подтверждения класса опасности)
9.	Органические отходы природного происхождения (растительного, животного)	<i>для различных отходов животного происхождения</i> -использование в кормовых целях; -термическое обезвреживание с рекуперацией энергии; -захоронение на полигоне ТБО в зависимости от исходного состава: -переработка в альтернативное топливо; -использование в химическом, пищевом производстве (реже); <i>для растительных (древесных) отходов</i> возможно также предварительное измельчение, пеллетирование, гранулирование, брикетирование с целью: -производства композитных материалов (типа ДСП); -использования в качестве альтернативного топлива для котельных; - использования в биогазовых реакторах; -термическое обезвреживание с рекуперацией энергии; или захоронение на полигоне ТБО
10.	Органические отходы синтетического происхождения	-переработка (регенерация); -термическое обезвреживание с рекуперацией энергии; - альтернативное топливо для котельных - захоронение на полигоне - иные методы
11.	Органические растворители (с целью регенерации)	-сорбционная очистка -специализированные методы дистилляции (в т.ч. каталитические, фракционные и т.д.)
12.	Сорбенты, загрязненные углеводородами (с целью регенерации)	- регенерация различными методами - -термическое обезвреживание с рекуперацией энергии; - захоронение на полигоне
13.	Отходы очистных сооружений (осадки, илы, пульпы)	стадии и альтернативные комплексы методов обращения приведены на рис. 1
14.	Отходы очистных сооружений (отходы с решеток)	-захоронение на полигоне ТБО

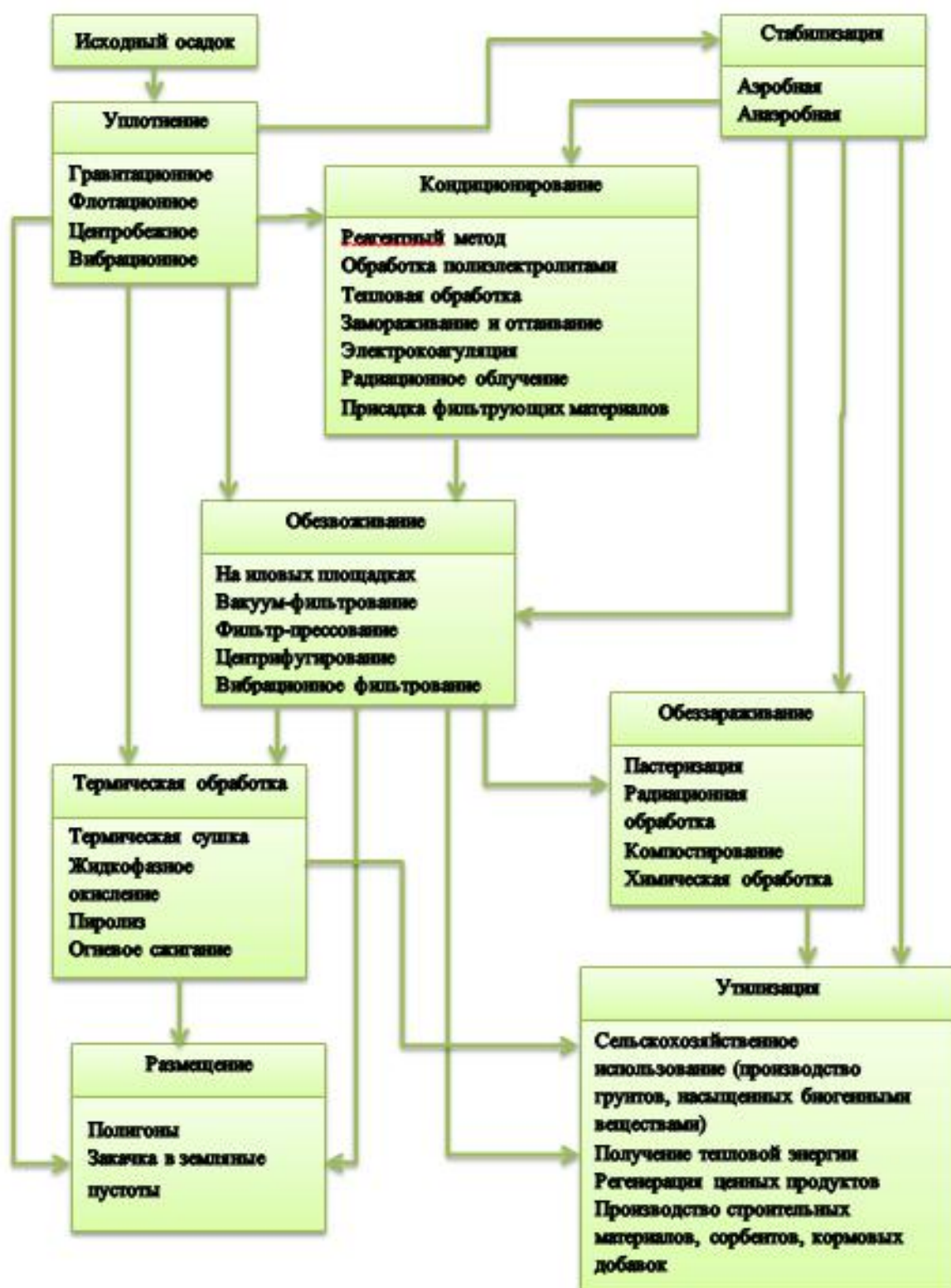


Рисунок 1. Стадии и альтернативные комплексы методов обращения с отходами (осадками) очистных сооружений

Заключение

Настоящее приложение разработано в соответствии с п. 2.4. Положения об оценке воздействия на окружающую среду в Российской Федерации, утвержденного приказом Госкомэкологии России от 16.05.2000 № 372:

При проведении оценки воздействия на окружающую среду Заказчик (исполнитель) обязан рассмотреть альтернативные варианты достижения цели намечаемой хозяйственной и иной деятельности.

Заказчик (исполнитель) выявляет, анализирует и учитывает экологические и иные связанные с ними последствия всех рассмотренных альтернативных вариантов достижения цели намечаемой хозяйственной и иной деятельности, а также "нулевого варианта" (отказ от деятельности).

Целесообразность внедрения тех или иных технологий обращения с отходами, вторичным сырьем, иными видами ресурсов, предполагаемых к переработке в УТД (в т.ч. технологии методов, предлагаемых ООО «Международная энергетическая экологическая компания» в Установках термической деструкции) определяется Заказчиком на основе критериев экологической и экономической значимости, а также с учетом социальных аспектов для каждого конкретного региона или объекта (на базе схем обращения с отходами или ТЭО).

Универсальной в этом плане технологии не существует. При выборе технологии для каждого конкретного региона или объекта должны учитываться следующие факторы:

- экологическая и экономическая целесообразность способов обращения с сырьем, отличных от предложенного способа переработки;
- климатические условия местности;
- гидрогеологические условия местности;
- транспортная инфраструктура региона;
- социально-экономические условия региона;
- маркетинговый климат в области обращения с сырьем, предполагаемым к переработке в УТД и с вторичными продуктами, которые могут быть получены при переработке;
- наличие дефицита земельных ресурсов для сооружения объектов размещения отдельных категорий отходов;
- наличие дефицита методов и средств по обращению с жидкими и влажными осадками сточных вод, отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям.
- география размещения предприятий сбыта вторичных продуктов УТД и т.д.