## Прикладная химия

Учение о химическом производстве, основные задачи, решаемые химической технологией, характеристика важнейших химических производств и аппаратов. Современные требования к химическим производствам экономического, структурного и экологического характера, проблема техники безопасности, химизация экономики и социально-бытовой сферы общества. Химия и энергетика. Химия и новые материалы. Химия и биорегуляция. Химия и создание продуктов питания. Проблема направленного синтеза практически важных продуктов.

Прикладная химия - это раздел науки, изучающий основные области применения химии в народном хозяйстве и с применением продуктов конкретных химических и биохимических производств.

Целью изучаемой дисциплины является подготовка высококвалифицированных учителей химии, способных освещать в школьном курсе, в том числе в условиях профильного обучения вопросы химической и биологической технологии на уровне современного состояния науки и промышленности.

Задачи изучаемой дисциплины:

сформировать представление об основных направлениях и тенденциях химизации в мире и в нашей стране.

изучить проблемы энергетики и основные направления использования традиционного топлива и перспективных источников энергии.

рассмотреть направления решения проблемы создания материалов с заданными свойствами.

показать социальные, экологические и научные проблемы использования удобрений и пестицидов, основные направления использования достижений химии в сельском хозяйстве.

рассмотреть основные средства бытовой химии (синтетические моющие средства, чистящие и отбеливающие вещества, краски, средства гигиены) и правила безопасного обращения с ними.

познакомить студентов с химической сущностью процессов, происходящих при кулинарной обработке пищевых продуктов и правилами рациональной кулинарной обработки продуктов.

рассмотреть, в каких темах школьного курса, и в каком объеме изучаются вопросы прикладной химии.

Междисциплинарный характер.

неорганическая, органическая, физическая химия виды энергоресурсов, Процессы окисления

органическая химия: Состав горючих полезных ископаемых

неорганическая химия: Водород как топливо

биология, биохимия: Фотолиз воды, Жиры, белки, углеводы, превращение веществ в организме, витамины

неорганическая химия, физика: Ядерное топливо

общая и физическая химия: Химические источники тока, Защитные покрытия

химия окружающей среды: Проблемы энергетики

физическая и коллоидная химия: ПАВ

Химическая промышленность объединяет множество специализированных отраслей, разнородных по сырью и назначению выпускаемой продукции, но сходных по технологии производства.

В состав современной химической промышленности России входят следующие отрасли и подотрасли.

Отрасли химической промышленности:

горно-химическая (добыча и обогащение химического минерального сырья - фосфоритов, апатитов, калийных и поваренных солей, серного колчедана);

основная (неорганическая) химия (производство неорганических кислот, минеральных солей, щелочей, удобрений, химических кормовых средств, хлора, аммиака, кальцинированной и каустической соды);

органическая химия:

производство синтетических красителей (выработка органических красителей, полупродуктов, синтетических дубителей);

производство синтетических смол и пластических масс;

производство искусственных и синтетических волокон и нитей;

производство химических реактивов, особо чистых веществ и катализаторов;

фотохимическая (производство фотокинопленки, магнитных лент и других фотоматериалов);

лакокрасочная (получение белил, красок, лаков, эмалей, нитроэмалей и т.п.);

химико-фармацевтическая (производство лекарственных веществ и препаратов);

производство химических средств защиты растений;

7. производство товаров бытовой химии;

производство пластмассовых изделий, стекловолокнистых материалов, стеклопластиков и изделий из них.

8. микробиологическая отрасль.

Отрасли нефтехимической промышленности:

производство синтетического каучука;

производство продуктов основного органического синтеза, включая нефтепродукты и технический углерод;

резиноасбестовая (производство резинотехнических, асбестовых изделий).

Кроме того, на базе отходящих газов и побочных продуктов определенная часть химической продукции вырабатывается в коксохимической промышленности, цветной металлургии, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей (лесохимия) и других отраслях. По технологическому признаку к химической промышленности можно отнести производство цемента и других вяжущих, керамики, фарфора, стекла, ряда продуктов пищевой, а также микробиологической промышленности (белково-витаминные концентраты, аминокислоты, витамины, антибиотики и др.).

## Предмет и задачи прикладной химии

Учение о химическом производстве. Современное химическое производство представляет собой многотоннажное специализированное производство, основанное на достижениях науки и техники. Научной основой химического производства является химическая технология. Химическая технология - это отрасль химической науки, изучающая вещества и процессы их превращений в ходе химического производства.

Роль химии в обществе. Учение об устойчивом развитии общества. Производство конкурентоспособных техники и товаров невозможно без использования химических материалов и технологий. Они являются основными факторами, обеспечивающими прогресс таких ключевых отраслей производства как электротехника, электроника, авиа - и ракетостроение, связь. Состояние химической отрасли промышленности имеет первостепенное значение для народного хозяйства в целом.

Химизация - один из аспектов прикладной химии. Сущность химизации экономики и социально-бытовой сферы. Основные понятия (химизация, экономическая эффективность химизации, химикоемкость, химическая продукция и ее классификация). Условия осуществления химизации. Научно-технический прогресс (взаимосвязанное поступательное развитие науки и техники) в химической промышленности отличают следующие направления: совершенствование средств труда, изменение существующих и создание новых технологий, улучшение использования сырья, всесторонняя автоматизация химического производства. Важнейшим результатом НТП в химической промышленности стало широкое внедрение ее достижений во все сферы народного хозяйства - эффективная его химизация. Химизацией народного хозяйства называется процесс внедрения методов химической технологии, химического сырья и химических материалов и изделий из них в материальное производство. Целью химизации народного хозяйства является интенсификация и повышение эффективности производства, а в непроизводственной сфере улучшение условий труда и качества обслуживания. Количественной оценкой уровня химизации соответствующей отрасли служит "коэффициент химикоемкости" Кх:

Кх = Мхим / Мхим +Мнехим,

где: Мхим и Мнехим - стоимость продукции, произведенной, соответственно, с использованием химических методов и материалов и без них. Максимальное значение Кх имеет на транспорте и в связи, что обусловлено широким использованием в этих отраслях синтетических полимерных метериалов.

Химическая промышленность подразделяется на отрасли широкой специализации (горная химия, основная химия, производства органического синтеза и т.д.) и отрасли узкой специализации (производство минеральных удобрений, пластмасс, синтетических каучуков, красителей и т.д.). Продукция химической промышленности по принятой в стране классификации сгруппирована в 7 классов:

1) продукты неорганического синтеза,

2) полимерный материалы (синтетические каучуки, пластмассы, химические волокна),

3) лакокрасочные материалы,

4) синтетические красители и полупродукты,

5) продукты органического синтеза (нефте-, коксо - и лесохимия),

6) химические реактивы и чистые вещества,

7) химико-фармацевтические препараты.

История вопроса. Химическая технология - научная дисциплина, которая сформировалась в ее современном виде к середине XX столетия. Теоретические основы науки создавались параллельно в России и за рубежом. В 1803 году в Российской АН была впервые создана кафедра химической технологии. В 1808 году выходит в свет учебник И.А. Двигубского "Начальные основания технологии или краткое показание работ на заводах и фабриках производимых". Научные основы химической технологии закладываются позже в работах крупнейших ученых-химиков: Д.И. Менделеева, Н.Н. Зинина, Н.Д. Зелинского, И.Н. Каблукова и других. В стране организуется сеть научных учреждений, в которых разрабатывалась теория химико-технологических процессов конкретных производств.

Основные направления химизации в различных регионах мира. С химизацией народного хозяйства РФ в настоящее время тесно связана проблема конверсии оборонного производства. Она вытекает из необходимости перестройки всей промышленности, в которой удельный вес продукции для нужд военно-промышленного комплекса и сосредоточившего высококвалифицированные научно-технические кадры, достигает 80-90%. Перевод значительной части оборонного потенциала на производство гражданской продукции, в том числе и химического назначения.

Основные задачи, решаемые химической технологией. Между задачами, целями и содержанием теоретической химии и химической технологии существуют принципиальные различия, вызванные спецификой объекта изучения - производственного процесса, что накладывает ряд дополнительных условий и на сам метод изучения. Технология - это наука о наиболее экономических методах и средствах массовой переработки сырых природных веществ в продукты потребления и промежуточные продукты. В химическом производстве собственно химическим превращениям сопутствуют разнообразные физические, физико-химические и механические процессы.

Проблемы химизации: научные, производственные, финансовые, этические и нравственные, социальные и экологические. Химия и хемофобия. Международное сотрудничество в области прикладной химии (КЭМРОН и подобные организации). Все возрастающие масштабы научной и производственной деятельности человека, его воздействие на окружающую среду, влияют не только на материальное производство, но и на все стороны жизни общества. В эпоху НТП важное значение приобретает проблема этики науки, то есть те моральные нормы, которые регулируют взаимоотношения между деятельностью ученого и социально-этическими правилами. Нарушение этических норм может иметь глобальные последствия в виде ухудшения среды обитания, разрушения природных экологических систем, изменения генофонда населения.

На сегодня только в химической промышленности ежегодно производится около тысячи новых химических веществ и соединений при 800 тыс. находящихся в обращении на мировом рынке и 7 млн. известных соединении, в том числе особо опасных веществ, объем производства которых соответствует сотням триллионов летальных доз. Проявление тенденции к росту интенсивности опасных технологических аварий и катастроф, накоплению вредных и токсических отходов при увеличении численности и концентрации народонаселения и материальных богатств на сравнительно ограниченных территориях обусловливает рост масштабов ущерба и потерь. Масштабы техногенной опасности становятся соизмеримыми с масштабами стихийных бедствий. Только количество крупномасштабных технологических катастроф за два последних десятилетия в мире выросло в три раза, преждевременная смертность возросла на 15-25?, а ущерб от них и высоко токсичных техногенных загрязнении даже в такой развитой стране, как США, превышает 7? ее валового продукта. Свыше 10 млн. человек официально являются экологическими беженцами, не считая нашей страны. Вce это свидетельствует о необходимости координации усилий в обеспечении промышленной безопасности как на национальном, так и мировом уровне, об актуальности изучения данной дисциплины.

В общемировой практике обеспечение промышленной безопасности осуществляется путем а) снижения вероятности реализации поражающего потенциала современных технологических объектов и производств (учетом известных промышленных аварий, происшедших в мире в последнее десятилетие, выработаны законы, принципы и рекомендации по безопасности общества от промышленных аварий и катастроф, включенные в законодательства промышленно развитых стран);

б) подготовки к эффективным действиям и их реализации в условиях природных катастроф и чрезвычайных ситуаций (ЧС) экологического и технического характера, обеспечивающих минимум риска, социально-экономического ущерба и людских потерь. Ряд крупномасштабных аварий и катастроф в Мексике, США, СССР и др. привел к колоссальному ущербу и негативным последствиям, вовлечению в возникшие ЧС населения, окружающей среды, экономических структур.

Решение задач первого направления связано с изучением условий проведения технологического процесса и выявление критических значений параметров, выход за которые может привести к возникновению и развитию аварийных ситуаций с последующим возможным переходом к чрезвычайной ситуации.

Решение задач второго направления исследований связано с оптимизацией трудовых, материальных и финансовых ресурсов при предупреждении причин, локализации исключения возможностей развития крупных технологических аварий и катастроф и смягчения или минимизации их негативных последствий.

На сегодня в США, Японии, Канаде и странах Западной Европы создана международная система подготовки к ЧС технологического характера, обеспечивающая уведомление населения конкретных регионов о потенциальной опасности существующих там промышленных объектов, учитывающая мнение населения (а не только заинтересованных министерств, фирм и ведомств) при принятии разнообразных стратегических и тактических решений. Основой формирования планов действий и подготовки населения к ЧС в этой системе являются сценарии возникновения и развития возможных аварий на промышленных объектах.

Основой планов ликвидации аварий в нашей стране долгое время являлись, главным образом, различного вида нормативы и рекомендации общего характера, слабо учитывающие специфику опасностей для конкретных регионов, характер негативного влияния отдельных промышленных предприятий на экологию и экспозицию населения при реальном развитии аварийных ситуаций. Принятие Россией закона по безопасности промышленности и населения, учитывающего риск возникновения природных и техногенных катастроф, изменило ситуацию, привело к эффективным разработкам, связанным с обеспечением как безопасности и живучести функционирования сложных технических систем, так и с защитой жизни и здоровья населения, экономики и окружающей среды.

Ныне в качестве нормативно-правовой базы можно указать:

Закон РФ о промышленной безопасности опасных производственных объектов от 20.06.97 г.

2. Положение о декларации безопасности промышленного объекта РФ, постановление Правительства РФ №675 от 01.07.95

3. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов, постановление Госгортехнадзора России №29 от 12.07.96 г.

4. Руководящие принципы по предотвращению ЧС, готовности к действию при химических авариях. Руководство для государственных органов, рабочего персонала и прочих заинтересованных сторон, 1993 и множество отраслевых нормативных документов.

Весь исторический опыт развития цивилизации свидетельствует о том, что оно никогда не было бесконфликтным и непротиворечивым процессом. В доисторический период человек мало чем отличался от всеядных млекопитающих по характеру своего взаимодействия с биосферой, частью которой он является. Развитие человеческой популяции, её безопасность на этом этапе определялись климатическими (качеством воды, воздуха и т.д.), пищевыми и биотическими (внутривидовое и межвидовое) свойствами окружающей среды. По мере развития цивилизации влияние различных факторов, угрожающих существованию человека, приводило к качественным изменениям в образе жизни и характере организации общественного производства.

Потребность в защите от неблагоприятных природных воздействий привела к развитию строительной индустрии, ткацких и прядильных производств, что в свою очередь потребовало развития горного дела,. металлургии, промышленности строительных материалов, красителей, станкостроения, энергетики и т.д. Эпидемии, возникавшие в результате роста численности населения и повышения плотности его размещения, привели к необходимости коренного улучшения санитарно-гигиенических условии быта, развития медицины и производств, изготовляющих медицинские препараты. Повышение безопасности человека достигалось развитием экономики, использованием достижений науки и техники и соответственно повышением материального уровня жизни. Развитие промышленности, обусловленное потребностью развития экономики, снижая социально-экономический риск, одновременно привело к появлению новых видов опасности как для здоровья населения, так и для окружающей природной среды.

В середине 19 в. появляются крупные машинные производства. Деятельность человека (её масштабы) сопоставимы с воздействием природной среды. С другой стороны появляется осознание ценности и уникальности каждой человеческой личности. Постепенно (2-я половина 19 - начало 20 в) личность ставится во главу угла: её безопасность, уровень и длительность жизни - основополагающие цели. Этот процесс незавершён, но он неизбежен. Он становится жизненно необходимым.

Сейчас идёт этап научно-технической революции (НТР), когда ошибки, сбои в любой области человеческой деятельности чреваты катастрофическими последствиями для большого числа людей и окружающей среды. С другой стороны их уязвимость в условиях сосуществования с современными сложными техническими комплексами резко увеличилась. Во первых, современные технологические комплексы, как правило, связаны с применением и преобразованием большого количества опасных веществ и тех или иных видов энергии. За осознание опасности таких систем человечество заплатило многими жизнями, особенно в результате крупных катастроф (Чернобыль в ядерной энергетике, в химической промышленности Бхопал в Индии и Севезо в Италии). Во-вторых, количество отходов в результате жизнедеятельности биологических организмов не превышает 1%, при технологическом процессе - 99%. Все эти отходы представляют угрозу. Необходима утилизация. Реально безотходных производств практически нет. Природа же не в состоянии перерабатывать выбрасываемые нами отходы. Кроме того, свалки, как правило, тлеют и при этом выделяются токсины. В-третьих, ежегодно производится и включается в промышленный оборот около 1000 новых химических веществ. Это превышает возможности адаптации человека и биосферы.

Сложившаяся ситуация остро ставит задачу обеспечения эффективного безопасного управления техногенными комплексами и всей деятельностью человека в целом., что невозможно без оценки уровня и характера риска, анализа причин его возникновения и путей снижения, прогнозирования вероятности отказов и аварий, их масштабов и последствий, разработки системы мер юридического, технического, организационного и иного характера по уменьшению опасности и минимизации негативных последствий в случае ее реализации.

Научные исследования, проведенные по заказу МЧС, показывают, что тенденция увеличения риска чрезвычайных ситуаций на территории России в ближайшие десять лет сохранится.

Для большинства промышленно развитых стран характерна стабилизация этого показателя. Причина такой ситуации связана с тем, что индустриально развитые страны раньше столкнулись с опасностью и необходимостью предупреждения катастроф и с некоторым отставанием России в области информатики и теории управления. В странах запада пришли к качественно новым технологиям в 70-х гг. Нам это ещё предстоит. Суть этих преобразований: ускоренный переход от индустриальных производственных сил, сложившихся после промышленной революции и основанных на преобразовании вещества и энергии, к научно-техническим производственным силам, связанным с развитием информационных технологий и информатизацией всего общества в целом. Переход к новым производительным силам не исключил полностью риска крупномасштабных техногенных катастроф, но способствовал стабилизации их частоты на определённом уровне. К снижению риска приводит также экспорт опасных и вредных технологий в страны 3-го мира. Последнее способствует увеличению числа катастроф в этих странах. Кроме того, в них довольно слабый научно-технический и образовательный потенциал, что также способствует возникновению аварийных ситуаций.

Анализ причин и последствий наиболее крупных аварий показывает, что они во многом обусловлены традиционными подходами к проектированию и эксплуатации технологических объектов. Возникновение сложных и масштабных технических систем, не только повысило уровень техногенного риска и глобализовало техногенные опасности, но и усложнило задачу управления ими.

## Основные термины, понятия, определения, аббревиатуры

АВАРИЯ - любое незапланированное, неожиданное событие, вызывающее (способное вызывать) нанесение ущерба здоровью людей, материальным ресурсам или окружающей среде, например неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ

АНАЛИЗ ОПАСНОСТЕЙ - идентификация отдельных опасностей системы, определение механизма, с помощью которого они могут вызвать нежелательные события, и оценка последствий этих событий.

АНАЛИЗ ПО ДЕРЕВУ СОБЫТИЙ (ОШИБОК) - один или несколько методов опасностей, связанных с индуктивным определением путей возмущающих действий (дедуктивным описанием событий), ведущих от отказов компонентов к опасной ситуации.

БЕЗОПАСНОСТЬ - ситуация без неприемлемых рисков.

ВЕРОЯТНОСТЬ - возможность того, что рассматриваемое событие произойдёт.

ДОЗА - общий термин, показывающий количество токсичного вещества, поглощённого средой.

ИНЦИДЕНТ - это: отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от режима технологического процесса, нарушение положений нормативно-правовых актов и др. нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте; реализация опасности

КВИО - это коэффициент возможного ингаляционного отравления парами химических веществ

КОНТРОЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ - глубинное обследование всех составляющих общей системы эксплуатации относительно безопасности.

ОПАСНОЕ ВЕЩЕСТВО - химический элемент, смесь, препарат, который в силу своих химических, физических или (эко) токсикологических свойств представляет собой опасность.

ОПАСНОСТЬ - внутреннее присущее свойство вещества, агента, источника энергии или ситуации, имеющее потенциальную способность вызвать нежелательные последствия.

ОПАСНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ОБЪЕКТ - это объект, производство, на котором используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют пожаровзрывоопасные и (или) опасные химические вещества, создающие реальную угрозу возникновения аварии

ОТКАЗ (НЕПОЛАДКА) - это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния оборудования, объекта

ОЦЕНКА РИСКА - ценностное суждение о степени риска, выработанное с помощью анализа риска с учётом любых относительных критериев.

ПРИЕМЛЕМОСТЬ/ДОПУСТИМОСТЬ РИСКА - стремление сосуществовать с риском с целью сохранения определённых преимуществ.

ПРИЕМЛЕМЫЙ РИСК - это риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из экономических и социальных соображений; тот риск, величина которого настолько незначительна, что ради выгоды, получаемой от эксплуатации объекта, общество готово пойти на этот риск

ПРОИСШЕСТВИЕ - авария, предпосылки к аварии.

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ - это состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий

РИСК - сочетание последствий и вероятности их появлений.

СОБЫТИЕ - реализация опасности.

СДЯВ - сильнодействующие ядовитые веществами

ТОКСОДОЗА - количественная характеристика токсичного вещества, соответствующая определённому уровню поражения при его воздействии на живой организм.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ - действия, предпринимаемые для достижения или совершенствования безопасности установки и её эксплуатации; системный подход к принятию политических решений, процедур и практических мер в решении задач предупреждения или уменьшения опасности промышленных аварий для жизни человека, заболеваний или травм, ущерба имуществу и окружающей среде

УСТОЙЧИВОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЩЕСТВА - долговременная ситуация, обеспечивающая приемлемый компромисс между повышением качества жизни и её безопасностью.

АС - аварийная ситуация.

ОП или ПОП - опасное или потенциально опасное производство.

СТС - сложная техническая система.

ТК техногенные катастрофы.

ТО - технический объект.

ХТО - химико-технологический объект.

ЧС - чрезвычайная ситуация.

Любое промышленное производство содержит множество опасностей, которые с некоторой вероятностью (не равной нулю) могут при соответствующих условиях привести к развитию аварийных процессов и перехода их в аварии и чрезвычайные ситуации. Опасности можно классифицировать следующим образом:

социально-экономические, к которым относится недостаточный уровень обеспечения материальными благами, здравоохранения, развития социальных структур в их взаимосвязи и взаимообусловленности и другие;

техногенные, связанные с выбросами в атмосферу и сбросами с сточными водами разнородных загрязнителей в количествах иногда превышающих адаптивные возможности элементов биосферы, необоснованным вовлечением в хозяйственный оборот природных ресурсов, особенно невосполнимых и другие;

экологические, то есть неблагоприятные климатические условия, физико-химические изменения характеристик почвы, воды, оптические и электрофизические изменения атмосферы, а также катастрофы природного и техногенного характеров;

военные, связанные с функционированием терминалов, включающих создание, транспортировку и хранение взрывчатых и токсичных веществ, а также уничтожение химического оружия.

Субъектами, на которые распространяется понятие опасность, являются промышленные технологии, персонал. Поскольку он принимает на себя определенную опасность при выполнении своих обязанностей, то речь уже идет о добровольном или профессиональном риске. Другими субъектами, к которым относится понятие опасность, является население, проживающее в районе размещения опасного производства и подверженное воздействию опасных производственных факторов, как в режиме нормального функционирования, так и в случае возможных технологических катастроф. В дан ном случае речь идет об антропогенном риске.

Риск можно определить как деятельность, которая связана с преодолением неопределенности в ситуации неизбежного выбора, в процессе которого имеется возможность качественно и количественно оценить вероятность достижения ожидаемого результата (неудачи) или отклонения от намеченной цели.

В зависимости от характера опасного вещества, его физико-химических и токсикологических характеристик, области и способа применения, способности перемещаться в пространстве, накапливаться и разлагаться в биологических организмах и окружающей среде и т.д., природа опасностей, порождаемых им, может быть весьма различной. Одно и то же вещество, ранее являясь неопасным, зачастую становится опасным или, будучи опасным, проявляет новые грани своей опасности в связи с интенсификацией производства или применением его в новом качестве или в новом сочетании условий и/или веществ.

Современная классификация выделяет следующие основные виды опасных веществ:

ядовитые вещества.

экологически опасные вещества (фреоны, аэрозоли с использованием фреона заменяют, т.к. они разрушают озоновый слой),

пожаро- и взрывоопасные соединения,

радиоактивные вещества,

коррозионно-активные).

Ежегодно производится около 1000 новых химических веществ. Это превышает возможности адаптации человека и биосферы, даже с учетом того, что не все из них опасны. Накапливаясь, они порождают острую проблему - необходимость утилизации существующих отходов, переведение промышленности на безотходные виды производства. Количество отходов в результате жизнедеятельности биологических организмов не превышает 1%, тогда как при технологическом процессе оно доходит до 99%. Все эти отходы представляют угрозу. Реально безотходных производств практически нет, даже по документам преобладают условно безотходные технологии, т.е. такие, в которых предусмотрена дальнейшая переработка или использование образующихся отходов, но, как правило, она не реализуется на практике. Природа же не в состоянии перерабатывать выбрасываемые нами отходы. Кроме того, свалки, как правило, тлеют и при этом выделяются токсины, существенно загрязняя атмосферу.

Обеспечение надежного безаварийного функционирования современных промышленных производств в условиях их интенсификации является важнейшей проблемой повышения экологической безопасности техно- и биосферы, решаемой с учетом множества социально-экономических и организационно-технических факторов. Например, для развитых. химико-технологических производств, обладающих значительными запасами анергии, химически и биологически активных компонентов, реализация концепции приемлемого риска осуществляется на всех этапах научно-технической, проектно-конструкторско-технологической подготовки и эксплуатации производств с выполнением комплекса исследований по пожаробезопасности процессов и оборудования для химической технологии, отвечающей требованиям устойчивости и безаварийности, а также по созданию эффективных управляюще-вычислительных систем, средств оперативного контроля, диагностики и зашиты, контрольно-измерительных приборов и различных преобразователей технологических параметров.

Экологическая политика в химической технологии может иметь двойственный характер: пассивный, когда формируемые цели и программы, обеспечивавшие их реализацию, являются реакцией на наиболее острые текущие природоохранные проблемы, уровень восприятия их общественностью, и активный, связанный с научно обоснованным прогнозированием вероятных последствий деятельности предприятий, о выявлением потенциальных наиболее серьезных видов риска и разработкой последовательности мер по их минимизации.

Для прогнозирования и количественной оценки риска и негативных последствий от технологических аварий существующей базы знаний недостаточно и приходится опираться на экспертные оценки и на экономические меры, которые следует рассматривать в качестве профилактических. При этом экономические меры должны включать сертификацию опасных веществ и материалов, а также закрепленные в законодательном порядке предельные нормативы поступления в окружавшую среду экзогенных примесей. Важное значение приобретает организация экологического мониторинга, результаты которого, базируясь на оценках интенсивностей проявления отрицательных эффектов в компонентах окружающей среды, позволяют прогнозировать развитие этого эффекта для конкретной территории или с расчетом количественных оценок риска.

Среди наибольших экологических опасностей, грозящих глобальными катастрофическими последствиями, выделяются проблемы разрушения озонового слоя атмосферы, усиления парникового эффекта и накопления стойких органических загрязнителей (СОЗ), для решения которых в настоящее время привлекается все больше финансовых и материальных средств, людских ресурсов и т.д.

В 1974 г. Марио Молина и Шервуд Роулэнд из Калифорнийского университета (США) впервые описали механизм истощения защитного озонового слоя Земли. Под воздействием ультрафиолетовых лучей в стратосфере происходит фотораспад фреонов. Выделяемые атомы хлора многократно вступают в химическую реакцию с озоном, в результате сокращается его количество в стратосфере. Слабое развитие в то время науки об атмосфере не позволило подтвердить заключение американских ученых. Производство фреонов продолжалось до середины 80х годов. Тем не менее в конце 70х годов правительства США и Канады прекратили выпуск аэрозолей с фреонами в качестве пропеллентов. В 1987 г. многие страны подписали в Монреале Протокол об ограничении потребления фреонов в размере 50% от уровня 1986 г. В июне 1990 г. на конференции в Лондоне на основе последних научных исследований было принято решение о прекращении использования всех видов фреонов промышленно развитыми странами к 2000 г. Летом 1991 г. группой ученых были рассмотрены результаты последних измерений количественного уровня озона, выполненных с Земли и ее спутников. Они показали, что по сравнению с 1988 г. потери озона над северным полушарием стали резче выраженными, причем на более низких широтах. Хлорфторуглеводороды (HCFC), молекулы которых содержат по меньшей мере один атом водорода и поэтому менее стойки, пребывают в атмосфере краткое время, что приводит к значительно меньшему, чем от CFC, истощению озона в стратосфере.

Лондонским Протоколом 1990 г. предложен крайний срок использования НСРС - 2040 г., а если возможно - 2020 г. После многих дискуссий в Европе, выявивших различные оценки потенциального уровня истощения озона под воздействием хладагентов-заменителей, было все же решено прекратить производство НСРС к 2040 г. После одноразовой эмиссии фторуглеродного продукта в атмосферу он остается в ней до удалении естественным путем. Можно рассчитать потенциал истощения озона путем деления величины уменьшения аккумуляции озона, ожидаемой от эмиссии FC, на величину ее уменьшения, вызываемого эмиссией эквивалентного количества CFCII. Таким же способом можно рассчитать потенциал галогенизированного углерода в развитии парникового эффекта на Земле. Участие фреонов в глобальном обогреве планеты (парниковый эффект) объясняется способностью их поглощать излучаемое Землей тепло. В результате оно не удаляется за пределы земной атмосферы. Способность поглощать тепло у CFC в 12-18 тысяч раз выше, а у их заменителей HCFC и HFC в 613 тысяч раз выше, чем у СО2 Таким образом, у заменителей фреонов потенциал парникового эффекта существенно меньше, чем у самих фреонов. Учитывая эмиссию различных газов - абсорбентов тепла - в атмосферу, можно считать, что на долю HCFC и HFC - заменителей фреонов - в 2000 г. будет приходиться не более 1% глобального обогрева планеты. При этом предполагается, что эмиссия СО2 останется на уровне 1986 г. Заменители фреонов следует выбирать с учетом минимального воздействия их на атмосферу. Наилучшими будут химические соединения, которые удовлетворяют техническим требованиям к их эффективности и вместе с тем не оказывают вредного воздействия на окружающую среду и на здоровье человека. Использование новых хладагентов не обходится без таких проблем, как совместимость с конструкционными материалами, недостаточная стабильность смесей HFC при высокой температуре. Решение этих проблем требует интенсивных исследований. В последнее время высказывается много предположений о том, что к 2035 г. из-за воздействия фреонов и галонов на озоновый слой планеты следует ожидать резкое увеличение заболеваний раком кожи и поражения сетчатки глаз.

Доклад Гринпис. "Отравленные города", в котором содержалась наиболее полная информация о диоксиновом заражении России: о трех четвертях территории страны, отравленной хлорорганикой; о ежегодной смертности в 20 тысяч человек, причина которой - отравление диоксинами; о средней продолжительности жизни в России, которая заметно меньше, чем в большинстве стран мира; о здоровье подрастающего поколения (среди старших школьников здоровых всего несколько процентов) 1997 г. заставил обратить внимание на новую экологическую опасность.

в последние годы стало окончательно ясно, что в результате развития химической промышленности в окружающую среду попало огромное количество хлорорганических веществ. Эти вещества вызывают множество тяжелых заболеваний: поражают нервную систему и печень, мозг и кожу. К тому же они обладают удивительной живучестью - для их полного разложения требуются столетия, что послужило основанием для объединения их в особую группу - стойкие органические загрязнители (СОЗ).

По составу, СОЗ - это органические (углеродные) химические соединения и смеси, которые включают промышленные вещества (полихлорбифенилы), пестициды (типа ДДТ), а также побочные продукты промышленности (диоксины и фураны). СОЗ, попавшие в окружающую среду, по воздуху и воде перемещаются в районы, весьма удаленные от первоначальных источников. Там СОЗ могут концентрироваться в живых организмах (в том числе людей), накапливаясь до уровней, способных нанести сильный, часто непоправимый вред здоровью человека и окружающей среде.

Стойкие органические загрязнители обладают рядом общих свойств:

СОЗ устойчивы в окружающей среде - они не разлагаются в течение длительного времени, от 10 и более лет;

СОЗ - сравнительно малолетучие вещества; они испаряются довольно медленно. Попадая в воздух, перемещаются с воздушными потоками на большие расстояния и затем возвращаются в землю, воду. Чем холоднее климат, тем меньше СОЗ испаряется, в результате чего они накапливаются (концентрируются) в таких регионах, как, например, Арктика (расположена за тысячи километров от источников и не имеет собственных);

СОЗ мало растворимы в воде и хорошо растворимы в жирах (маслах). Такие вещества способны накапливаться в тканях живых организмов. Их концентрация по мере перемещения по "пищевой цепи" может возрастать в тысячи и миллионы раз;

из-за своей токсичности даже малые количества СОЗ могут нанести серьезный вред человеку и другим живым организмам, нарушая нормальный ход биологических процессов.

В настоящее время количество информации об опасности СОЗ заметно увеличивается, а также расширяется круг обеспокоенных этой проблемой людей, организаций и правительств. Сейчас разрабатывают планы и стратегии решения проблем СОЗ во многих странах мира. В них запрещается или строго ограничивается применение ряда приоритетных СОЗ, что уже приводит к снижению их количества в окружающей среде на местном или региональном уровне. Однако из-за трансграничной природы СОЗ эффективное решение проблемы требует международного сотрудничества в глобальном масштабе.

Многие межправительственные организации, такие, как Экологическая программа ООН (UNEP), Всемирная организация здравоохранения (WHO), Международный форум по химической безопасности (IFCS) получили мандат от различных правительств создать глобальный план действия против СОЗ. В феврале 1997 г. Управляющим советом UNEP было принято решение, одобренное в мае 1997 года Всемирной ассамблеей здоровья, о начале глобального межправительственного соглашения по СОЗ. В конце июня 1998 года Межправительственный комитет по разработке (INC) провел встречу в Монреале и начал готовить глобальную Конвенцию для решения этой важной проблемы.

Участники проекта должны предложить возможные действия по борьбе с так называемой " грязной дюжиной" - стойкими опасными загрязнителями, включенными в список из двенадцати СОЗ:

диоксины

фураны

полихлорбифенилы (PCBs)

ДДТ

хлордан

гептахлор

гексахлорбензол (HCB)

токсафен

алдрин

дилдрин

эндрин

мирекс.

Токсичность - свойство вещества приводить к смерти или вредить здоровью живого вещества при попадании в его организм с водой и пищей (пеpрорально), через кожу или кровь (кожно-резорбтивно), при вдыхании (ингаляционно). Интенсивность поступления (У) не свойственного для организма вещества (ксенобиотика) может быть определена:

при перроральном пути У =F\*Cf\*r;

при кожно-резорбтивноv У =К\*Са:

при ингаляционном У =R\*Cв\*r.

где Cf, Са, Св - концентрация токсичного вещества в продуктах питания, в хозяйственных источниках водопользования и атмосфере;

F - количество потребляемой пищи. кг/сут:

К - коэффициент кожной проницаемости, кг/сут;

R - скорость ингаляции, м3/сут;

г - коэффициент адсорбции.

Повышение риска возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с химическим воздействием на организм человека и окружающую его природную среду, является неизбежной платой индустриального общества за достигнутый уровень технологического развития. Несмотря на предпринимаемые меры в области промышленной безопасности полностью исключать вероятность производственных аварий практически невозможно, но следует всеми доступными средствами стремиться к уменьшению риска их возникновения и минимизации ущерба. Разнообразие. аварийных ситуаций и причин, их вызывающих определяется огромным ассортиментом синтезированных веществ и масштабами их производства. Рост объемов производства высокотоксичных химических соединений, их переработки, транспортировки и хранения предопределяет увеличение частоты возникновения аварий и, соответственно, заражение территорий ядовитыми веществами. В 1988 г. было зарегистрировано примерно 7 млн. наименований химических веществ. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), около 70 тысяч различных химических веществ ежедневно находятся в обращении, а наиболее распространенными являются около 20-30 тысяч, многие из которых представляют опасность острых и хронических интоксикаций. Только в странах Западной Европы количество ежегодно производимых наиболее распространенных токсичных веществ достигают по аммиаку, фосгену и синильной кислоте 100 млрд. смертельных для человека доз, а по хлору 10 тыс. миллиардов таких доз.

Для сравнения ингаляционной опасности веществ между собой в промышленной токсикологии используется показатель, получивший название "коэффициент возможности ингаляционного отравления" (КВИО).

Этот коэффициент равен отношению максимально достижимой концентрации паров вещества при 200С (Ст20) к среднесмертельной концентрации его паров (Сi50):

В соответствии с ГОСТом в зависимости от численного значения КВИО, все химические, вещества по ингаляционной опасности разделится на 4 класса: чрезвычайно опасные (КВИО >300), высоко опасные (КВИО от 299 до 30), умеренно опасные (КВИО от 29 до 3), малоопасные (КВИО < 3).

По замечанию акад.Н. Н. Семенова, хотя человечество практически использует горение в течение многих десятков тысяч лет, а электроэнергию лишь немногим более столетия, но законы, определяющие движение электрического тока, изучены более глубоко, чем законы, определявшие горение. Причем такое отставание в изучении горения объясняется его сложностью, так как при горении приходиться иметь дело со сложными химическими реакциями, которые протекают одновременно с процессами аэродинамики и диффузии, а также о тепло - и массообменом.

Горение является одним из первых физико-химических процессов, с которым человечество познакомилось еще на заре своего существования. В начале оно использовалось для обогрева жилья и приготовления пищи и только спустя многие тысячелетия человек научился использовать его для превращения химической энергии горючих веществ в другие виды энергии.

Научные исследования горения относятся к 19 веку и совпадают со стремительным развитием химии.

Первый период развития науки о горении был периодом установления основных химических законов. На этом этапе была подготовлена научная база для развития энергетики и термодинамики. В этот же период формируются основные теоретические представления: способность горючих систем к воспламенению при нагревании, явления paспространения пламени при локальном поджигании.

Развитие науки всегда было связано с развитием и потребностями производства. Вначале внимание исследователей было направлено на химические аспекты, т.е. на изучение преобразования веществ при горении. Однако для практического использования процессов горения было необходимо исследовать и физику горения, другими словами, изучить явления воспламенения и распространения пламени, температуру пламени и излучение от горячих продуктов сгорания. В последние десятилетия теория процессов горения получила значительное развитие, однако из-за большой сложности и их разнообразия теория еще далека от завершения. Сложность процессов горения обусловлена тем, что химические реакции протекают в условиях быстро изменяющихся температур и концентраций реагирующих веществ, причем температура и градиент концентраций изменяются также под влиянием одновременно Горение представляет собой сложный физико-химический процесс, в основе которого лежит быстро протекающая химическая реакция, которая сопровождается интенсивным выделением тепла и излучением света. Горение развивается в условиях прогрессивного самоускорения химической реакции и связано с накоплением в системе тепла и активных промежуточных продуктов. В большинстве случаев горение происходит в результате экзотермического окисления вещества, способного к горению, окислителем. В повседневной практике принято связывать процесс горения с окислением горючего вещества кислородом воздуха, К горению относятся и другие процессы, связанные с быстрым превращением и тепловым или цепным их ускорением: разложение взрывчатых веществ, озона, распад ацетилена и т.д. Многие металлы могут гореть в атмосфере хлора, медь - в парах серы, а магний - в атмосфере оксида углерода. протекающих физических процессов тепло - и массообмена и различных газодинамических возмущений. В современном понимании с понятием горения (взрыва и детонации) связывается характер протекания реакции, а не ее химическое содержание.

Горение является энергетическим процессом, при котором происходит разрушение электронных оболочек исходных компонентов горючего и образование молекул продуктов сгорания. При этом число атомов при химической реакции не изменяется, а происходит перегруппировка атомов, которая связана с определенными энергетическими затратами или выделением энергии. Кроме основных химических превращений, между исходными реагирующими веществами в процессе горения протекают (имеют место) и побочные процессы, связанные с преобразованием химической энергии в другие виды энергии, главным образом, в тепловую и световую. Интенсивное излучение мы воспринимаем как пламя, представляющее собой газообразную среду, в которой осуществляется химическая реакция. Излучение-следствие перехода молекул или атомов из возбужденного состояния в основное, при котором выделяется квант энергии. Таким образом, пламя служит внешним проявлением протекания интенсивных реакций окисления горючего вещества. Различают два вида пламени - холодное и горячее. Так как процесс окисления является многостадийным процессом, то появление холодного пламени означает на более чем частичное высвобождение энергии реагентов, но при этом свечение и тепловыделение весьма слабые. Большая часть энергии выделяется, когда появляется горячее пламя. При практическом использовании процессов горения всегда имеют в виду горячее пламя, которое обычно называют просто пламенем.

Итак, термин пламя означает, что речь идет об окислительных реакциях. Продукты этих реакций называются продуктами сгорания. В случае, если температура реакции снижается до такой степени, что cвечения не наблюдается, то считается, что отсутствует и пламя. Смесь горючего c кислородом воздуха, необходимая для протекания процесса горения. называется горючей смесью. При горении конденсированных веществ наличие пламени не обязательно. Такой вид горения называется беспламенным горением, или тлением. При тлении процессы свечения и тепловыделения малоинтенсивны, так как протекают не очень интенсивные химические реакции.

Горение является одним из видов химической реакции. Основная особенность явлений горения заключается в том, что условия, необходимые для быстрого протекания реакции, создаются самой реакцией. Эти условия заключаются либо в высокой температуре, либо в большой концентрации активных промежуточных продуктов (свободные атомы, радикалы, органические перекиси), катализирующих реакцию. Если сама реакция создает условия для своего собственного быстрого протекания, то возникает то, что в кибернетике называется обратной связью. При малом изменении внешних условий возможен переход от стационарного режима с малой скоростью реакции к режиму, когда, скорость нарастает со временен в геометрической прогрессии. Подобные явления резкого изменения режима протекания процесса при незначительном изменении внешних условий называются критическими явлениями, а условия при которых происходит такой переход, носят название "критических условий"

В зависимости от агрегатного состояния горючего вещества и окислителя различают три вида горения:

1) гомогенное горение газов и парообразных горючих веществ в среде газообразного окислителя;

) гетерогенное горение жидких и твердых горючих веществ в среде газообразного окислителя;

3) горение взрывчатых веществ и порохов.

По скорости распространения пламени различают дефлаграционное горение, которое протекает с дозвуковыми скоростями, и подразделяют на ламинарное, турбулентное. Скорость ламинарного горения зависит от состава смеси, начальных условий (давления и температуры), а также от кинетики химических превращений в пламени. Скорость распространения турбулентного пламени, кроме перечисленных факторов, характеризующих ламинарное горение, зависит от скорости потока, степени и масштаба турбулентности.

Концентрация горючего

Рис.1.1 Зависимость температуры самовоспламенения (Тсв) от концентрации горючего в смеси (С).

Наиболее благоприятные условия для воспламенения создаются при стехиометрическом содержании (Сст) горючего в смеси. Собственно и температура самовоспламенения будет самой низкой. При уменьшении или увеличении концентрации горючего по сравнению со стехиометрической Тсв возрастает. Кривая, ограничивающая область воспламенения смеси, асимптотически приближается к ординатам, указывая на предельные минимальные и максимальные концентрации горючего в смеси, вне которых воспламенение невозможно. Значения есть нижний и верхний концентрационные пределы воспламенения.

Концентрационные пределы смесей можно определить по правилу Ле-Шателье:

где - содержание отдельных горючих компонентов в смеси.

-концентрационные пределы распространения пламени по каждому из компонентов горючей смеси.

Вопрос о распространении пламени в горючей смеси является одним из наиболее сложных в теории горения. Горение может происходить в неподвижных средах, при ламинарном течении горючей смеси и в турбулентном потоке. Горение также, может происходить при предварительном перемешивании горючего и окислителя или при их раздельной подаче. Процесс горения представляет химическую реакцию, однако скорость горения, по существу, определяется физическими процессами - испарением, переносом вещества и тепла.

Наиболее сложным видом горения является горение жидкостей, протекающих при взаимном влиянии кинетических, тепловых и гидродинамических процессов.

Горение жидкостей происходит в газовой фазе. В результате испарения над поверхностью жидкости образуется паровая струя, смешение и химическое взаимодействие которой с кислородом воздуха обеспечивает формирование зоны горения.

Зоной горения является тонкий светящийся слоя газов, в который с поверхности жидкости поступают горючие пары, а из воздуха диффундирует кислород.

Основными параметрами, характеризующими процесс горения, являются: фронт пламени, ширина фронта пламени, скорость распространения фронта пламени.

Фронтом пламени называют зону, где происходит превращение химической энергии горючего вещества в тепловую. Ширина фронта пламени газовых смесей при атмосферном давлении составляет несколько десятых долей миллиметра.

Перед распространяющимся фронтом пламени находится свежая смесь, а сзади - продукты горения. Если свежая смесь движется навстречу фронту пламени со скоростью, равной скорости распространения пламени, то пламя будет неподвижным.

К свежей смеcи от единицы поверхности пламени в единицу времени в результате теплопроводности подводится количество тепла

 (1)

где? - коэффициент теплопроводности; - ширина фронта пламени.

Выделившееся тепло расходуется на нагрев свежей смеси от начальной температуры То до температуры Тг:

 (2)

где u - скорость потока газа, равная скорости распространения пламени;

с - удельная теплоемкость; р - плотность смеси; (с учетом зависимостей (1) (2) и определяется соотношением

 - коэффициент температуропроводности.

Известно, что скорость, химического превращения сильно зависит от температуры. Поэтому сгорание основной массы горючего вещества происходит в зоне, температура которой близка к Тг. В связи с этим зона самой реакции оказывается меньше. Приблизительно можно принять, что? =u?, где - время пребывания смеси в зоне реакции. Время обратно пропорционально скорости реакции, т.е.? =1/К,

При распространении пламени тепло, которое выделяется в результате реакции, расходуется на нагрев свежей смеси и частично теряется в окружающее пространство. Но если потеря тепла превышает некоторое критическое значение, то произойдет прогрессивное снижение температуры пламени и его затухание. С учетом взаимного влияния потерь тепла из зоны горения и температуры горения, а также скорости распространения пламени сформулированы основные положения о пределах распространения пламени, согласно которым условием возможности распространения пламени по горючей смеси является соотношение

где Тпред - предельное значение Тг;

Ттеор - теоретическая температура горения.

Предельное значение скорости распространения пламени определяется как

.

Отсюда следует, что пламя не сможет распространятся по горючей смеси, если его температура будет ниже теоретической на величину, превышающую R Т2теор/Е

## Экологические проблемы химической технологии

Система "человек - окружающая среда" находится в состоянии динамического равновесия, при котором поддерживается экологически сбалансированное состояние природной среды, при котором живые организмы, в том числе человек, взаимодействуют друг с другом и окружающей их абиотической (неживой) средой без нарушения этого равновесия.

В эпоху научно-технической революции возрастающая ролью науки в жизни общества нередко приводит к всевозможным негативным последствиям использования научных достижений в военном деле (химическое оружие, атомное оружие), промышленности (некоторые конструкции атомных реакторов), энергетике (равнинные ГЭС), сельском хозяйстве (засоление почвы, отравление речных стоков), здравоохранении (выпуск лекарств непроверенного действия) и других областях народного хозяйства. Нарушение равновесного состояния между человеком и окружающей его средой может иметь уже в настоящее время глобальные последствия в виде ухудшения среды обитания, разрушения природных экологических систем, изменения генофонда населения. По данным ВОЗ 20-40% здоровья людей зависят от состояния среды, 20-50% - от образа жизни, 15-20% - от генетических факторов.

По глубине реакции окружающей среды различают:

Возмущение, временное и обратимое изменение среды.

Загрязнение, накопление поступающих извне или генерируемых самой средой в результате антропогенного воздействия примесей техногенного характера (веществ, энергии, явлений).

Аномалии, устойчивые, но локальные количественные отклонения среды от состояния равновесия.

При длительном антропогенном воздействии могут наступить:

Кризис среды, состояние, при котором параметры ее приближаются к допустимым пределам отклонений.

Разрушение среды, состояние, при котором она становится непригодной для обитания человека или использования в качестве источника природных ресурсов.

Чтобы предотвратить настолько пагубное действие антропогенного фактора, было введено понятие ПДК (предельно допустимые концентрации веществ) - концентрация веществ, которая не оказывает на человека прямого или косвенного влияния, не снижает работоспособности, не сказывается на здоровье и настроении.

Для оценки токсичности определяют свойства вещества (растворимость в воде, летучесть, рН, температурные и другие константы) и свойства среды, куда оно попало (климатические характеристики, свойства водоема и почвы).

Может также наблюдаться эффект синергизма (усиление) и антагонизма, так как заводы загрязняют биосферу комплексно.

Решение экологических проблем:

Изменить технологическую схему производства (прекращение или снижение образования отходов, максимальное выделение промежуточных продуктов и использование их в циклических процессах).

Выделить максимальное количество элементов из отходов для других производств.

Обезвреживание производственных выбросов.

Методы решения экологических проблем:

Газообразные отходы (гомогенные: оксиды серы и азота, органические вещества в виде газов - и гетерогенные: туман, пыль, аэрозоли).

Метод рассеивания через трубу.

Фильтры.

Каталитическая очистка газов:

Химические методы очистки:

абсорбционные - поглощение газов жидкости при пониженной температуре и повышенном давлении (вода, органические абсорбенты, перманганат калия, раствор поташа, меркаптоэтанол);

адсорбция (активированный уголь, силикогель, циалиты).

Очистка сточных вод химических предприятий.

Фильтрование.

Отстаивание и фильтрование.

Флотация.

Дистилляция.

Ионный обмен.

Биохимические (для нефти).

Микроорганизмы для вод с повышенным содержанием азота, фосфора и ПАВ.

Создание водооборотных циклов.

Твердые отходы (непрореагировавшее сырье, фильтры и катализаторы).

Извлечение полезных компонентов путем экстракции (благородные металлы из отработанных катализаторов).

Термические методы.

Санитарные засыпки.

Закапывание в океане.

В XIX и XX столетиях взаимодействие человека с окружающей средой или антропогенная деятельность реализуется в форме крупномасштабного материального производства.