

ХЛОБЖЕВА И.Н., СОКОЛОВА Н.А.

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

ВОЛЖСКИЙ

2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И.Н. ХЛОБЖЕВА, Н.А. СОКОЛОВА

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Электронное учебное пособие



2018

УДК 502(07)
ББК 20.1Я73
Х 57

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

технолог ООО «КОМЕТ», канд. тех. наук

Провоторова Д.А.,

инженер-технолог цеха полиэтиленовых труб ООО «Производственная компания «ДИА» канд. тех. наук,

Кравцова Е.В.

Издается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Хлобжева И.Н.

Промышленная экология [Электронный ресурс] : учебное пособие /
Хлобжева И.Н, Соколова Н.А. ; ВПИ (филиал) ВолгГТУ, – электрон.
текстовые дан. (1 файл:833 КБ). – Волжский, 2018. – Режим доступа:
<http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9948-3095-6

В данном учебном пособии изложены основные принципы промышленной экологии, безотходных или чистых производств, примеры реализации безотходной технологии в различных отраслях промышленности. Большое внимание уделено проблемам защиты биосферы (атмосферы, гидросферы, литосферы) от выбросов промышленных предприятий.

Ил. 4, табл. 1, библиограф.: 15 назв.

ISBN 978-5-9948-3095-6

© Волгоградский государственный
технический университет, 2018

© Волжский политехнический
институт, 2018

Содержание

1	Технологические основы промышленной экологии	4
1.1	Основные термины и определения промышленной экологии	4
1.2	Интенсификация хозяйственной деятельности общества и масштабы негативного воздействия промышленного производства на окружающую природную среду	8
1.3	Урбанизация	11
1.4	Научно-технический прогресс	12
1.5	Экологизированные (ресурсосберегающие) технологии	18
2	2. Загрязнение окружающей среды	21
2.1	Классификация загрязнителей и их источников	22
2.2	Экологическая опасность и ее оценка	24
2.3	Контроль качества окружающей среды	25
3	3. Атмосфера и ее роль в биосфере	27
3.1.	Свойства атмосферного воздуха	28
3.2	Основные направления работ по снижению загрязнений воздушного бассейна	30
3.3	Методы очистки и обезвреживания отходящих газов	30
3.4.	Очистка топочных газов от диоксида серы	32
3.5.	Очистка отходящих газов от оксидов азота	36
3.6	Очистка отходящих газов от оксида углерода и углеводородов	38
3.7	Рециркуляция газов	39
4	4. Гидросфера и ее роль в биосфере	40
4.1	Свойства воды в природе	40
4.2	Оборотное водоснабжение	44
4.3	Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий	46
4.4	Методы очистки сточных вод	46
4.5	Обработка осадков сточных вод	48
4.6	Утилизация осадков сточных вод и активного ила	50
5	5. Литосфера и ее роль в биосфере	52
5.1	Недра	53
5.2	Почвы	53
5.3	Классификация твёрдых отходов	56
5.4	Использование и переработка крупнотоннажных промышленных отходов	57
5.5	Обезвреживание и захоронение токсичных отходов	59
5.6	Установки для обезвреживания твёрдых отходов	61
	Литература	63

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

1.1. Основные термины и определения промышленной экологии

Интенсивное развитие хозяйственной деятельности людей (потребности – производство – потребление), деградация природных экосистем, аварии и катастрофы на промышленных и оборонных объектах явились факторами разрушительного воздействия на окружающую среду и привели природу к состоянию кризиса, грозящего экологической катастрофой (с вытекающими последствиями для здоровья населения).

Поэтому перед человечеством встала задача рационального природопользования в сочетании с эффективным снижением отрицательного воздействия промышленного производства на окружающую природную среду (биосферу).

Биосфера – это оболочка Земли, обусловленная прошлой или современной деятельностью живых организмов. По определению академика В.И. Вернадского, биосфера – часть Земного шара, в пределах которой существует жизнь. Биосфера охватывает часть атмосферы (примерно до озонового слоя), верхнюю часть литосферы, так называемую кору выветривания (2-3 км в глубь Земли) и гидросферу. Она сформировалась на нашей планете около 4 млрд лет назад. Венцом развития биосферы явился человек (эволюция: мускульная – паровая – электрическая – атомная энергия). На Земле появились созданные человеком заводы, фабрики, транспортные системы, объекты ядерной техники. Весь этот искусственно созданный технический мир назвали техносферой.

Технический мир находится в явном противоречии с законами жизни на Земле (и естественными экологическими системами) – идет объективное разрушение окружающей среды. С другой стороны, диалектика взаимодействия общества и природы ставит задачу лишь о различной глубине этих противоречий и о разных возможностях (путях) их разрешения. Таким образом, рождается ряд вопросов, связанных с *качеством окружающей среды и жизни человека*.

К числу такого рода проблем относится вопрос экологической безопасности, формирования, прогнозирования антропогенных загрязнений и химического мониторинга.

Понятия экологическая обстановка, экологическая опасность (безопасность) и ресурсосбережение в настоящее время широко применяются при рассмотрении многих экологических проблем, особенно прикладного характера [2]. Большое распространение находят такие понятия, как химическая обстановка, химическая опасность (безопасность), радиационная обстановка, допустимые уровни шума, электромагнитных излучений и другие, относящиеся к частным областям взаимодействия природы с живыми организмами.

Например, *экологическая безопасность* трактуется как любая деятельность человека, исключая вредное воздействие на окружающую среду [3]. Под *экологической безопасностью* понимают также положение, при котором путем правового нормирования, выполнения экологических, природозащитных и инженерно-технических требований достигается предотвращение или ограничение опасных для жизни и здоровья людей, разрушительных для народного хозяйства и окружающей среды последствий экологических катастроф [4].

Понятие *окружающая среда* трактуется как совокупность всех материальных тел, сил и явлений природы, ее вещество и пространство, любая деятельность человека. *Окружающая среда* – это совокупность абиотической (компоненты и явления неживой, неорганической природы: климат, свет, химические элементы и вещества, температура), биотической (факторы взаимодействия особей и видов между собой: конкуренция, паразитизм и др.) и социальной среды, совместно оказывающих влияние на человека и его деятельность.

Понятие *природная среда* является более узким. Оно включает в себя совокупность объектов и условий природы, в которых протекает деятельность какого-либо субъекта [5].

К факторам, проявляющимся в результате деятельности человека, относятся антропогенное и техногенное воздействие на природную среду.

Под *антропогенным* воздействием имеется в виду любой вид хозяйственной деятельности в его отношении к природе. *Техногенное* воздействие понимается несколько уже – это целенаправленный процесс технической (в том числе геологической) деятельности человека в биосфере и околоземном пространстве.

В зависимости от вида антропогенного воздействия (рис. 1.1.) понятие экологическая безопасность может трансформироваться в широко применяемое на практике понятие химической безопасности.



Рисунок 1. Виды антропогенного воздействия

Химическая безопасность – это совокупность определенных свойств объектов окружающей среды и создаваемых условий, при которых (с учетом экономических, социальных факторов и научно обоснованных допустимых дозовых нагрузок химических вредных веществ) удерживаются на разумно низком, минимально возможном уровне риска возникновения аварий на химически опасных объектах, прямое и косвенное воздействие этих веществ на окружающую среду и человека и исключаются отдаленные последствия влияния химически вредных веществ для настоящего и последующих поколений [6].

Поддержание и обеспечение экологической (химической) обстановки на приемлемом уровне по определяющим ее параметрам во многом достигается целенаправленной деятельностью людей. Эта деятельность, выражающаяся в определенных мероприятиях, называется экологическим (химическим) обеспечением.

Экологическое обеспечение – это комплекс мероприятий организационно-технического, социально-экономического, правового регулирования и др., направленных на сохранение и восстановление качества природной среды, а также обеспечение высокого уровня жизни людей в процессе функционирования народно-хозяйственных, культурно-бытовых и других объектов и структур.

Экологизация – процесс неуклонного и последовательного внедрения систем технологических, управленческих и других решений, позволяющих повышать эффективность использования естественных ресурсов и условий наряду с улучшением или хотя бы сохранением качества природной среды на локальном, региональном и глобальном уровнях [2].

Экологизация технологий (производства) – мероприятия по предотвращению отрицательного воздействия производственных процессов на природную среду. Осуществляется путем разработки малоотходных (ресурсосберегающих) технологий, аппаратов и оборудования, дающих на выходе минимум вредных выбросов (см. рис. 4.2).

Экологизированные технологии – производственные процессы и производства, которые не нарушают естественные круговороты в природе, сводят до минимума поступление загрязняющих веществ в биосферу и гармонично вписываются в природные условия [2].

В их основу должны быть положены следующие принципы:

1. *Пространственная компактность*: каждое предприятие должно занимать минимально разумную территорию, а его цеха и отделы – работать по принципу: создание экологически чистой продукции, ее сбыт, возврат отходов в производство.

2. *Малоотходность (теоретически безотходность) технологий и производства*.

3. *Замкнутость производственных циклов*, что позволяет сохранить в чистоте природную среду и уменьшить потребление природных ресурсов.

4. *Возможность вторичной переработки (рекуперации) отходов* до такой степени, чтобы сделать их допустимыми для разложения и включения в естественные круговороты.

С позиции охраны окружающей среды, мы должны перейти в новое состояние, имя которому *ноосфера*, то есть сфера разума (В.И. Вернадский, 1920). У человечества нет иного выбора. *Ноосфера* – сфера взаимодействия природы и общества, в пределах которой разумная деятельность человека становится определяющим фактором.

Триада «биосфера – техносфера – ноосфера» – это системное образование современности, обладающее внутренним единством и логикой развития. Логической основой этого образования являются следующие практические разделы экологии как науки.

Промышленная экология – дисциплина, рассматривающая воздействие промышленности – от отдельных предприятий до техносферы – на природу и, наоборот, влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов [8].

Фактически, исходя из вышеупомянутых определений, существуют две группы задач охраны окружающей природной среды (ООПС): экологические и инженерные, причем первые могут решаться с помощью вторых.

Методической основой курса промышленной экологии является научный анализ экологической характеристики производства (технологического процесса, аппаратного оформления, сырьевых и вспомогательных материалов, их возможного воздействия на окружающую среду).

На основе детального анализа проводится оценка реального воздействия производства (производственных комплексов) на биосферу, даётся прогноз состояния окружающей среды и намечаются мероприятия по минимизации влияния объектов хозяйственной деятельности на природу.

Целями промышленной экологии являются: решение проблем рационального использования природных ресурсов, предотвращение (на первом этапе – ограничение) загрязнения окружающей среды, совмещение техногенного и биогеохимического кругооборотов веществ, т. е. промышленная экология является средством для устойчивого функционирования эколого-экономических систем.

Важнейшими задачами, стоящими перед промышленной экологией, являются: контроль загрязнения окружающей среды (и как высшая форма контроля – мониторинг); анализ экологической ситуации (в широком понимании контроль включает в себя инвентаризацию материальных и энергетических ресурсов, качественную и количественную оценку влияния человека на окружающую среду и поиск путей снижения отрицательного воздействия промышленности на окружающую среду); определение отраслей-загрязнителей и источников загрязнения; нахождение путей снижения вредных выбросов источниками загрязнения с учетом снижения материальных затрат на природоохранную деятельность; прогнозирование последствий хозяйственной деятельности; экологизация промышленных технологий; очистка воздуха и воды; решение проблем использования или захоронения твердых промышленных и бытовых отходов; эколого-экономическая экспертиза технических решений.

Средства для решения задач, стоящих перед промышленной экологией, включают в себя современные достижения науки и техники, а также экономические рычаги (налогообложение, стимулирование) и природоохранное законодательство.

В настоящее время основными направлениями промышленной экологии являются: экологизация технологий; создание малоотходных процессов; очистка атмосферы и водных ресурсов от вредных примесей; переработка твёрдых отходов (или их захоронение); использование экономических и правовых рычагов для охраны окружающей среды.

1.2. Интенсификация хозяйственной деятельности общества и масштабы негативного воздействия промышленного производства на окружающую природную среду

Анализ развития производств и динамики потребления сырья и образования отходов привели к выводу о том, что дальнейшее развитие производств (и общества в целом) не может осуществляться без учёта экологических ограничений и требует принципиально нового подхода.

Так, объём мирового промышленного производства увеличивается по экспоненциальному закону. Количество перерабатываемого сырья и образующихся при этом отходов тоже возрастает экспоненциально. А это означает, что человечество всё больше работает на производство отходов. Только около 1-2 % сырьевых материалов переходит в конечную продукцию, а остальные 98-99 % превращаются в отходы. Расходы на обезвреживание и переработку отходов стали тоже возрастать экспоненциально и сейчас составляют 8-10 % стоимости производимой продукции.

Идея многократного, цикличного, экономного использования материальных ресурсов уже не только широко обсуждается во всём мире, но и в большинстве стран нашла широкое практическое применение. Так, в развитых странах степень повторного использования свинца составляет не менее 65 %, железа – 60, меди – более 40, никеля – 40, алюминия – 33, цинка 32 % и т.д.

В нашей стране эти цифры значительно скромнее. За счёт использования вторичного сырья производится 30 % стали и 20 % цветных металлов. Энергоёмкость производства алюминия из вторичного сырья в 20 раз, а стали в 10 раз ниже, чем энергоёмкость их производства из первичного сырья. Анализ использования сырьевых материалов по шести важнейшим отраслям промышленности (чёрная и цветная металлургия, добыча и переработка угля, производство удобрений, химических продуктов и строительных материалов) показал, что в нашей стране 30 лет назад в готовую продукцию переходило всего 1-2 % используемых сырьевых материалов, 20 лет назад от 5-10 %, 5 лет назад — 28,6 %. В конечном итоге основным для промышленного производства должно стать вторичное сырьё.

Кроме ресурсной проблемы современного общества более серьёзной является проблема загрязнения окружающей среды. Всё неиспользованное

сырьё (до 90 %) проступает в окружающую среду в виде различных отходов. Эти вещества в природе были в наименее растворимой, следовательно, менее токсичной форме. Например, металлы – в виде малорастворимых оксидов или сульфидов, фтор – в виде фторида кальция или фосфатов, содержащих фтор. При получении металлов, фосфорных удобрений и ряда других продуктов образуется большое количество твёрдых, жидких и газообразных отходов, в которых тяжелые металлы и фтор находятся в активной форме, губительно воздействующей на все живое.

В результате промышленной деятельности от всех антропогенных источников в биосферу в общей сложности поступило около 20 млн. т. свинца, 14 млн. т. цинка, более 2 млн. т. меди и т.п. Масштабы выбросов соединений кадмия, цинка, меди и др. тяжёлых металлов всеми вулканами нашей планеты далеко уступает их количеству, поступающему только от мусоросжигающих печей. Антропогенные источники выделения тяжёлых металлов распределены очень неравномерно и сконцентрированы преимущественно в густонаселённых промышленных районах. Повышенное внимание к тяжёлым металлам уделяется потому, что по общетоксическому воздействию на живые организмы они уже вышли на первое место, далеко опередив радиоактивные вещества и пестициды, и вызывают целый букет заболеваний: сердечно-сосудистые заболевания, умственная неполноценность, паралич, рак, наследственные болезни.

В последнее десятилетие ежегодно в атмосферу поступает 25 млрд. т. CO₂ (около 10 % от общего природного поступления), 190 млн. т. CO (около 10 % от природного поступления), около 110 млн. т. SO₂ (75-90 % в зависимости от полушария), около 70 млн. т. NO_x, свыше 50 млн. т. различных углеводородов, около 50 млн. т. первичных аэрозолей (4%). Кроме того, образуется ещё порядка 250 млн. т. мелкодисперсных аэрозолей сульфатов, нитратов, углеводородов (20%) и т.д.

Воздушными массами загрязнения могут переноситься на большие расстояния и существенно влиять на состояние атмосферы и здоровье человека. В частности, происходящее с интенсивностью 0,4 % в год накопление в атмосфере CO₂ вследствие поглощения им ИК-излучения солнца может вызвать глобальное повышение температуры (“парниковый эффект”). Трансформация в атмосфере SO₂, NO_x и других аналогичной природы выбросов может завершаться образованием кислотных туманов и выпадением кислотных дождей (снегов), вызывающих коррозию многих неорганических материалов (объектов), а также угнетение и уничтожение различных объектов флоры и фауны. Находящиеся в атмосферном воздухе аэрозоли (пыли, дымы, туманы) задерживают падающую на поверхность Земли солнечную радиацию, способствуя похолоданию на планете. Оседающая на поверхности ледников пыль ускоряет их таяние вследствие более интенсивного поглощения солнечной энергии. Атмосферные аэрозоли вследствие их более или менее длительной седиментации обуславливают

загрязнение токсичными веществами поверхностных и подземных вод, а также почвы.

В XXI веке, в условиях растущего в мире дефицита природных ресурсов, увеличения количества и масштабов техногенных аварий и катастроф, дальнейшее развитие мирового сообщества должно основываться на новых принципах.

Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) поставила перед всеми государствами мира задачу обеспечения устойчивого экономического, социального и экологического развития, предполагающего разумное использование ресурсов природы, для того чтобы поколения не оказались перед лицом глобальной экологической катастрофы. В соответствии с этой задачей была разработана программа ООН по проблемам окружающей среды (ЮНЕП), в которой были сформулированы глобальные экологические проблемы, сгруппированные в следующие экологические разделы:

- изменение атмосферы и климата;
- изменение гидросферы;
- изменение литосферы; проблемы, связанные с добычей и использованием полезных ископаемых, а также с использованием земной поверхности;
- изменение биоты (животного и растительного мира);
- изменения в сельском и лесном хозяйстве;
- демографические проблемы, в том числе проблема производства продуктов питания;
- урбанизация, проблемы населенных пунктов;
- влияние окружающей среды и её изменения на здоровье населения;
- проблемы развития промышленного производства;
- проблемы, связанные с производством и потреблением энергии;
- проблемы, связанные с развитием транспорта;
- развитие природоохранного образования и понимания общественностью проблем окружающей среды;
- проблемы, связанные с воздействием войн на окружающую среду, а также возможные экологические последствия войн.

Два последних десятилетия уже прошли под принятым мировым сообществом пониманием решающей роли экологической составляющей нашего бытия – сохранения, очистки и реабилитации окружающей среды в рамках концепции устойчивого развития. Эта проблема будет одной из определяющих и в XXI веке.

Анализируя программу ООН по проблемам окружающей среды (ЮНЕП), нельзя не видеть, что рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды – важные и актуальные проблемы современности, от правильного решения которых зависит будущее человечества, его устойчивое, бескризисное развитие.

Под устойчивым развитием понимается такое экономическое развитие, при котором удовлетворение потребностей людей происходит без ухудшения

среды обитания (климата, состояния атмосферы, гидросферы и почвы, других природных ресурсов, в том числе растительного и животного мира) для них самих и для последующих поколений.

Сейчас все очевиднее взаимосвязь производственных и экологических процессов. Происходит слияние объектов хозяйственной деятельности человека, среды его обитания и окружающей природной среды в единые системы, развивающиеся по своеобразным, еще недостаточно изученным законам. Для изучения состояния и прогнозирования изменений, а также управления развитием таких систем возникло новое научное направление – промышленная экология.

1.3. Урбанизация

Урбанизация (от латинского *urbs* – город) – это исторический процесс повышения роли городов в развитии общества, который охватывает социально-профессиональную, демографическую структуру населения, его образ жизни, культуру, размещение производительных сил и др. Сформировавшиеся в результате строительной деятельности человека здания, сооружения, урбанизированные территории существенно преобразуют естественные природные системы и их компоненты (рельеф, почвы, воду, воздух, растительный и животный мир), в итоге зачастую создаются неблагоприятные условия как для окружающей среды, так и для жизни самого человека.

Отличие урбанизированных территорий от природного окружения заключается, прежде всего, в следующем: нивелирование естественного природного рельефа в результате стремления человека получить оптимальные уклоны дорог, улиц, площадей и других территорий; изменение воздушных потоков в результате возведения зданий и сооружений; изменение естественного водного режима в результате устройства фундаментов, подземных инженерных сооружений, регулирования рек и водоемов в черте города, застройки и благоустройства территорий, в том числе организации поверхностного стока; резкое сокращение и изменение растительного покрова городских территорий.

Расширение декоративных посадок при этом не может компенсировать потерю естественных насаждений; энергетические воздействия, а также газовое и тепловое загрязнение окружающей среды. Особенно значительное загрязнение окружающей среды характерно для промышленных центров, потребляющих значительное количество природных ресурсов и выбрасывающих в атмосферу газ, дым и пыль, а на поверхность земли – сточные воды, промышленные и бытовые отходы.

Современный промышленный город с населением в 1 млн. чел. потребляет в сутки: воды 625 тыс. м³ пищевых продуктов 2 тыс. т угля 4 тыс. т нефти 2,8 тыс. т газа 2700 тыс. т автомобильного топлива 1000 т. В результате переработки в окружающую среду поступает: сточных вод 500 тыс. м³ твердых отходов 2 тыс. т аэрозолей 150 т окислов серы 150 т

окислов азота 150 т окислов углерода 450 т углеводородов 100 т Загрязнения рассеиваются и распространяются на высоту 2–2,5 км, в радиусе 50 км и более и на глубину 4 км. В городах повышается температура воздуха, образуются несвойственные для окружающей природной среды смог, кислотные туманы, осадки и др.

1.4. Научно-технический прогресс

Научно-технический прогресс как позитивный фактор способствует достижению высокого материального и духовного благосостояния общества, мощному ускорению социального прогресса, однако он выступает и как фактор, который ведет к развитию противоречий между ростом масштабов и темпов производственной и иной деятельности человека и окружающей природной средой.

Негативное воздействие на окружающую среду, прежде всего, связано с энергетическим комплексом. Эволюция развития энергетики прошла путь от использования человечеством мускульной силы людей и животных до использования энергии ветра, пара, водных объектов, атома и процессов горения. Предприятия, получающие электроэнергию при сжигании органического топлива (угля, мазута и природного газа), называют тепловыми электростанциями. При производстве электроэнергии вырабатывается значительное количество теплоты, поэтому электростанции, расположенные вблизи городов и производственных предприятий, используют еще и для получения тепла. Предприятия, вырабатывающие эти энергии, называют теплоэлектростанциями (ТЭЦ).

Электрическая энергия ТЭЦ подается в электросеть, а тепловая – в теплопроводы. Ископаемое топливо, извлекаемое из недр Земли, подается в топку парогазогенератора. Для обеспечения горения топлива в топку одновременно подается воздух. Этот процесс приводит к сокращению природных ресурсов (топливо). Образующиеся в парогенераторе продукты сгорания передают часть тепла рабочему телу (водяному пару), другая его часть вместе с продуктами сгорания (CO_2 , CO , O_2 , NO_x), а также оксиды металлов, мелкодисперсная зола и пары воды выбрасываются в атмосферу, загрязняя ее.

В атмосфере газообразные продукты сгорания в результате вторичных химических реакций с участием кислорода и паров воды образуют кислотные туманы и осадки, а также различные соли, которые выпадают на поверхность почвы и водоемов, вызывая их химическое загрязнение. В турбоагрегате в результате расширения сжатого пара теплота преобразуется в механическую работу, а отработанный пар поступает в конденсатор и градирню. Тепло конденсата сбрасывается в водоем, вызывая его тепловое загрязнение. Преобразование механической работы в электрическую энергию осуществляется в электрогенераторе. Работа электрогенератора, трансформаторных подстанций, потребителей электроэнергии (электромоторы и др.), а также передача электроэнергии на расстояния по

воздушным линиям сопровождаются вредными физическими воздействиями на окружающую среду (шум, электромагнитные излучения и др.). При эксплуатации оборудования ТЭЦ образуются сточные воды, загрязненные нефтепродуктами и другими веществами, сброс которых в водоемы без соответствующей очистки вызывает их химическое загрязнение.

Твердые продукты горения (шлак и зола) вывозят в золошлакоотвалы (ЗШО), негативное воздействие которых на окружающую среду заключается в следующем: изъятие из сельскохозяйственного оборота плодородных земель; загрязнение почв и поверхностных вод, контактирующих с ЗШО; сезонное «пыление» ЗШО; формирование в ходе эксплуатации ЗШО техногенного горизонта грунтовой воды; возникновение потенциальной угрозы вследствие частичного или полного разрушения ограждающей дамбы ЗШО с последующим растеканием по местности ЗШО.

Гидроэлектрическая станция (гидроэлектростанция, ГЭС) – это электростанция, преобразующая механическую энергию потока воды в электрическую с помощью гидравлических турбин, приводящих во вращение генераторы, вырабатывающие электрический ток. ГЭС вырабатывают почти 68 % всей электроэнергии мира, однако большинство перспективных мест для строительства ГЭС в развитых странах уже освоено. Выработка электроэнергии гидроэлектростанциями не сопровождается загрязнением атмосферного воздуха вредными газами, но экологические последствия строительства и эксплуатации ГЭС также значительны и заключаются: в отчуждении и затоплении обширных территорий земной поверхности, в существенных изменениях гидрометеорологических условий; значительном увеличении уровня грунтовых вод по сравнению с обычным уровнем для данной местности, что обусловлено значительной массой воды, концентрирующейся в водохранилищах.

Это отрицательно сказывается на флоре и фауне, повышает атмосферную влажность, что особенно опасно для предгорных и горных районов, где она и так высока; повышении сейсмичности районов в горной местности; повреждении биомассы воды гидротурбинами, непосредственно взаимодействующими с водой, протекающей через них; прекращение хода рыбы в верховья рек, нарушение нерестилищ. Эффективные устройства, позволяющие прохождение рыбы через плотины гидроузлов, не созданы до сих пор.

Атомная электростанция (АЭС) – это электростанция, на которой энергия ядерного топлива преобразуется в электрическую. Генератором энергии на АЭС является атомный (или ядерный) реактор. Теплоту, выделяющуюся в нем в результате цепной реакции деления ядер некоторых тяжелых элементов, используют для получения водяного пара, вращающего турбогенератор, который вырабатывает электрический ток. Топливом для атомного реактора являются обогащенные уран или плутоний, получаемые из руд. Установлено, что мировые энергетические ресурсы ядерного горючего существенно превышают энергоресурсы природных запасов органического

топлива (нефть, уголь, газ природный и др.). АЭС являются источниками поступления в окружающую среду: газообразных и частично аэрозольных выбросов (марганец-54, стронций-90, йод-131, углерод-14 и др.); жидких отходов; твердых радиоактивных отходов (фильтры для очистки воды и воздуха, детали оборудования реактора, снятые с эксплуатации, ветошь, спецодежда бумага и др.). Кроме того, АЭС являются потенциально ядерно-опасными объектами и таят в себе угрозу выброса радионуклидов с заражением обширных территорий в случае возникновения на них аварий. Максимально возможный выброс радиоактивных элементов в окружающую среду при нормальной эксплуатации АЭС составляет: Элемент йод-131 цезий-137 стронций-90 (I131) (Cs137) (Sr90) с-Выброс, Бк $-1 \cdot 10^{-7} \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 4$ (Беккерель* в секунду). Это не представляет опасности для окружающей среды.

Глобальное загрязнение биосферы и облучение населения планеты могут вызывать: долгоживущие радионуклиды, присутствующие в выбросах радиохимических заводов по переработке облученного топлива на конечной стадии ядерного топливного цикла (ЯТЦ); высокотоксичные отходы ЯТЦ – тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы), отправляемые на захоронение зачастую без переработки и извлечения урана и плутония; аварии на АЭС.

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) – это тепловой двигатель, в котором часть химической энергии топлива, сгорающего в рабочей полости, преобразуется в механическую энергию. ДВС используют в наземных (автомобильный транспорт, подъемно-транспортные, строительно-дорожные машины и др.), водных, воздушных транспортных средствах. Наибольший рост сжигания топлива в мире отмечается для автомобильного транспорта: так, в 1950 г. эксплуатировалось 66,5 млн. автомобилей, в 1975 г. – 250 млн., в 1977 г. – 280 млн., а на 1 января 1996 г. – уже 622 млн. автомобилей. По прогнозам, темпы автомобилизации еще более возрастут к 2005 г., когда мировой парк автомобилей составит 1 млрд. 200 млн. единиц.

На сегодня суммарная мощность мирового парка автомобилей примерно в 10 раз больше мощности всех работающих электростанций, а количество вырабатываемой ими энергии составляет до 33 % общего ее количества.

Топливом для ДВС служат продукты переработки сырой нефти – бензин, керосин, дизельное топливо. Для повышения октанового числа в бензин добавляют тетраэтилсвинец $(C_2H_5)_4Pb$, что повышает опасность выбросов свинца. Выработка энергии ДВС сопровождается значительным загрязнением воздушной среды выхлопными газами, содержащими около 200 компонентов, многие из которых токсичны (оксид углерода CO_2 , оксиды азота NO_x , сажа, бензпирен и др.). Отработавшие газы ДВС, продукты износа механических частей и покрышек автомобиля, а также дорожного покрытия составляют более половины атмосферных выбросов антропогенного происхождения в жилой застройке населенных пунктов.

Нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая, нефтехимическая отрасли промышленности.

Нефть считается одним из самых распространенных и самых опасных загрязняющих веществ, так как около трети ее мирового производства добывается на континентальном шельфе. Большую опасность представляют перевозки нефти крупнотоннажными танкерами – нефтевозами. Общая масса нефтепродуктов, ежегодно попадающих в моря и океаны, приближенно оценивается в 5–10 млн. т.

Сухогрузный и пассажирский водный транспорт также сбрасывает в водные акватории большое количество отработанной нефти и нефтепродуктов. В настоящее время почти 100 % морских судов работает на жидком топливе, причем их мощности возрастают из года в год. Нефть и нефтепродукты поступают в Мировой океан в процессе бункеровки топлива, вследствие утечек, при перекачке за борт трюмных вод, из-за неполного сгорания топлива и т. п. Своего рода «залповыми» выбросами нефтепродуктов в окружающую среду стали аварии нефтеналивных судов при столкновениях, посадке на мель. Использование при транспортировке нефти супертанкеров, обладающих большой массой, глубокой осадкой и малой маневренностью, с экологической точки зрения весьма опасно, тем не менее, суда водоизмещением 500 тыс. т уже спущены на воду, а суда водоизмещением 800 тыс. т строятся в ряде государств. Нефтепроводы являются серьезными потенциальными источниками окружающей среды. По крупнейшим нефтепроводам утечка нефти из трубопроводов, составляет не менее 0,03 % расхода перекачиваемой по трубопроводу нефти. Нефтеперерабатывающие заводы, перерабатывающие до 1 млн. т сырой нефти в год, потребляют не менее 50 тыс. л воды в минуту. В сточных водах только отпарной перегонной колонны, дающей «кислый» концентрат, содержится 4200 млн. –1 сульфидов, 3100 млн. –1 аммиака, 420 млн. –1 фенолов и от 3 до 100 млн. –1 нефти. Из одной тысячи тонн сточных вод, в среднем, после их обработки получается 210 кг нефти. Объем выбросов SO₂ на нефтеперерабатывающем заводе мощностью 12 млн. т составляет 219 тыс. т в год, причем их отрицательное влияние проявляется на расстоянии до 20 км от предприятия.

Нефтехимические заводы, размещаемые часто по соседству или на одной территории с нефтеперерабатывающими заводами, являются активными источниками загрязнения окружающей среды. По мере того, как возрастает глубина переработки нефти на этих заводах, увеличивается и количество стоков, которые отличаются более сложным составом и включают разнообразные токсические соединения, в том числе пропан, бутан, этилен, фенол, бензол и другие углеводороды. Серная кислота, используемая в больших количествах в нефтехимии, – один из наиболее вредных для окружающей среды отходов нефтепереработки. Кислые гидроны являются одним из основных твердофазных отходов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Они

представляют собой смолообразные высоковязкие массы различной степени подвижности, содержащие кислоты, воду и разнообразные органические вещества. Добыча и переработка полезных ископаемых. К 2000 г. мировой объем добычи полезных ископаемых достиг 600 млрд. т. В то же время для их извлечения перемещаются сотни миллиардов тонн вскрышных пород грунта, почвы, что приводит к резкому ухудшению экологической обстановки в этих регионах. Взрывы на карьерах стали периодическими и являются очень крупными источниками пыли и ядовитых газов. Так, на Криворожском железорудном бассейне производятся взрывы мощностью 500–700 т взрывчатых веществ и т. д. Как правило, при мощном взрыве пылегазовое облако рассеивает 200–250 т пыли в радиусе 2–4 км от эпицентра взрыва, вызывая загрязнение окружающей среды на прилегающих территориях.

Металлургическая и металлообрабатывающая промышленность. Производство чугуна и стали в нашей стране ежегодно сопровождается образованием более 70 млн. т металлургических шлаков, из которых используется немногим более 50 %. Только накопление шламов с содержанием железа около 50 % на заводах черной металлургии достигает 20 млн. т/год. В целом производство 1 т стали сопровождается образованием около 0,4 т твердых отходов, не считая дымовых газов и загрязненных сточных вод. Металлургические шлаки представляют собой силикатные системы с различным содержанием железа.

Те же шлаки содержат тяжелые металлы, мышьяк, сурьму, остатки флотагентов и другие примеси, которые из отвалов и других накопителей отходов попадают в окружающую среду.

Цветная металлургия.

В мире ежегодно выплавляется цветных металлов приблизительно в 15 раз меньше, чем черных. Однако на 1 т производимого металла выход шлаков составляет 1–200 т, поэтому их масса вполне сопоставима с выходом шлаков в черной металлургии. В отвальных шлаках цветной металлургии обнаруживают значительные массы ценных компонентов, причем в ряде случаев их содержание выше, чем в добываемых рудах.

Так, в отвалах шлаков на медеплавильных заводах содержится более 27 млн. т железа, 335 тыс. т меди и 2 млн. т цинка; в шлаковых отвалах свинцовых заводов – до 3 млн. т железа; более 900 тыс. т цинка, 150 тыс. т свинца, 70 тыс. т меди. Подобные шлаки должны перерабатываться для извлечения ценных металлов, но они же являются и опасным источником загрязнения почв и поверхностных вод тяжелыми металлами.

Производство цветных металлов, сплавов и гальваническое производство поставляют в биосферу Se, As, Sb, Cu, Ag, Sr, Zn, Cd, Hg, Al, Sn, Pb, Bi, Mo, W, Ni. Кроме твердых отходов металлургические и металлообрабатывающие заводы сбрасывают в реки и другие водоприемники сточные воды, содержащие твердые взвеси, растворы и эмульсии солей, кислот и щелочей, растворимые соединения тяжелых металлов, цианиды и углеводороды. Цветная металлургия является вторым после теплоэнергетики

загрязнителем окружающей среды диоксидом серы. В процессе обжига и переработки сульфидных руд цинка, меди, свинца и некоторых других металлов в атмосферу поступают газы, содержащие 4–10 % SO₂ (такое количество SO₂ достаточно для организации производства серной кислоты). Химическая промышленность.

Предприятия химической промышленности являются источниками разнообразных и токсичных стоков и выбросов в окружающую среду, к которым в первую очередь следует отнести органические растворители, амины, альдегиды, хлор и его производные, оксиды азота, циановодород, фториды, сернистые соединения (диоксид серы, сероводород, сероуглерод), металлоорганические соединения, соединения фосфора, ртуть. Содержание загрязняющих веществ в воздушном бассейне повышается из-за размещения технологического оборудования на открытых площадках, нарушения его герметичности, значительного количества наружных технологических коммуникаций. При сернокислотном производстве происходит выброс SO₂ и других соединений серы большими объемами. Предприятия по производству азотных удобрений выбрасывают в сутки 2–5 т оксидов азота, азотной и азотистой кислот; их концентрация в воздухе на расстоянии 0,5 км от предприятий достигает 1,3 мг/м³.

Загрязняют воздух оксидами азота предприятия по производству анилиновых красителей, вискозы, фотопленки и целлулоида. Поставщиками хлора в атмосферу являются предприятия по производству пестицидов, органических красителей, соды, соляной и уксусной кислот, а фтор и его соединения поступают в атмосферу в выбросах заводов по производству фосфорных удобрений, эмалей и т. п. Предприятия, производящие синтетический каучук, выбрасывают в воздушный бассейн стирол, толуол, ацетон, изопрен и др. Температура многих отходящих газов предприятий химической промышленности практически не отличается от температуры окружающей среды, в результате чего происходит скопление токсических веществ вблизи источников выбросов.

Так же насыщены разнообразными токсикантами сточные воды химических предприятий. Наряду с перечисленными соединениями они содержат многие весьма опасные органические вещества, минеральные кислоты различных концентраций вплоть до концентрированных, растворимые соли, щелочи и т. д.

Целлюлозно-бумажная промышленность. Сточные воды и газовые выбросы, образующиеся в целлюлозно-бумажном производстве, представляют серьезную угрозу окружающей среде. В сточных водах одного целлюлозно-бумажного комбината средней мощности содержится такое же количество органических веществ, как в сточных водах города с населением в 2,5 млн. чел.

1.5. Экологизированные (ресурсосберегающие) технологии

Малоотходные (безотходные) технологии и замкнутые циклы – одна из самых радикальных мер защиты окружающей среды от загрязнений. Ниже сформулированы четыре основных направления их развития (в соответствии с Декларацией о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов – Женева, 1979 г.):

1. Создание бессточных технологических систем различного назначения на базе существующих и перспективных методов очистки и повторно-последовательного использования нормативно очищенных стоков.

2. Разработка и внедрение систем переработки промышленных и бытовых отходов, которые рассматриваются при этом как вторичные материальные ресурсы (ВМР).

3. Разработка технологических процессов получения традиционных видов продукции принципиально новыми методами, при которых достигается максимально возможный перенос вещества и энергии на готовую продукцию.

4. Разработка и создание территориально-промышленных комплексов (ТПК) с возможно более полной замкнутой структурой материальных потоков и отходов производства внутри них.

По мере развития современного производства с его масштабностью и темпами роста все большую актуальность приобретают проблемы разработки и внедрения мало- и безотходных технологий. Скорейшее их решение в ряде стран рассматривается как стратегическое направление рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды.

«Безотходная технология представляет собой такой метод производства продукции, при котором все сырьё и энергия используются наиболее рационально и комплексно в цикле: сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные ресурсы, и любые воздействия на окружающую среду не нарушают её нормального функционирования».

Эта формулировка не должна восприниматься как абсолют, т. е. не надо думать, что производство возможно без отходов. Представить себе абсолютно безотходное производство просто невозможно, такого и в природе нет. Однако отходы не должны нарушать нормальное функционирование природных систем.

Под малоотходным производством следует понимать такое производство, результаты которого при воздействии их на окружающую среду не превышают уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами, т. е. ПДК. При этом по техническим, экономическим, организационным или другим причинам часть сырья и материалов может переходить в отходы и направляться на длительное хранение или захоронение.

Критерии безотходности. В соответствии с действующим в России законодательством предприятия, нарушающие санитарные и экологические нормы, не имеют права на существование и должны быть реконструированы

или закрыты, т. е. все современные предприятия должны быть малоотходными и безотходными.

Безотходная технология – это идеальная модель производства, которая в большинстве случаев в настоящее время реализуется не в полной мере, а лишь частично (отсюда становится ясным и термин «малоотходная технология»).

Однако уже сейчас имеются примеры полностью безотходных производств. Так, в течение многих лет Волховский и Пикалевский глиноземные заводы перерабатывают нефелин на глинозем, соду, поташ и цемент по практически безотходным технологическим схемам. Причем эксплуатационные затраты на производство глинозема, соды, поташа и цемента, получаемых из нефелинового сырья, на 10-15 % ниже затрат при получении этих продуктов другими промышленными способами.

Принципы безотходных технологий.

При создании безотходных производств приходится решать ряд сложнейших организационных, технических, технологических, экономических, психологических и других задач. Для разработки и внедрения безотходных производств можно выделить ряд взаимосвязанных принципов.

Основным является принцип системности. В соответствии с ним каждый отдельный процесс или производство рассматривается как элемент динамической системы – всего промышленного производства в регионе (ТПК) и как элемент эколого-экономической системы в целом, включающей кроме материального производства и другой хозяйственно-экономической деятельности человека, природную среду (популяции живых организмов, атмосферу, гидросферу, литосферу, биогеноценозы, ландшафты), а также человека и среду его обитания. Таким образом, принцип системности, лежащий в основе создания безотходных производств, должен учитывать существующую и усиливающуюся взаимосвязь и взаимозависимость производственных, социальных и природных процессов.

Другим важнейшим принципом создания безотходного производства является комплексность использования ресурсов. Этот принцип требует максимального использования всех компонентов сырья и потенциала энергоресурсов. Как известно, практически всё сырьё является комплексным, и в среднем более трети его количества составляют сопутствующие элементы, которые могут быть извлечены только при комплексной его переработке. Так, уже в настоящее время почти всё серебро, висмут, платина и платиноиды, а также более 20 % золота получают попутно при переработке комплексных руд.

Принцип комплексного экономного использования сырья в России возведен в ранг государственной задачи и четко сформулирован в ряде постановлений правительства. Одним из общих принципов создания безотходного производства является цикличность материальных потоков. К простейшим примерам циклических материальных потоков можно отнести

замкнутые водо- и газооборотные циклы. В конечном итоге последовательное применение этого принципа должно привести к формированию сначала в отдельных регионах, а впоследствии и во всей техносфере сознательно организованного и регулируемого техногенного круговорота вещества и связанных с ним превращений энергии.

В качестве эффективных путей формирования циклических материальных потоков и рационального использования энергии можно указать на комбинирование и кооперацию производств, создание ТПК, а также разработку и выпуск новых видов продукции с учетом требований повторного её использования.

К не менее важным принципам создания безотходного производства необходимо отнести требование ограничения воздействия производства на окружающую природную и социальную среду с учетом планомерного и целенаправленного роста его объёмов и экологического совершенства. Этот принцип в первую очередь связан с сохранением таких природных и социальных ресурсов, как атмосферный воздух, вода, поверхность земли, рекреационные ресурсы, здоровье населения.

Общим принципом создания безотходного производства является также рациональность его организации. Определяющими здесь являются требование разумного использования всех компонентов сырья, максимального уменьшения энерго-, материало- и трудоемкости производства и поиск новых экологически обоснованных сырьевых и энергетических технологий. Конечной целью в данном случае следует считать оптимизацию производства одновременно по энерготехнологическим, экономическим и экологическим параметрам. Основным путём достижения этой цели являются разработка новых и усовершенствование существующих технологических процессов и производств. Одним из примеров такого подхода к организации безотходного производства является утилизация пиритных огарков – отхода производства серной кислоты. В настоящее время пиритные огарки полностью идут на производство цемента. Однако ценнейшие компоненты пиритных огарков – медь, серебро, золото, не говоря уже о железе, не используются. В то же время уже предложена экономически выгодная технология переработки пиритных огарков (например, хлоридная) с получением меди, благородных металлов и последующим использованием железа.

Во всей совокупности работ, связанных с охраной окружающей среды и рациональным освоением природных ресурсов, необходимо выделить главные направления создания мало- и безотходных производств. К ним относятся:

1. комплексное использование сырьевых и энергетических ресурсов;
2. усовершенствование существующих и разработки принципиально новых технологических процессов и производств и соответствующего оборудования; внедрение водо- и газооборотных циклов (на базе эффективных газо- и водоочистных методов);

3. кооперация производства с использованием отходов одних производств в качестве сырья для других и создания безотходных ТПК.

Требования к безотходному производству

На пути совершенствования существующих и разработки принципиально новых технологических процессов необходимо соблюдение ряда общих требований:

- осуществление производственных процессов при минимально возможном числе технологических стадий (аппаратов), поскольку на каждой из них образуются отходы, и теряется сырье;
- применение непрерывных процессов, позволяющих наиболее эффективно использовать сырье и энергию;
- увеличение (до оптимума) единичной мощности агрегатов;
- интенсификация производственных процессов, их оптимизация и автоматизация;
- создание энерготехнологических процессов. Сочетание энергетики с технологией позволяет полнее использовать энергию химических превращений, экономить энергоресурсы, сырьё и материалы и увеличивать производительность агрегатов. Примером такого производства служит крупнотоннажное производство аммиака по энерготехнологической схеме.

Таким образом, приняв за основу, что полностью безотходная технология – это идеальная модель производства, можно утверждать, что и малоотходная технология требует определенных корректирующих коэффициентов, оценивающих степень их приближения к безотходной.

2. Загрязнение окружающей среды

Процесс взаимодействия загрязнителя с объектами окружающей среды называют загрязнением окружающей среды.

Загрязнение охватывает все компоненты окружающей среды – атмосферный воздух, водные объекты, морскую среду, подземные воды, почву и др.

Для оценки степени загрязнения окружающей среды и отдельных ее компонентов необходимо знать: количество и характер поступившего загрязнителя в окружающую среду; характеристику компонента окружающей среды, где происходит первичное накопление загрязнителя (вода, атмосферный воздух, почва); масштаб распространения загрязнителя (локальное, региональное, трансграничное, глобальное); возможность и характер комбинированного взаимодействия с другими загрязнителями и природными компонентами, которое может быть: аддитивным – взаимодействие, обладающее суммарным эффектом (например, бензол и изопропилбензол); антагонистическим – комбинированное взаимодействие менее ожидаемого, поскольку компоненты загрязнителя действуют так, что одно загрязняющее вещество ослабляет действие другого (например, эзерин и атропин); синергическим – компоненты загрязнителя действуют так, что одно загрязняющее вещество усиливает действие другого (например,

сернистый ангидрид и хлор); химические реакции взаимодействия загрязнителя с другими загрязнителями и природными компонентами; круговорот в окружающей природной среде; скорость распространения загрязнителя в разных средах; количество человек, подверженных воздействию данного загрязнителя; другие пространственные и временные параметры.

Количественной оценкой степени загрязнения окружающей среды является антропогенная нагрузка – степень прямого и косвенного воздействия человека и его производственной и иной деятельности на естественные природные системы и отдельные компоненты окружающей природной среды. Антропогенную нагрузку определяют при экологическом обосновании и оценке воздействия производственной и иной деятельности на окружающую среду, сравнивают ее с предельно допустимой и проводят анализ существующей экологической ситуации.

2.1. Классификация загрязнителей и их источников

Негативное воздействие связано с поступлением в окружающую среду загрязнителя: загрязняющего вещества – вещества или смеси веществ, количество и/или концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, опасных для окружающей среды, иных веществ и микроорганизмов нормативы; физического агента – шума, вибрации, ультразвука, инфразвука, электромагнитных, ионизирующих излучений и др.

Для разработки профилактических мер и средств защиты от загрязнителя необходимо знание его физических, химических, санитарно-гигиенических, токсических и других свойств и параметров.

В частности необходимо знать такие данные, как природа загрязнителя, его химическая активность и стойкость в окружающей среде, происхождение, возможное применение, воздействие на человека, животный, растительный мир, распространенность в природе, органолептические свойства, предельно допустимая концентрация, предельно допустимый сброс, показатели токсичности, дисперсности, взрыво- и пожарной опасности и др.

Свойства загрязняющих веществ, от которых зависит состояние окружающей среды, и которые могут оказывать влияние на жизнь, здоровье человека, животный и растительный мир, объединяют в паспорт загрязнителя. Паспорт загрязнителя, необходим для разработки систем защиты окружающей среды, под которыми понимаются организационные, гигиенические, технические и другие мероприятия, методы и средства, направленные на защиту человека, животного и растительного мира от опасных и вредных воздействий загрязнителя. Источниками поступления загрязнителя в окружающую среду являются объекты, в которых создаются и генерируются загрязнители.

Один и тот же объект может одновременно создавать несколько видов загрязнителей. Например, автомобиль излучает шум, вибрацию и загрязняет атмосферу отработанными газами. Как известно из теории безопасности, все объекты представляют опасность для окружающей среды.

Наиболее вредное (опасное) воздействие на окружающую среду, значительное по масштабу и продолжительности, а также представляющее угрозу для жизни, здоровья человека и его потомков представляют опасные производственные объекты – объекты, на которых обращаются воспламеняющиеся, окисляющие, горючие, взрывчатые, токсичные, высокотоксичные вещества, а также вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды; используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115 °С, стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры; получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов; ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

Разработка систем защиты окружающей среды невозможна без знания особенностей источника загрязнения. В частности, необходимо знать технологические процессы, механизмы, машины и оборудование с целью уменьшения поступления загрязнителя в окружающую среду на всех этапах жизненного цикла продукции, замены загрязнителя на экологически совместимые с окружающей средой и др. Загрязнители и источники их поступления в окружающую среду очень разнообразны.

Поэтому их классифицируют по многим признакам:

1) по происхождению их подразделяют на естественные (природные), техногенные и антропогенные.

Поступление *естественных загрязнителей* происходит в результате природных процессов. Например, при извержении вулканов выбрасывается большое количество газов и пыли; высокой солнечной активности на Земле отмечаются повышенные уровни электромагнитных излучений.

Поступления *техногенных загрязнителей* в окружающую среду обусловлены несовершенством технологических процессов, механизмов, машин, оборудования и организационно-технических решений.

Антропогенное загрязнение связано непосредственно с деятельностью человека. Наибольший вред окружающей среде приносят бытовые отходы, низкий уровень экологической культуры населения и др.;

2) выделяют первичные и вторичные загрязнители. *Первичный загрязнитель* поступает в окружающую среду непосредственно из источника загрязнения. *Вторичный загрязнитель* возникает в результате химических реакций между первичными загрязнителями и природными агентами или в ходе разложения первичного загрязнителя. Например, первичный загрязнитель диоксид серы SO₂ реагируя с водой, образует сернистую кислоту HSO₃, которая затем превращается в серную кислоту H₂SO₄: SO₂ + OH = HSO₃; HSO₃ + OH =

H₂SO₄. Сернистая и серная кислоты являются в данном случае вторичными загрязнителями;

3) по состоянию различают следующие виды загрязнителей: механические (например, отходы производства и потребления); биологические (микроорганизмы, биологическое оружие и др.); физические (повышенные уровни вибрации, шума, тепловые, электромагнитные, ионизирующие и иные излучения); химические (увеличение числа и количества химических соединений и компонентов в окружающей среде и др.);

4) по распространению выделяют локальные, региональные, трансграничные и глобальные загрязнения. Поступление локальных загрязнителей характерно для отдельных предприятий, населенных пунктов, а также объектов аварий, при которых в компоненты окружающей среды – атмосферный воздух, почву и водные объекты одновременно поступают загрязнители. Региональные загрязнители занимают промежуточное положение между локальными и трансграничными видами загрязнителей.

Трансграничные загрязнители поступают из источников загрязнения одного региона, области, государства на территорию другого региона, области, государства. Примером глобальных загрязнителей являются диоксид углерода CO₂, фреоны, радиоактивные выбросы;

5) по материальным и энергетическим показателям загрязнители бывают: ингредиентные, включающие продукты сгорания различных топлив, бытовые стоки, отходы производства и потребления, химические вещества, биологические препараты, пыли, аэрозоли и др.; параметрические – вибрация, шум, тепло, свет, радиация, электромагнитные излучения и др.; биоценоотические – нерегулируемый сбор дикоросов, отлов, отстрел диких животных, браконьерство и др.; деструкционные – вырубка лесов, осушение болот, лесные, степные, торфяные пожары, эрозия почв и другие формы, связанные с разрушением и преобразованием естественных экологических систем;

6) по режиму эмиссии загрязнители классифицируют: обычные, характерные для нормальной деятельности предприятия (объекта); залповые (аварийные), происходящие при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, террористических акциях, военных действиях и др.;

7) по загрязняемой среде различают загрязнители, характерные для атмосферного воздуха, воды, почвы, космоса, климата, продуктов питания и потребления и др.

2.2. Экологическая опасность и ее оценка

Основным признаком загрязнения окружающей среды является экологическая опасность – вероятность ухудшения качества окружающей среды под влиянием природных, техногенных и антропогенных факторов, представляющих угрозу естественным экологическим системам, жизни и здоровью человека, а также его потомкам.

В большинстве случаев экологические опасности носят потенциальный, т. е. скрытый характер. Процесс и результат, учитывающий все необходимые и достаточные сведения о рассматриваемой экологической опасности, в том числе пространственно-временные, вероятностные, энергетические характеристики и причинно-следственные связи, позволяющие разрабатывать эффективные системы защиты окружающей среды, называют *идентификацией*.

В настоящее время почти все системы защиты окружающей среды работают, по существу, в режиме ожидания экологических опасностей. Необходимо создавать опережающие технологии защиты окружающей среды, а они возможны только на основе адекватной идентификации экологических опасностей.

В процессе идентификации выявляют экологическую опасность, вероятность ее проявления, пространственную локализацию, возможные последствия, ущерб и другие показатели, необходимые для решения конкретной задачи.

Анализ может быть *априорный*, т. е. профилактический, до возникновения экологической опасности, и *апостериорный*, т. е. после возникновения экологической опасности. Порядок анализа в обоих случаях может быть прямым (от экологической опасности к причинам, ее вызвавшим) и обратным (от причин к экологической опасности).

Главной целью анализа является установление причинных взаимосвязей, приводящих к экологической опасности, и разработка мероприятий на основе методов, принципов и средств обеспечения экологической безопасности. Между реализованными экологическими опасностями и загрязнением окружающей среды существует причинно-следственная связь.

Экологическая опасность есть следствие некоторой причины (причин), которая, в свою очередь, является следствием других причин, накапливающихся на всех стадиях жизненного цикла продукции.

Таким образом, причины и экологические опасности образуют иерархические цепные структуры или системы. Например, в качестве нежелательного события при эксплуатации подводного магистрального нефтепровода принимаем выход транспортируемой нефти в водоем. Чтобы это событие произошло необходимо наличие двух определенных условий – наличие нефти в трубопроводе и разрыв трубопровода. В свою очередь причиной разрыва трубопровода может быть его износ или авария. Далее рассматривают последовательно все последующие события и причины (условия) как логические следствия других причин и событий.

2.3. Контроль качества окружающей среды

При обосновании требований к параметрам биосферы необходимо знать оценку различных факторов и состояние элементов окружающей среды до и после вредного воздействия. При этом большое значение имеют методы

и организационные формы проведения экологического контроля (мониторинга) в стране и на местах [12].

При рассмотрении методов не следует забывать, что состояние биосферы изменяется под влиянием как естественных, так и антропогенных (техногенных) воздействий [13].

Контролем естественных изменений состояния природной среды занимаются геофизические службы. Контролем изменений состояния природной среды под влиянием жизнедеятельности человека занимаются службы экологического мониторинга. В общем случае под мониторингом понимается комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений окружающей среды под влиянием антропогенных воздействий.

Создание универсальных методов измерения вредных выбросов как в атмосфере, так и в локальных выбросах представляет сложную метрологическую задачу. Главным образом это связано с тем, что вещества-загрязнители характеризуются многими параметрами, что затрудняет однозначное определение их концентраций и идентификацию. В зависимости от области применения измерительную аппаратуру делят на основные группы:

1 - приборы (весовые, радиоизотопные, оптические, индукционные и др.), предназначенные для контроля запыленности атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны;

2 - приборы (весовые, оптические, электрические, лазерные и др.) для измерения содержания и дисперсного состава пыли в аспирационных (вентиляционных) выбросах;

3 - приборы для анализа воздуха и водных сред (хроматографические, масс-спектрометрические, спектральные, электрохимические).

Существует классификация систем мониторинга по учитываемым факторам и источникам воздействий, реакциям основных составляющих биосферы на эти воздействия, методам наблюдения и т.п. Наиболее представительной является Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ), сочетающего как геофизические, биологические, так и техногенные аспекты.

Организационные формы проведения экологического контроля можно представить следующим образом.

Государственная экологическая экспертиза (ГЭЭ) проводится с целью установления правильности определения заказчиком хозяйственной и (или) иной деятельности, возможных экологических и связанных с ними социальных и экономических последствий ее осуществления, а также полноты и достаточности предусмотренных им мер по предотвращению отрицательных экологических последствий. ГЭЭ проводят специально уполномоченные на это экспертные органы системы Госкомприроды РФ. Главными задачами ГЭЭ являются: рассмотрение представленной документации в соответствии с нормами и правилами проведения экспертизы; подготовка заключения для представления его на рассмотрение органов (лиц), принимающих решение о

возможности и сроках реализации намеченных мероприятий; контроль за выполнением условий, принятых к реализации проектов хозяйственной и (или) иной деятельности, прошедших ГЭЭ и получивших ее положительное заключение.

Экологическое аудирование (ЭА) – вид деятельности по управлению качеством окружающей среды. В общем же виде ЭА можно определить как добровольную внутреннюю самопроверку деятельности некоторой производственной структуры с целью приведения этой деятельности в соответствие с документами, регламентирующими природопользование, и сокращение тем самым существующего и потенциального экологического и финансового ущерба из-за несоблюдения этих регламентирующих документов. Эффективность программ ЭА *обеспечивают следующие положения:*

непрерывная поддержка ЭА и оценка его результатов руководством предприятия;

независимость функции ЭА от реализуемой деятельности;

профессионализм группы auditors;

четко обозначенные цели, рамки, ресурсы и частота проведения экологического аудирования;

адекватность процесса сбора, анализа, интерпретации и документирования результатов целям аудирования;

наличие специальных процедур (алгоритмов), обеспечивающих объективное изложение результатов ЭА в письменных отчетах;

мероприятия, гарантирующие качество ЭА.

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) – заключение о воздействии хозяйственного объекта на окружающую среду, составленное в соответствии с утвержденными правилами. С 1988 г. требование о проведении ОВОС было распространено на все сферы деятельности [2,14].

3. Атмосфера и ее роль в биосфере

Атмосфера (от греч. *atmos* – пар и *sphaira* – шар) – это газовая оболочка, окружающая Землю, и участвующая в ее суточном вращении. Масса атмосферы составляет около $5,15 \cdot 10^{15}$ т. Для атмосферы характерна четко выраженная слоистость, определяемая особенностями вертикального распределения температуры и плотности составляющих ее газов. В атмосфере выделяют тропосферу (до высоты 10–18 км), стратосферу (до высоты 80 км) и ионосферу (свыше 80 км). Переходной областью между атмосферой и межпланетным пространством является самая внешняя ее часть – экзосфера, состоящая из разреженного водорода.

Атмосфера обеспечивает возможность жизни на Земле и оказывает влияние на геологические процессы. Современная атмосфера имеет, по-видимому, вторичное происхождение; она возникла из газов, выделенных твердой оболочкой Земли (литосферой) после образования планеты.

Атмосфера защищает поверхность Земли от разрушительного действия падающих камней (метеоритов), большое число которых сгорает при вхождении в ее плотные слои. Слой озона в атмосфере задерживает значительное число ультрафиолетового излучения Солнца, которое губительно действовало бы на живые организмы. Практически единственным источником энергии для всех физических процессов, развивающихся в атмосфере, является солнечное излучение.

Главная особенность радиационного режима атмосферы – так называемый парниковый эффект – состоит в том, что ею почти не поглощается излучение в оптическом диапазоне (большая часть излучения достигает земной поверхности и нагревает ее) и не пропускается в обратном направлении инфракрасное (тепловое) излучение Земли. Это значительно снижает теплоотдачу планеты и повышает ее температуру. Часть падающего на атмосферу солнечного излучения поглощается (главным образом водяным паром, углекислым газом, озоном и аэрозолями), другая часть рассеивается газовыми молекулами (чем объясняется голубой цвет неба), пылинками и флуктуациями плотности. Рассеянное излучение суммируется с прямым солнечным светом и, достигнув поверхности Земли, частично отражается от нее, а частично поглощается. В свою очередь, атмосфера является также источником длинноволнового излучения, направленного к поверхности Земли (так называемое противоизлучение атмосферы) и в мировое пространство (так называемое уходящее излучение). Разность между коротковолновым излучением, поглощенным земной поверхностью, и эффективным излучением атмосферы *называют радиационным балансом*.

Преобразование энергии излучения Солнца после ее поглощения земной поверхностью и атмосферой составляет тепловой баланс Земли.

Потери тепла из атмосферы в мировое пространство намного превосходят энергию, приносимую поглощенной радиацией, однако дефицит восполняется его притоком за счет механического теплообмена и теплотой конденсации водяного пара. Атмосфера принципиально отличается от всех известных ученым газовых оболочек других небесных тел, прежде всего своим составом.

3.1. Свойства атмосферного воздуха

Атмосферный воздух является жизненно важным компонентом окружающей природной среды, неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных. В течение исторически длительного периода времени атмосферный воздух представляет собой смесь газов (в % по объему): азота – 78,084, кислорода – 20,946, аргона – 0,934, углекислого газа – 0,027 и 0,009 водорода, неона, гелия, криптона, метана и др. В атмосферном воздухе присутствуют также пыль – взвешенные в воздухе твердые частицы диаметром более 1 мкм и аэрозоль – взвешенные мелкодисперсные коллоидные и твердые частицы диаметром 0,1–0,001 мкм. Наиболее важная переменная составляющая атмосферы – водяной пар.

Изменение его концентрации колеблется в широких пределах: от 3 % у земной поверхности на экваторе до 0,2 % в полярных широтах. Основная масса его сосредоточена в тропосфере, содержание определяется соотношением процессов испарения, конденсации и горизонтального переноса. Существенная переменная компонента атмосферного воздуха – углекислый газ CO_2 , изменение содержания которого связано с жизнедеятельностью растений (процессами фотосинтеза) и растворимостью в морской воде (газообменом между океаном и атмосферой).

Кроме химического состава, воздушная среда характеризуется физическими параметрами (температура, относительная влажность, скорость, барометрическое давление), ионным составом и другими показателями. Вследствие большой подвижности атмосферного воздуха на всех высотах в атмосфере наблюдаются ветры. Направления движения воздуха зависят от множества факторов, но главный из них – неравномерность нагрева атмосферы в разных районах.

Наряду с воздушными течениями больших масштабов в нижних слоях атмосферы наблюдаются многочисленные местные циркуляции воздуха.

Ветер имеет большое значение в формировании физических и химических свойств самого атмосферного воздуха, а также гидросферы и литосферы. В атмосфере ветер влияет на интенсивность теплообмена, влажность, давление, химический состав воздуха. Ветер важен для растительного мира – без него невозможно опыление растений; ветер участвует и в расселении беспозвоночных животных. Ветер может быть источником энергии на ветроэлектрических станциях. Но иногда ветер наносит ущерб окружающей природной среде, например, ежегодно на планете в результате ветров в атмосферу попадает около 500 млн. т пыли; бури могут выдувать верхние слои почвы, ухудшая ее состав и уничтожая растительность.

Заметные изменения в метеорологических условиях возникают в результате орошения, полезащитного лесоразведения, осушения заболоченных районов, создания искусственных морей – водохранилищ. Эти изменения в основном ограничиваются приземным слоем воздуха. Кроме негативного воздействия на погоду и климат, деятельность человека приводит и к изменению газового состава атмосферы.

Атмосферный воздух – это важный источник химического сырья для промышленности: например, атмосферный азот является сырьем для получения аммиака, азотной кислоты и другие химические соединений; кислород используют в различных отраслях экономики. Все большее значение приобретает освоение энергии ветра, особенно в районах, где отсутствуют другие источники энергии.

3.2. Основные направления работ по снижению загрязнений воздушного бассейна

Среди многочисленных направлений работ по снижению загрязнения воздушного бассейна важнейшими являются следующие:

- внедрение эффективных экономических и моральных методов стимулирования деятельности по охране атмосферы, включая различные поощрения и плату за выбросы и т. д;
- сокращение выбросов от автомобильного транспорта за счет совершенствования двигателей и топливной аппаратуры, внедрение нейтрализаторов выхлопных газов, увеличение доли дизельных и работающих на газообразном топливе двигателей, прекращение выпуска этилированных бензинов, а также лучшей организации дорожного движения;
- внедрение малоотходных и безотходных или чистых технологических процессов и производств, прежде всего в теплоэнергетике, чёрной и цветной металлургии, химической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, при производстве строительных материалов и в других отраслях;
- оптимизация энергетического баланса страны (заккрытие мелких и устаревших агрегатов, котельных и других установок, использование альтернативных ископаемым источников энергии и т.д.);
- внедрение экономически оправданных процессов сжигания топлива, а также предварительного обессеривания угля, нефти и газа, глубокой переработки угля и сланцев перед сжиганием (газификация, пиролиз);
- внедрение современных методов пылегазоочистки дымовых и других отходящих газов с высоким КПД и максимальным использованием продуктов очистки.
- развитие эффективных систем контроля за загрязнением атмосферы, в том числе автоматизированных дистанционных систем.

3.3. Методы очистки и обезвреживания отходящих газов

Для обезвреживания аэрозолей (пылей и туманов) используют сухие, мокрые и электрические методы. Кроме того, аппараты отличаются друг от друга как по конструкции, так и по принципу осаждения взвешенных частиц. В основе работы сухих аппаратов лежат гравитационные, инерционные и центробежные механизмы осаждения или фильтрационные механизмы. В мокрых пылеуловителях осуществляется контакт запылённых газов с жидкостью. При этом осаждение происходит на капли, на поверхность газовых пузырей или на пленку жидкости. В электрофильтрах отделение заряженных частиц аэрозоля происходит на осадительных электродах.

Выбор метода и аппарата для улавливания аэрозолей в первую очередь зависит от их дисперсного состава (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость эффективности улавливания от фракционного состава твёрдых частиц и аэрозолей в газовом потоке для различных типов оборудования

Тип оборудования	Общая эффективность, %	Эффективность улавливания, %				
		<5 мкм	5-10 мкм	10-20 мкм	20-40 мкм	>40 мкм
Пылеосадительная камера	58,6	7,5	22	43	80	90
Цилиндрический циклон	65,3	12	33	57	82	91
Конический циклон	84,2	40	79	92	95	97
Электрофильтр	97,0	72	94,5	97	99,5	100
Форсуночный (полый) скруббер	98,5	90	96	98	100	100
Скруббер Вентури	99,5	99	99,5	100	100	100
Рукавный фильтр	99,7	99,5	100	100	100	100

В процессе выбора оборудования необходимо учитывать степень неравномерности газового потока, так как 10%-ное отклонение от номинальных регламентированных значений является обычной нормой работы предприятий.

Выбор метода очистки зависит от многих факторов: концентрации извлекаемого компонента в отходящих газах, объёма и температуры газа, содержания примесей, наличия хемосорбентов, возможности использования продуктов рекуперации, требуемой степени очистки. Выбор производят на основании результатов технико-экономических расчётов.

Так, циклоны обычно используются в тех случаях, когда пыль крупнодисперсная, её концентрация превышает 2 г/м^3 и не требуется высокой эффективности улавливания.

Скрубберы мокрого типа целесообразно использовать, если мелкие частицы должны улавливаться с относительно высокой эффективностью, желательна охладение газа, а повышение его влажности не служит препятствием, если газы представляют опасность в пожарном отношении и необходимо улавливать как твёрдые, так и газообразные вещества.

Тканевые фильтры (рукавные) используются в тех случаях, когда необходима очень высокая эффективность улавливания, пыль представляет собой ценный продукт, который необходимо собрать в сухом виде, температура газа всегда выше его точки росы, объёмы относительно невелики (хотя имеются рукавные фильтры на большую производительность), температура относительно низка (лимитирует термостабильность материала ткани).

Электрофилтры применяют, если для улавливания мелких частиц необходима высокая эффективность, обработке подлежат большие объемы газа и необходимо утилизировать ценные продукты.

Для обезвреживания отходящих газов от газообразных и парообразных токсичных веществ применяют методы абсорбции (физической и хемосорбции), адсорбции, каталитические, термические.

Для физической абсорбции на практике применяют воду, органические растворители, не вступающие в реакцию с извлекаемым газом, и водные растворы этих веществ. При хемосорбции в качестве абсорбента используют водные растворы солей и щелочей, органические вещества и водные суспензии различных веществ.

Адсорбционные методы очистки газов используют для удаления из них газообразных и парообразных примесей. Методы основаны на поглощении примесей пористыми телами – адсорбентами. Процессы очистки проводят в периодических или непрерывных адсорберах. Достоинством методов является высокая степень очистки, а недостатком – невозможность очистки запыленных газов.

Каталитические методы очистки основаны на химических превращениях токсичных компонентов в нетоксичные на поверхности твердых катализаторов. Очистке подвергаются газы, не содержащие пыли и катализаторных ядов. Методы используются для очистки газов от оксидов азота, серы, углерода и от органических примесей. Их проводят в реакторах различной конструкции.

Термические методы (прямого сжигания) применяют для обезвреживания газов от легкоокисляемых токсичных, а также дурнопахнущих примесей. Методы основаны на сжигании горючих примесей в топках печей или факельных горелках. Преимуществом метода является простота аппаратуры, универсальность использования. Недостатки: дополнительный расход топлива при сжигании низкоконтрированных газов, а также необходимость дополнительной абсорбционной или адсорбционной очистки газов после сжигания.

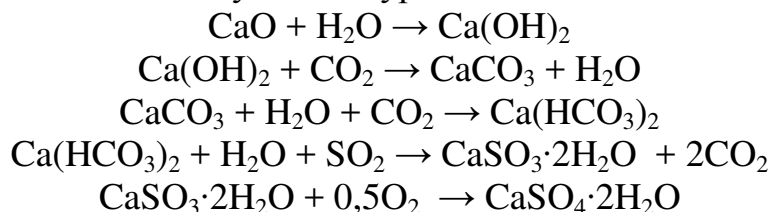
С развитием техники происходит постоянное изменение отдельных характеристик газоочистного оборудования, поэтому детальное сравнение различных устройств следует проводить по данным соответствующих каталогов. Но общие, *основные принципы подбора наиболее широко используемого оборудования* неизменны.

3.4. Очистка топочных газов от диоксида серы

Уменьшение содержания серы в топочных газах может достигаться разными методами: использованием малосернистых углей, предварительным удалением серы из угля, снижением количества серы, выделяющейся в газовую фазу (при связывании серы, например, в сульфат кальция), удалением серы из топочных газов, предварительной переработкой нефти, сланца в жидкое или газообразное горючее (с удалением серы).

Основными промышленными методами очистки газов от диоксида серы являются абсорбция и добавление сорбентов в зону горения. С помощью этих методов из топочных газов можно удалять более 90 % SO₂. Для абсорбции могут быть использованы вода, водные растворы и суспензии солей щелочных и щелочноземельных металлов.

Известковый и известняковый методы. Основные химические реакции, протекающие при взаимодействии SO₂ с пульпой гидроксида кальция или известняка, описываются следующими уравнениями:



Образующийся в процессе улавливания SO₂ сульфит кальция плохо растворим в воде (0,136 г/л) и образует мелкокристаллический осадок CaSO₃·2H₂O. Под действием кислорода воздуха он частично переходит в сульфат кальция. При абсорбционном выделении SO₂ происходит также очистка газа от частиц летучей золы и других веществ. Поэтому образующаяся пульпа имеет сложный переменный состав и содержит смесь сульфита и сульфата кальция, непрореагировавшего CaCO₃ или Ca(OH)₂, частиц летучей золы и других веществ. Это в значительной мере затрудняет дальнейшее использование образующегося шлама. В большинстве случаев его сбрасывают в отвал, где он является источником вторичного загрязнения окружающей среды.

Наметились некоторые пути переработки шлама. В США разработан процесс смешивания шлама с золой и спец. добавками. Смесь сушат, образующийся продукт является стабильным и инертным, находит применение в дорожном строительстве. Реакции в процессе сушки смеси аналогичны тем, которые протекают при схватывании цемента.

Разработаны и освоены в промышленности методы очистки дымовых газов от SO₂ с получением строительного гипса. Окисление сульфита кальция и кристаллизация гипса протекают при подкислении, поэтому предусмотрены подача серной кислоты и продувка воздухом.

Значительный интерес представляет активно разрабатываемый в последние годы так называемый *микро-сухой метод очистки* дымовых газов от диоксида серы. В этом случае в газовый поток впрыскивается пульпа извести или известняка. Диоксид серы реагирует с Ca(OH)₂ или CaCO₃, как было описано выше, вода испаряется, а образовавшиеся твёрдые частицы CaSO₃·2H₂O и CaSO₄·2H₂O улавливаются вместе с летучей золой в электрофильтрах на стадии пылеочистки. Основными достоинствами метода являются сравнительная простота, возможность внедрения на действующем оборудовании, низкие капитальные и эксплуатационные затраты. Однако в этом случае, как и в рассмотренных ранее, использование золы и её захоронение сопряжены с серьёзными затруднениями.

Магnezитовый метод. Сущность метода состоит во взаимодействии SO_2 с суспензией $\text{Mg}(\text{OH})_2$ по реакции:



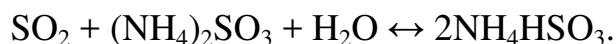
Кристаллический сульфит магния подвергают сушке и обжигу, получая при этом концентрированный поток SO_2 и MgO . Окись магния возвращается в цикл, а SO_2 направляется на переработку (например, на получение серной кислоты по стандартной технологии). Часть сульфита магния под действием кислорода воздуха окисляется до сульфата:



Разложение сульфита магния проводят при температуре 800-900 °С, однако при этих температурах образующийся сульфат магния не разлагается и накапливается. Для его разложения необходимы специальные условия и добавление кокса.

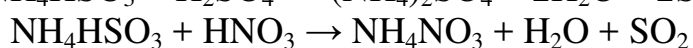
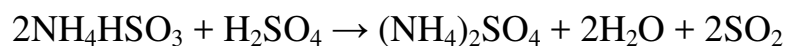
Достоинствами метода являются его цикличность, высокая эффективность (степень очистки 90-92 %), возможность утилизации SO_2 . Основной недостаток процесса – большое количество твердофазных стадий, что приводит к сильному абразивному износу аппаратуры и загрязнению среды твердыми частицами. Весьма значительными являются и энергетические расходы на разложение сульфита и сульфата магния.

Аммиачные методы. В основе этих методов лежит процесс абсорбции SO_2 раствором сульфита аммония:

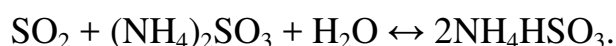


В дальнейшем в результате химических превращений из образующегося гидросульфита аммония выделяют оборотный раствор $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ и концентрированный поток SO_2 . По способу регенерации абсорбционного раствора методы выделения SO_2 из дымовых газов подразделяют на кислотный, циклический и автоклавный.

Аммиачно-кислотные методы заключаются в обработке гидросульфита аммония серной (азотной, фосфорной) кислотой:



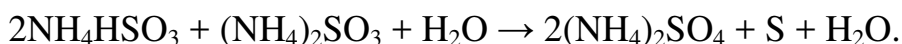
В основе аммиачно-циклического метода выделения SO_2 из отходящих газов лежит процесс поглощения SO_2 раствором сульфита аммония:



При нагревании полученного раствора бисульфит аммония разлагается с образованием сульфита аммония и диоксида серы. Выделившийся SO_2 после сушки является товарным продуктом, а раствор сульфита аммония возвращается на стадию абсорбции.

Недостатками метода являются большие энергетические затраты, коррозионная активность абсорбционного раствора высокие капитальные и эксплуатационные затраты.

При аммиачно-автоклавном методе очистка отходящих газов от SO_2 проводится раствором сульфит-бисульфита аммония. По достижении определенной концентрации солей в растворе последний направляется на стадию разложения. В отличие от аммиачно-кислотного метода в этом случае проводится нагревание в автоклаве до 140-150 °С, при этом происходит разложение солей аммония с образованием серы:



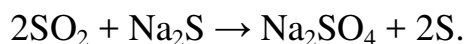
Получаемые сульфат аммония и сера являются товарными продуктами.

Недостатком всех аммиачных методов очистки отходящих газов ТЭС и ряда других производств является необходимость глубокого охлаждения газов перед стадией абсорбции.

Общий недостаток всех абсорбционных методов – необходимость дополнительного нагрева очищенных газов перед их выбросом в атмосферу. Это связано с тем, что несмотря на высокую эффективность методов (до 98 %), концентрация SO_2 в очищенных газах превышает ПДК. Для её снижения в приземном слое до необходимых норм требуется выброс через высокие трубы, а для создания подъёмной силы и интенсивного рассеивания в атмосфере температура газового потока должна быть не ниже 110-150 °С. В ходе абсорбционной очистки температура снижается до 30-50 °С, поэтому необходим дополнительный нагрев очищенных газов, на что тратится до 3 % топлива.

Очистка дымовых газов с получением серы. В Финляндии и в ряде других стран разработан регенерационно-циклический способ очистки дымовых газов ТЭЦ от оксидов серы с получением серы. Эффективность очистки превышает 90 %, с увеличением содержания серы в угле экономичность процесса за счет получения серы возрастает.

Топочные газы предварительно очищаются от пыли в электрофильтрах и доочищаются водой, при этом происходит очистка от тяжелых металлов. Далее SO_2 взаимодействует в адсорбере с раствором сульфида натрия:



Образовавшаяся пульпа (раствор Na_2SO_4 и S) подкисляется и нагревается в автоклаве до 150-170 °С, сера при этом плавится и отделяется, а раствор сульфата натрия взаимодействует далее с обратным сульфидом бария: $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaS} \rightarrow \text{BaSO}_4 + \text{Na}_2\text{S}$.

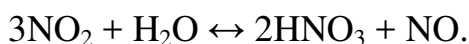
Раствор сульфида натрия направляется на начальную стадию процесса на улавливание диоксида серы, а осадок сульфата бария – в печь для восстановления коксом: $\text{BaSO}_4 + 2\text{C} \rightarrow \text{BaS} + 2\text{CO}_2$.

3.5. Очистка отходящих газов от оксидов азота

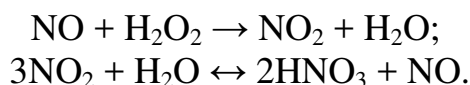
Основными источниками оксидов азота NO, NO₂ и продуктов их взаимодействия (N₂O₄ и N₂O₃) являются газы, образующиеся при сжигании топлива на стационарных установках, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания, отходящие газы производства азотной кислоты, газы, образующиеся при получении катализаторов и различных солей, травлении металлов азотной кислотой и в ряде других процессов. Однако основным антропогенным источником выбросов оксидов азота в атмосферу в настоящее время являются процессы сжигания органического топлива на стационарных установках и в двигателях внутреннего сгорания. На их долю приходится более 95% всех выбросов. Одна из основных трудностей улавливания оксидов азота из отходящих газов, как и оксидов серы, связана со сравнительно малой их концентрацией (в основном 0,1-1 г/м³) при огромных объемах выбрасываемых газов.

Абсорбционные методы. Для абсорбции оксидов азота используют воду, растворы щелочей, селективные сорбенты, кислоты и окислители.

При абсорбции NO₂ водой в газовую фазу выделяется часть оксида азота, скорость его окисления при низких температурах мала:

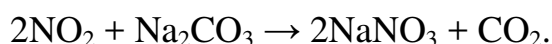


Для утилизации оксидов можно использовать разбавленные растворы H₂O₂ с получением азотной кислоты:



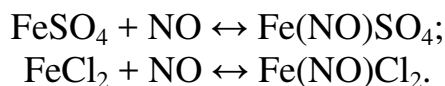
При этом расходуется 6 кг H₂O₂ на 1 т кислоты в сутки.

Хемосорбция NO₂ раствором соды протекает по уравнению:



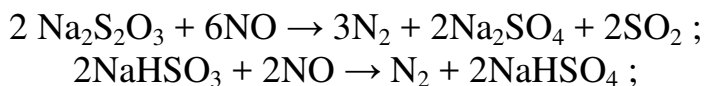
При абсорбции растворами аммиака образуются соединения с низкой температурой разложения. Например, нитрат аммония NH₄NO₂ при 56 °С полностью распадается: NH₄NO₂ → N₂ + 2H₂O.

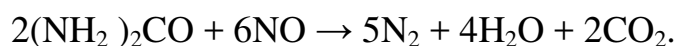
Для очистки газов от NO при отсутствии в газовой фазе кислорода, могут быть использованы растворы FeSO₄, FeCl₂, Na₂S₂O₃, NaHCO₃. При этом для первых двух растворов протекают реакции с образованием комплексов:



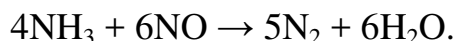
При нагреве до 95-100 °С комплекс Fe(NO)SO₄ распадается и NO выделяется в чистом виде, а восстановленный раствор вновь возвращается в производство. Аналогично разлагается комплекс Fe(NO)Cl₂.

Использование растворов Na₂S₂O₃, NaHSO₄, (NH₂)₂CO приводит к дефиксации азота:

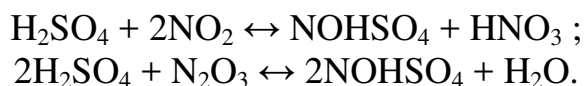




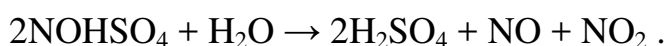
При температуре выше 200 °С NO взаимодействует с аммиаком:



Серная кислота используется для поглощения NO₂ и N₂O₃ с образованием нитрозилсерной кислоты:



При нагревании нитрозилсерной кислоты или при разбавлении её водой происходит выделение оксидов азота:

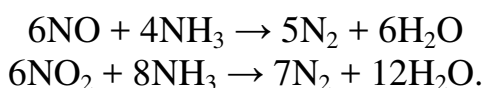


Взаимодействие оксидов азота с жидкими сорбентами наиболее эффективно при 20-40 °С.

Адсорбционные метод. В случае небольших объемов газов нашли применение адсорбционные методы. Хорошим сорбентом оксидов азота служит активированный уголь, но его применение затрудняется из-за легкой окисляемости, что может привести к сильному разогреву и даже к возгоранию угля (при значительных концентрациях оксидов азота). Силикагель по адсорбционным свойствам несколько уступает углю, но он более прочен и не окисляется кислородом, а окисление NO в NO₂ в его присутствии протекает даже быстрее. Однако широкому распространению этих методов препятствует то, что одновременно сорбируются и другие примеси, в результате снижается адсорбционная ёмкость сорбентов и осложняются процесс десорбции и использование ценных компонентов.

Каталитическое восстановление. Одним из основных, хорошо освоенных промышленных методов очистки отходящих газов от оксидов азота является их восстановление на катализаторе до молекулярного азота. При использовании неселективного катализатора восстановитель расходуется не только на восстановление азота, но и вступает во взаимодействие с кислородом, обычно содержащимся в газовом потоке. В качестве восстановителя применяются водород, природный газ, оксид углерода и др. Катализаторами обычно служат элементы платиновой группы. Температура процесса колеблется от 400 до 800 °С.

Наиболее широкое распространение получило селективное каталитическое восстановление оксидов азота аммиаком:

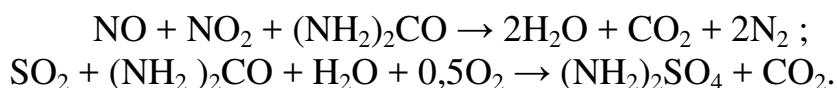


В нашей стране для этих целей разработан специальный алюмо-ванадиевый катализатор (АВК-10). Процесс восстановления протекает при 200-360 °С, степень очистки составляет 96-98,5 %. Основным недостатком метода является необходимость точного дозирования аммиака, что при переменном составе отходящих газов (меняется концентрация оксидов азота)

практически невозможно. При недостатке аммиака происходит проскок оксидов азота, а при избытке – проскок аммиака, и отходящие газы загрязняются токсичными соединениями. Со временем катализатор отравляется, что также сопряжено со значительными затруднениями.

Карбамидный метод. В Российском химико-технологическом университете (РХТУ) им. Д.И. Менделеева разработан карбамидный метод, позволяющий очищать дымовые газы от оксидов азота на 95% и практически полностью удалять оксиды серы из них. Процесс не требует предварительной подготовки газов, в результате обработки образуются нетоксичные продукты – N_2 , CO_2 , H_2O и $(NH_2)_2SO_4$. Величина pH адсорбционного раствора колеблется в пределах 5-9, поэтому коррозии аппаратуры не наблюдается. Эффективность метода практически не зависит от колебаний входных концентраций оксидов азота и серы.

В общем виде процесс описывается следующими уравнениями:



3.6.Очистка отходящих газов от оксида углерода и углеводородов

Основным методом очистки от углеводородов и оксида углерода в промышленности являются сжигание пламени, а также термическое и каталитическое окисление. Наиболее известным примером сжигания является применяемое в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности сжигание в факеле, т.е. в открытой горелке, направленной вверх. К недостаткам процесса, помимо потерь углеводородов при горении следует отнести образование оксидов азота, а следовательно, вторичное загряз атмосферы.

В условиях термического и каталитического окисления обезвреживание углеводородов и оксида углерода протекает при более низких температурах и образования значительных количеств оксидов азота не происходит.

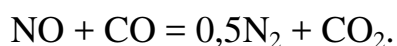
К общим недостаткам процессов обезвреживания выбросов путём сжигания относится необходимость организации дополнительной очистки газов при наличии в органических соединениях, кроме углерода и водорода, окисляемых до диоксида углерода и воды, фтора, хлора, серы и т.д. В этом случае в продуктах сгорания могут оказаться соединения более токсичные, чем первоначальные, например фосген, бифенилы и бифураны (при сжигании полициклических углеводородов) и др.

Для очистки газов от CO используют абсорбцию или промывку газа жидким азотом, вводно-аммиачными растворами закисных солей ацетата, формиата или карбоната меди.

Для каталитического окисления CO используют марганцевые, медно-хромовые катализаторы и металлы платиновой группы (палладий, рутений, платина, родий).

3.7. Рециркуляция газов

Существующие системы локальной очистки промышленных газовых выбросов часто не обеспечивают снижения концентрации загрязнителей до ПДК и требуется рассеивание газов через высокие трубы. В этом случае представляется целесообразным организация замкнутых газооборотных систем, использующих технологические и вентиляционные газы в замкнутом цикле. В настоящее время в нашей стране уже имеется промышленный опыт таких систем. Так, например, в НПО «Тулачермет» еще в 1978 г. проводилась проверка системы рециркуляции колошникового газа, в которой была предусмотрена его очистка от диоксида углерода. На Алчевском металлургическом комбинате были проведены эксперименты по спеканию шихты магнезитового концентрата с применением рециркуляции агломерационных газов. Рециркуляция осуществлялась путем отбора отходящих газов из двух последних вакуум-камер и подачи их специальным дымососом по трубопроводу в теплоизолированный колпак, расположенный непосредственно за зажигательным горном. При прохождении через зону охлаждения спека оксид углерода (CO), содержащийся в рециркулируемом газе, горит до CO₂. При степени рециркуляции $r = 30 \%$ оксид углерода (CO) полностью догорает до CO₂ на поверхности двухвалентного железа, а окислы азота в атмосфере CO восстанавливаются до нейтрального азота по реакции:



Рециркуляция газов способствует снижению вредных выбросов пыли на 20%, SO₂ – до 0,8 %. Поскольку при рециркуляции осуществляется дополнительный обогрев спекаемого слоя, то возможно также увеличение степени обессеривания шихты без добавляя в неё топлива.

Заслуживает внимания используемый в промышленном масштабе способ организации замкнутого газооборотного цикла в корпусах обогащения асбестовых горнообогатительных комбинатов. Вентиляционный воздух, собранный в различных точках цехов, проходит глубокую очистку от асбестовой пыли, в случае необходимости разбавляется атмосферным воздухом, а затем с помощью нагнетательных вентиляторов вновь подается в помещения цехов.

Разработана схема организации рециркуляции технологических газов и для производства фосфорных удобрений, в частности, при получении экстракционной фосфорной кислоты дигидратным методом, в производствах гранулированного двойного и простого сульфата, а также сложных удобрений.

Вероятно, в будущем газооборотные циклы будут играть такую же решающую роль в защите воздушного и водного бассейнов от промышленных выбросов, какую играют сейчас водооборотные циклы в деле защиты водных бассейнов.

4. Гидросфера и ее роль в биосфере

Гидросфера (от лат. hydro – вода и sphaera – шар) – это прерывистая водная оболочка Земли между атмосферой и литосферой, включающая в себя все виды природных вод.

Основная масса воды сосредоточена в Мировом океане – водной оболочке Земли, окружающей материка и острова и занимающей 71 % территории планеты. Мировой океан поддерживает жизнь на Земле: фитопланктон океана, усваивая энергию солнечного излучения, создает белки и жиры, а атмосферу насыщает кислородом. Мировой океан регулирует обмен веществ и поддерживает динамическое равновесие в природе; является источником разнообразной пищевой и промышленной продукции. Второе место по объему водных масс занимают подземные воды, третье – лед и снег арктических и антарктических областей.

Поверхностные воды суши (озера, водохранилища, реки, почвенные воды), занимая сравнительно малую долю в общей массе гидросферы, играют важнейшую роль основного источника водоснабжения и орошения. Важную роль в водном обмене играют и болота – экосистемы избыточного увлажнения, в которых накапливается торф – слабо перегнившие остатки растений. Болота являются аккумуляторами влаги в период таяния снегов и осенних осадков, они регулируют речной сток, поддерживают высокий уровень грунтовых вод на пойменных лугах, служат местом обитания ряда животных и растений.

4.1. Свойства воды в природе

Вода (H_2O) – жидкость без запаха, вкуса и цвета (в толще голубоватая); одно из самых распространенных веществ в природе и единственное на Земле соединение, которое может одновременно находиться в трех агрегатных состояниях: жидком, твердом (лед) и газообразном (пар). Без воды невозможно существование живых организмов (около 65 % человеческого тела составляет вода), она является обязательным компонентом практически всех технологических процессов.

Большинство свойств воды аномальны: температурная аномалия выражается в том, что при температуре от 30 °С до 4 °С свойства воды меняются. С этими изменениями связывают ее биологическую активность по отношению к живым организмам со средней температурой тела 37 °С. Плотность льда меньше, чем плотность жидкой воды.

Максимум плотности наблюдается при температуре около 4 °С. Эта аномалия воды позволяет, например, живым организмам зимовать в придонных слоях водоема; по сравнению с другими простыми веществами вода обладает максимальной теплоемкостью. Эта аномалия воды – одно из условий существования жизни на Земле.

Благодаря этому возникают теплые и холодные океанические течения, которые сглаживают климат Земли и др. Все формы круговорота воды составляют единый гидрологический цикл, в процессе которого происходит

возобновление всех видов вод. Наиболее быстро обновляются биологические и атмосферные воды. Самоочищение природных вод от примесей происходит путем их разложения и осаждения как в анаэробной среде (гниение), так и в аэробной. Самоочищение природных вод происходит тем более интенсивно, чем выше содержание в воде кислорода. В самоочищении природных вод принимают участие бактерии, грибы, водоросли, животные и др.

Примеси во взвешенном состоянии представляют собой нерастворимые в воде суспензии и эмульсии. Примеси в коллоидном состоянии представляют собой гидрофобные и гидрофильные органические и минеральные коллоидные частицы. Коллоидные частицы могут быть природного и антропогенного происхождения, как, например, нерастворимые формы гумусовых веществ, вирусы и др., которые по своим размерам близки к коллоидным примесям. Концентрация отдельных примесей в воде определяет ее состав и свойства, то есть качество воды и пригодность ее для различных видов водопользования. Качество природных вод определяется различными показателями – физическими, химическими, биологическими, бактериологическими. Взвешенные вещества могут быть минерального и органического происхождения. Эти вещества характеризуют наличие в воде частиц песка, глины, ила, планктона и др. В зависимости от размеров отдельных частиц и их плотности взвешенные вещества могут выпадать в виде осадка, всплывать на поверхность воды или оставаться во взвешенном состоянии.

Благоприятные органолептические (эстетические) свойства оценивают по 4 показателям: запах, привкус, цветность, мутность, которые воспринимаются рецепторами человека. В начале XIX века органолептическая оценка была единственным способом оценки качества воды. Привкусы и запахи, встречающиеся в природных водах, могут быть естественного (присутствие железа, марганца, сероводорода) или искусственного (сброс сточных вод) происхождения.

Различают четыре основных вкуса воды: соленый, горький, сладкий и кислый. Многочисленные оттенки вкусовых ощущений, складывающиеся из перечисленных основных, называют привкусами. Соленый вкус воды обычно обусловлен присутствием хлорида натрия, горький – сульфата магния, кислый вкус в большинстве случаев объясняется избытком растворенной углекислоты (минеральные воды), железистый привкус придают растворенные соли железа и марганца, щелочной – поташ, сода, едкие щелочи, вяжущий – сульфат кальция.

Запахами естественного происхождения являются: землистый, рыбный, гнилостный, сероводородный, ароматический, болотный, глинистый, тинистый и др. К запахам искусственного происхождения можно отнести: хлористый, камфарный, аптечный, фенольный, хлорфенольный; запах нефтепродуктов. Запах воды записывают следующим образом: гнилостный, фекальный, керосиновый, фенольный, сероводородный и т. п.

Интенсивность и характер запахов и привкусов воды определяют органолептически, т. е. с помощью органов чувств, по пятибалльной шкале.

Цветность поверхностных вод вызвана главным образом присутствием гуминовых веществ и соединений железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий в водоносных горизонтах и от количества и размеров торфяников в бассейне исследуемого водоема. Мутность воды зависит от содержания микроорганизмов или продуктов их разложения, а также содержания соединений кремния, цинка, железа, марганца, глинистых частиц и ила.

Прозрачность (светопропускание) воды зависит от ее цвета и мутности. Химические показатели качества воды условно делят на пять групп: главные ионы, растворенные газы, биогенные вещества, микроэлементы, органические вещества. Главные ионы. Наиболее распространенные в природных водах анионы: HCO_3^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} , HSiO_3 – и катионы Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Fe^{2+} .

Содержание главных ионов в пресных водах составляет 90–95 % от общего солесодержания. Содержание кислорода в воде поверхностных водоемов определяется поступлением его из воздуха и в результате фотосинтеза. В зимний период концентрация кислорода в воде водоемов резко уменьшается из-за отсутствия аэрации и в связи с поступлением только подземных вод, почти не содержащих кислорода. Растворимость кислорода в воде зависит от температуры воды. Диоксид углерода находится в воде, как в растворенном виде, так и в форме угольной кислоты. Основным источником диоксида углерода в поверхностных водах являются биохимические процессы распада органических веществ, а также он попадает в водоемы с подземными водами. Концентрация диоксида углерода в воде зависит от солесодержания, активной реакции воды pH, температуры и др. Сероводород в природных водах встречается органического (продукт распада органических соединений) и неорганического (растворение минеральных солей) происхождения. Наличие сероводорода в воде придает ей неприятный запах, способствует коррозии металла и может вызвать зарастание трубопроводов.

Биогенные вещества. К этой группе относят соединения, необходимые для жизнедеятельности водных организмов и образующиеся ими в процессе обмена вещества. Органические формы азота представлены белками и продуктами их распада и поступают они в водные объекты с очищенными сточными водами. Неорганические соединения азота NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- могут образовываться при разложении азотсодержащих органических соединений или же поступают в водоемы с атмосферными осадками, при вымывании удобрений из почвы. Промежуточной формой окисления аммонийного азота в нитраты NO_3^- – являются нитриты NO_2^- .

Важным биогенным элементом является фосфор. В природных водах соединения фосфора присутствуют в небольших концентрациях и оказывают существенное влияние на водную растительность. Микроэлементы – это

такие элементы, содержание которых в воде составляет менее 1 мг/л. Микроэлементы в природных водах могут находиться в виде ионов, молекул, коллоидных частиц, взвесей, входят в состав минеральных и органических комплексов. В питьевой воде важное гигиеническое значение имеют соединения йода, фтора, железа, марганца и др.

Органические вещества. В природных водах они бывают в виде гумусовых соединений, которые образуются при разложении растительных остатков. Органические примеси сточных вод вследствие их многообразия, сложности и трудности анализа непосредственно не определяются. Для характеристики степени загрязненности воды органическими соединениями применяют такие косвенные методы, как химическую окисляемость воды и биохимическая потребность в кислороде.

Окисляемость воды – это количество кислорода, необходимое для окисления примесей в данном объеме, т. е. для перевода С в CO_2 , Н в H_2O , N в NH_3 и т. д. Окисляемость воды выражают в мг $\text{O}_2/\text{л}$. В зависимости от применяемого окислителя – иодата калия KIO_3 и бихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ различают соответственно иодатную и бихроматную окисляемость. Бихроматную и иодатную окисляемость иначе называют химической потребностью в кислороде (ХПК).

Степень загрязнения воды органическими соединениями выражается количеством кислорода, необходимым для их окисления микроорганизмами в аэробных условиях, и носит название биохимической потребности в кислороде (БПК). Полным БПК считается количество кислорода, требуемое для окисления органических веществ до начала процессов нитрификации (БПК_{полн.}). В лабораторных исследованиях наряду с полным БПК, определяют и биохимическую потребность в кислороде в течение 5 суток – БПК₅. Для бытовых сточных вод (без существенной примеси производственных) иногда считается, что за полную биохимическую потребность в кислороде можно принять БПК₂₀. Количество кислорода, расходуемое для окисления аммонийного азота до нитритов и нитратов, при определении БПК не учитывается. Разность между ХПК и БПК характеризуется наличием примесей, не окисляющихся биохимическим путем, и количеством органических веществ, идущих на построение клеток микроорганизмов. Активная реакция воды рН является показателем щелочности или кислотности, количественно она характеризуется концентрацией водородных ионов.

Для нейтральной воды рН = 7, для кислой – рН меньше 7 и для щелочной – рН больше 7. Активная реакция природных вод обычно варьируется в пределах 6,5–8,5, рН сточных вод колеблется в больших пределах в зависимости от происхождения.

Основные биологическими показателями качества воды являются гидробионты и гидрофлора. Гидробионты подразделяют на планктон – обитателей, пребывающих в толще воды от дна до поверхности, гидрофлору водных объектов определяют макро- и микрофитами. К первым относятся

высшая водная растительность, а ко вторым – водоросли. При отмирании и разложении макрофитов вода обогащается органическими веществами, ухудшая качество воды. Микрофиты не только поглощают углекислоту, но и продуцируют кислород. Бактериологические показатели характеризуют присутствие в воде болезнетворных микроорганизмов. Перечень показателей качества питьевой воды и методы их контроля определяют нормативные документы, в основу которых положены три принципа: безопасность в эпидемиологическом и радиационном отношении; безвредность по химическому составу; благоприятные органолептические свойства.

4.2.Оборотное водоснабжение

Наиболее перспективный путь уменьшения потребления свежей воды – это создание оборотных и замкнутых систем водоснабжения. Схемы оборотного водоснабжения показаны на рис. 1. При оборотном водоснабжении следует предусмотреть необходимую очистку сточной воды, охлаждение оборотной воды, обработку и повторное использование сточной воды.

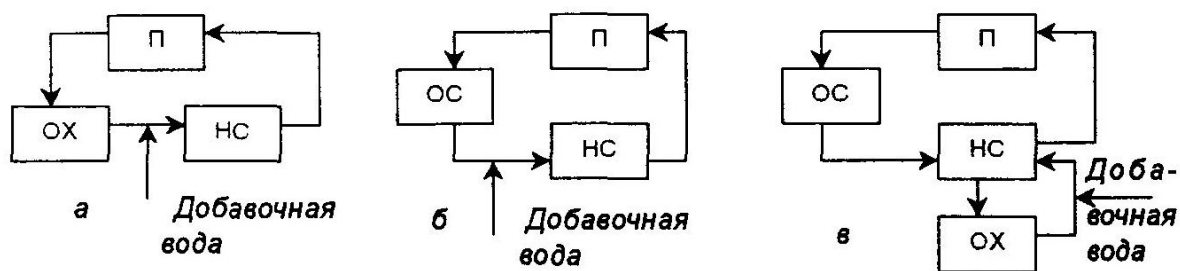


Рис. 2. Схемы оборотного водоснабжения: а - с охлаждением воды; б - с очисткой воды; в - с очисткой и охлаждением воды; П - производство; НС - насосная станция; ОХ - охлаждение воды; ОС - очистка сточной воды

В схеме (а) вода является теплоносителем и в процессе использования не загрязняется, а нагревается; перед повторным использованием её охлаждают в градирнях, прудах. В схеме (б) воду перед повторным использованием очищают изложенными ниже методами. В схеме (в) воду очищают и охлаждают. Во всех случаях свежая вода добавляется лишь на восполнение потерь.

Применение оборотного водоснабжения позволяет в 10-50 раз уменьшить потребление природной воды. Например, для выработки 1 т каучука при проточном водоснабжении в старых производствах требуется 2100 м³ свежей воды, а при оборотном водоснабжении – лишь 165 м³. При оборотном водоснабжении значительно уменьшаются капитальные и эксплуатационные затраты. Во всех отраслях промышленности доля оборотной воды непрерывно возрастает. Так, в химической промышленности она возросла до 82,5%.

Оборотная вода должна соответствовать определенным значениям показателей: карбонатной жесткости, рН, содержанию взвешенных веществ и

биогенных элементов, значению ХПК (химическая потребность в кислороде), определяющих термостабильность и интенсивность биообрастаний в оборотной системе и др.

Оборотную воду в основном используют в теплообменной аппаратуре для отведения избыточного тепла. Она многократно нагревается до 40-45 °С и охлаждается в вентилируемых градирнях или брызгальных бассейнах. Значительная часть её теряется в результате брызгоуноса и испарения. Кроме того, из-за неисправностей и неплотностей теплообменной аппаратуры она загрязняется до определённого предела.

Для предотвращения коррозии, биологического обрастания часть оборотной воды выводят из системы (продувочная вода), добавляя свежую воду из источника или очищенные сточные воды.

При движении воды на поверхностях труб и теплообменников откладывается карбонат кальция по реакции:



Растворимость карбоната кальция с ростом температуры уменьшается. Скорость отложения карбоната кальция и других солей не должна превышать 0,25 г/(м²·ч). Основным требованием к воде, расходуемой на подпитку оборотных систем, является ограничение карбонатной и сульфатной жесткости. Ограничивается также содержание взвешенных веществ, которые тоже отлагаются на отдельных участках трубопроводов и теплообменной аппаратуры.

При содержании в воде растворимых солей щелочных металлов и магния происходит коррозия материалов теплообменных систем, которая растёт с температурой. В отсутствие ингибиторов содержание солей в оборотной воде не должно превышать 2 кг/м³.

Для предотвращения биологического обрастания аппаратов и сооружений в оборотной воде должно быть ограничено содержание органических веществ и соединений биогенных элементов (азота, фосфора), являющихся питательной средой для микроорганизмов. Скорость биологических обрастаний теплообменников не должна превышать 0,07 г/(м²·ч), рост толщины слоя не должен быть выше 0,05 мм в месяц.

Необходимое количество воды для подпитки определяется из материального баланса оборотной системы:

$$Q_{\text{ун}} + Q_{\text{сб}} + Q_{\text{ф}} + Q_{\text{пр.п}} + Q_{\text{исп}} = Q_{\text{п}},$$

где $Q_{\text{ун}}$ – количество воды, уносимой в виде капель ветром на градирнях; $Q_{\text{сб}}$ – количество оборотной воды, сбрасываемой для “продувки”; $Q_{\text{ф}}$ – потери воды с осадками при фильтровании; $Q_{\text{пр.п}}$ – производственные потери воды; $Q_{\text{исп}}$ – количество воды, испаряющейся на градирне; $Q_{\text{п}}$ – расход подпитывающей воды на компенсацию всех потерь оборотной воды в системе.

Средние потери воды от испарения составляют около 2,5 %; от капельного уноса на градирнях – 0,3-0,5 %; продувочный сброс принимается 6-10 %, в

среднем 8 %; сумма всех остальных потерь принимается 1% от объёма оборотной воды.

4.3.Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий

Основным направлением уменьшения сброса сточных вод и загрязнения ими водоёмов является создание замкнутых систем водного хозяйства.

Под замкнутой системой водного хозяйства промышленного предприятия понимается система, в которой вода используется в производстве многократно без очистки или после соответствующей обработки, исключающей образование каких-либо отходов и сброс сточных вод в водоем.

Под замкнутой системой водного хозяйства территориально-промышленного комплекса, района или центра понимается система, включающая использование поверхностных вод, очищенных промышленных и городских сточных вод на промышленных предприятиях, на сельскохозяйственных полях для орошения при выращивании сельскохозяйственных культур, для полива лесных угодий, для поддержания объёма (уровня) воды водоёмов, исключающих образование каких-либо отходов и сброс сточных вод в водоём.

Подпитка замкнутых систем свежей водой допускается в случае, если недостаточно очищенных сточных вод для восполнения потерь воды в этих системах, допускается также расход ее в технологических операциях, в которых очищенные сточные воды не могут быть использованы по условиям технологии или гигиены. Свежая вода расходуется только для питьевых и хозяйственно-бытовых целей.

Необходимость создания замкнутой системы производственного водоснабжения обусловлена: дефицитом воды; исчерпанием разбавляющей и самоочищающей способности водного объекта, принимающего сточные воды; экономическими преимуществами перед очисткой сточных вод до требований, предъявляемых водоохранным контролем.

Замкнутая система должна обеспечить рациональное использование воды во всех технологических процессах, максимальную рекуперацию компонентов сточных вод, сокращение капитальных и эксплуатационных затрат, исключение загрязнения окружающей среды. Замкнутые системы водного хозяйства следует вводить на вновь строящихся предприятиях и на действующих, подлежащих реконструкции.

4.4 Методы очистки сточных вод

Для создания замкнутых систем водоснабжения промышленные сточные воды подвергаются очистке механическими, физико-химическими, биологическими, химическими и термическими методами до необходимого качества, зависящего от вида производства.

Очистка от суспендированных и эмульгированных примесей включает: 1) методы очистки от грубодисперсных примесей (отстаивание, процеживание и фильтрация, флотация, осветление во взвешенном осадке, центробежное фильтрование и отстаивание); 2) методы очистки от мелкодисперсных примесей (коагуляция, флокуляция, электрокоагуляция, электрофлотация); 3) методы устранения и уничтожения нерастворённых и растворённых примесей (устранение, закачка в скважины, захоронение, закачка в глубины морей, термическое уничтожение).

Очистка от растворённых примесей включает: пункт 3); 4) методы очистки от минеральных примесей (дистилляция, ионный обмен, обратный осмос, электродиализ, замораживание, реагентные); 5) методы очистки от органических примесей (регенеративные: экстракция, ректификация, адсорбция, обратный осмос и ультрафильтрация; деструктивные: биохимические, жидкофазного окисления, парофазного окисления, радиационного окисления, электрохимического окисления); 6) методы очистки от газов (отдувка, нагрев, реагентные методы).

Указанные методы очистки подразделяются на рекуперационные и деструктивные.

Рекуперационные методы предусматривают извлечение из сточных вод и дальнейшую переработку всех ценных веществ. В деструктивных методах вещества, загрязняющие воду, подвергаются разрушению путём окисления или восстановления. Продукты разрушения удаляются из воды в виде газов или осадков.

Выбор метода очистки и подбор оборудования производится с учётом: 1) санитарных и технологических требований, предъявляемых к качеству очищенных вод с учётом дальнейшего их использования; 2) количества сточных вод; 3) наличия у предприятия необходимых для процесса обезвреживания энергетических и материальных ресурсов (пар, топливо, сжатый воздух, электроэнергия, реагенты, сорбенты), а также необходимой площади для сооружения очистных установок; 4) эффективности процесса обезвреживания.

Эффективность обезвреживания сточной воды для всех методов определяется по соотношению:

$$\eta = \frac{C_H - C_K}{C_H},$$

где C_H и C_K – концентрация загрязнения в сточной воде до и после очистки, кг/м^3 .

Если очистка сточных вод от загрязнения производится последовательно несколькими методами, то суммарная степень очистки равна:

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot \dots \cdot (1 - \eta_n),$$

где η_1 , η_2 , η_n – степень очистки сточных вод первым, вторым и n методами.

4.5. Обработка осадков сточных вод

В процессе очистки сточных вод образуются осадки, объём которых составляет от 0,5 до 1 % объёма сточных вод для станций совместной очистки бытовых и производственных сточных вод и от 10 до 30 % для локальных очистных сооружений. Условно осадки можно разделить на три основные категории – минеральные осадки, органические осадки и избыточные активные илы. Основные задачи современной технологии состоят в уменьшении их объёма и в последующем превращении в безвредный продукт, не вызывающий загрязнения окружающей среды.

В осадках содержатся соединения кремния, алюминия, железа, оксидов кальция, магния, калия, натрия, никеля, хрома и др. Химический состав осадков оказывает большое влияние на их водоотдачу. Соединения железа, алюминия, хрома, меди, а также кислоты, щёлочи и некоторые другие вещества, содержащиеся в производственных сточных водах, способствуют интенсификации процесса обезвоживания осадков и снижают расход химических реагентов на их коагуляцию перед обезвоживанием. Масла, жиры, азотные соединения, волокнистые вещества, наоборот, являются неблагоприятными компонентами. Окружая частицы осадка, они нарушают процессы уплотнения и коагуляции, а также увеличивают содержание органических веществ в осадке, что сказывается на ухудшении его водоотдачи.

Для обработки и обезвреживания осадков используются различные технологические процессы: уплотнение, стабилизация, кондиционирование, обезвоживание, термическая обработка, утилизация ценных продуктов, ликвидация.

Уплотнение осадков связано с удалением свободной влаги. При уплотнении в среднем удаляется 60 % влаги, и масса осадка сокращается в 2,5 раза.

Для уплотнения активного ила, который имеет влажность 99,2 – 99,5 % используют гравитационный, флотационный, центробежный и вибрационный методы.

Стабилизация осадков проводится для разрушения биологически разлагаемой части органического вещества на двуокись углерода, метан и воду. Стабилизацию осуществляют при помощи микроорганизмов в анаэробных и аэробных условиях. В анаэробных условиях она проводится в метантенках, а в аэробных – в сооружениях с продолжительной аэрацией.

Кондиционирование осадков – это процесс предварительной подготовки осадков перед обезвоживанием или утилизацией путём снижения удельного сопротивления и улучшения водоотдающих свойств осадков вследствие изменения их структур и форм связи воды.

Кондиционирование проводят реагентными и безреагентными способами. При реагентной обработке осадки обрабатывают 10 % раствором коагулянтов (FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и др.). Вместо коагулянтов можно использовать и флокулянты. К безреагентным методам обработки относятся:

тепловая обработка, замораживание с последующим оттаиванием, жидкофазное окисление, электрокоагуляция и радиационное облучение. В отечественной практике тепловая обработка осадка находится в стадии освоения и внедрения.

Сущность метода тепловой обработки состоит в нагревании осадков до температуры 150-200 оС и выдерживании при этой температуре в закрытой ёмкости в течение 0,5-2 ч. В результате такой обработки происходит резкое изменение структуры осадка, около 40 % сухого вещества переходит в раствор, а оставшаяся часть приобретает водоотдающие свойства. Осадок после тепловой обработки быстро уплотняется до влажности 92-94 %, а его объём составляет 20-30 % исходного.

Уплотнённый осадок легко обезвоживается на иловых площадках или вакуум-фильтрах, пресс-фильтрах, виброфильтрах и центрифугах. Отделённая на стадии уплотнения вода, вследствие распада органического вещества осадка, содержит большое количество растворённых веществ с химической потребностью кислорода (ХПК) около 10 кг на 1 м³. Эта вода обычно возвращается на аэрационные очистные сооружения, что вызывает необходимость увеличения их мощности на 10-15 %.

Существуют различные схемы процессов тепловой обработки (тепловая обработка с догревом осадка острым паром, схема с догревом осадка промежуточным теплоносителем и т.д.). Принципиальная схема тепловой обработки по методу Портеуса представлена на рис. 3.

Осадок из резервуара-накопителя под давлением подают в теплообменник, где он нагревается осадком, прошедшим тепловую обработку в реакторе. После охлаждения в теплообменнике и снижения давления осадок поступает в илоуплотнитель, а затем на обезвоживание. Нагревание осадка производят “острым” паром. Удельный расход пара составляет 120-140 кг на 1 м³ осадка. Уплотняют осадок в радиальных уплотнителях в течение 2-4 ч. Влажность уплотнённых осадков 93-94 %. Обезвоживание производят на вакуум-фильтрах или фильтр-прессах.

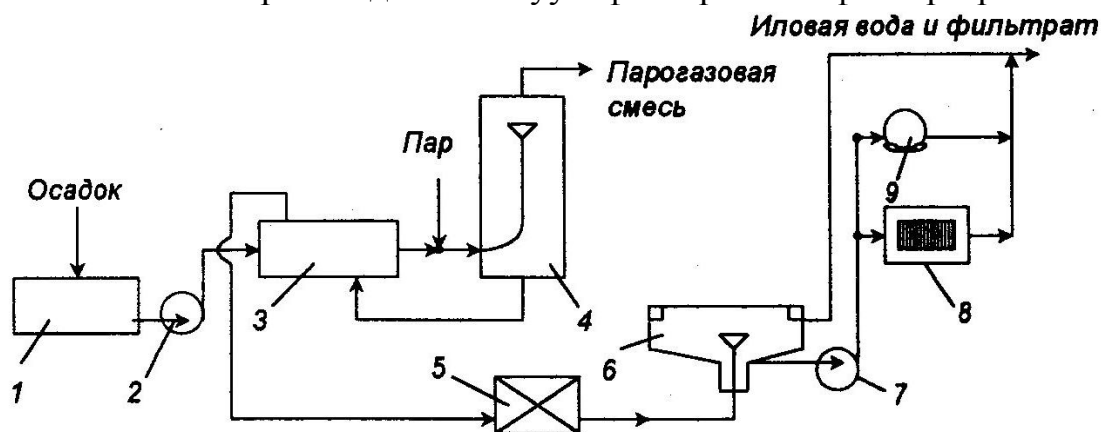


Рис. 3. Технологическая схема тепловой обработки по методу Портеуса
1 – резервуар-накопитель; 2, 7 – насосы; 3 – теплообменник; 4 – реактор; 5 - устройство для снижения давления; 6 – уплотнитель; 8, 9 – обезвоживающие аппараты

Достоинства метода: осуществление в реакторе кондиционирования, стерилизации; компактность установки. Недостаток – сложность эксплуатации установки.

Сущность метода жидкофазного окисления осадка (метод Циммермана) заключается в окислении органической части осадка кислородом воздуха при высокой температуре и высоком давлении. Схема установки жидкофазного окисления приведена на рис. 4.

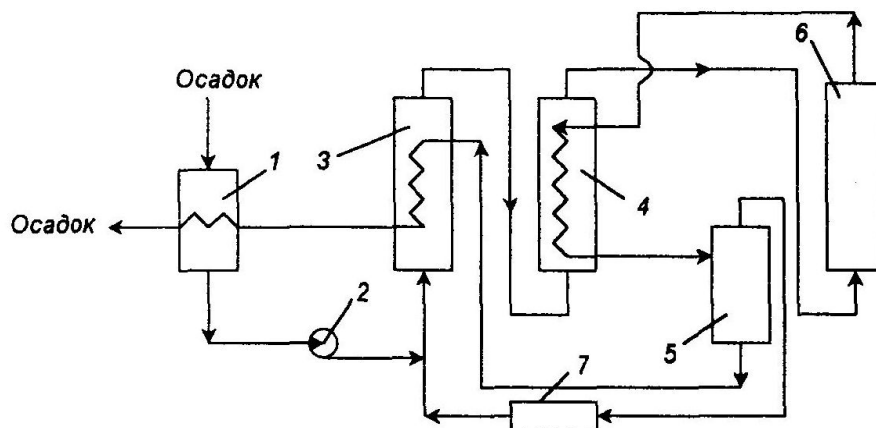


Рис. 4. Схема установки жидкофазного окисления осадка: 1 – резервуар; 2 – насос; 3, 4 – теплообменники; 5 – реактор; 6 – сепаратор; 7 – компрессор.

В приёмном резервуаре смесь сырого осадка и активного ила нагревают до температуры $45-50^{\circ}\text{C}$. Затем осадок через теплообменник поступает в реактор. В реакторе при 300°C в течение $0,5-0,7$ ч происходит интенсивное окисление органического вещества осадка кислородом воздуха. Из реактора смесь продуктов окисления, воздуха и золы направляют через теплообменник в сепаратор. В сепараторе происходит отделение от жидкой фазы осадка газов, которые выбрасываются в атмосферу или используются в турбогенераторе для приведения в действие компрессора, подающего воздух в систему.

Охлаждённый осадок, поступая в уплотнитель, отстаивается в течение 4 ч. Сливная вода (ХПК $5-6$ кг/ м³) сбрасывается в аэротенки, а уплотнённый осадок влажностью 95 % подаётся на иловые площадки или механическое обезвоживание. Производительность вакуум-фильтров по осадку составляет $40-50$ кг/м²·ч. Влажность обезвоженного осадка – около 60 %. Дополнительного тепла на нагрев осадка в процессе работы установки не требуется. Установка разогревается паром лишь в период запуска.

4.6. Утилизация осадков сточных вод и активного ила

Утилизация осадков сточных вод и избыточного активного ила часто связана с использованием их в качестве удобрения, что обусловлено достаточно большим содержанием в них биогенных элементов. Активный ил особенно богат азотом и фосфорным ангидридом. В качестве удобрения

можно использовать те осадки сточных вод и избыточный активный ил, которые предварительно были подвергнуты обработке, гарантирующей последующую их незагниваемость, а также гибель патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов.

Наиболее эффективными способами обезвреживания отходов, образующихся при очистке сточных вод, являются обработка негашеной известью, аммиачной водой, тиазоном, термическая сушка. Перспективные технологические способы обезвоживания осадков и избыточного активного ила, включающие использование барабанных вакуум-фильтров, центрифуг, с последующей термической сушкой и одновременной грануляцией позволяют получать продукт в виде гранул, что обеспечивает получение незагнивающего и удобного для транспортировки, хранения и внесения в почву органоминерального удобрения, содержащего азот, фосфор, микроэлементы.

Наряду с достоинствами, получаемого на основе осадков сточных вод и активного ила удобрения, следует учитывать и возможные отрицательные последствия его применения, связанные с наличием в них вредных для растений веществ, в частности ядов, химикатов, солей тяжёлых металлов. Кроме того, осадки содержат яйца гельминтов и другую патогенную фауну, имеют неприятный специфический запах. В процессе хранения на иловых картах, и особенно при компостировании с опилками, корой, торфом, санитарное состояние ила улучшается, а тяжёлые металлы переходят в связанное состояние, малодоступное для поступления в растения. Поэтому грамотное применение в сельском хозяйстве в условиях дефицита минеральных и органических удобрений, истощения и загрязнения почв является не только экологически приемлемым методом утилизации ила, но и экономически выгодным, позволяющим улучшать структуру почв и получать дополнительные урожаи.

Представляет интерес практика использования осадков сточных вод в Германии. По санитарным соображениям, в ФРГ допускается использование в качестве удобрения только незагнивающих, стабилизированных осадков сточных вод, термически высушенных, компостированных и пастеризованных. Пастеризация осадков заключается в их нагревании до 65 - 70°C в течение 20-30 мин, что приводит к уничтожению в них яиц гельминтов и патогенных микроорганизмов. Более высокий эффект пастеризации достигается при нагревании осадка до 80-90 °C с последующим выдерживанием в течение 5 мин. В случае образования больших объёмов осадков сточных вод, содержащих соли тяжёлых металлов целесообразно сжигание осадков.

Также предложен способ сжигания активного ила с получением заменителей нефти и каменного угля. Подсчитано, что при сжигании 350 тыс. тонн активного ила можно получить топливо, эквивалентное 700 тыс. баррелей нефти и 175 тыс. тонн угля (1 баррель – 159 л). Одним из преимуществ этого метода является то, что полученное топливо удобно

хранить. В случае сжигания активного ила выделяемая энергия расходуется на производство пара, который немедленно используется, а при переработке ила в метан требуются дополнительные капитальные затраты на его хранение.

Важное значение также имеют методы утилизации активного ила, связанные с использованием его в качестве флокулянта для сгущения суспензий, получения стройматериалов и т.д.

Проведённые токсикологические исследования показали возможность переработки сырых осадков и избыточного активного ила в цементном производстве. Ежегодный прирост биомассы активного ила составляет несколько миллионов тонн. В связи с этим возникает необходимость в разработке таких способов утилизации, которые позволяют расширить спектр применения активного ила.

Считая на сухое вещество, активный ил содержит 37-52 % белков, 20-35 % аминокислот, а также витамины группы В. Он может быть использован для кормления животных, рыб и птиц. Разработаны различные технологические схемы получения белково-витаминного кормового продукта (белвитамина), производства смеси кормовых дрожжей с илом и получения технологического витамина В12.

5. Литосфера и ее роль в биосфере

Литосфера (от греч. lithos – камень, sphaïra – шар) – это верхняя относительно прочная оболочка твердой Земли, расположенная над астеносферой. Астеносфера (от греч. asthenes – слабый, sphaïra – шар) – это слой пониженной вязкости в верхней мантии Земли.

Мощность литосферы под океаном составляет 50–100 км, под континентом – 25–200 и, возможно, более км. По реакции на длительные действующие нагрузки в литосфере выделяют верхний упругий (мощностью несколько десятков км) и нижний – пластичный слой. Кроме того, на разных уровнях в тектонически активных областях литосферы прослеживаются горизонты относительно пониженной вязкости (пониженной скорости сейсмических волн). По мнению некоторых исследователей, по этим горизонтам происходит «проскальзывание» одних слоев литосферы относительно других. Это явление называют расслоением литосферы. Наиболее крупными структурными единицами литосферы являются литосферные плиты, размеры которых в поперечнике составляют 1–19 тыс. км. В современную эпоху литосфера разделена на главных и несколько более мелких плит. Границы плит являются зонами максимальной тектонической, сейсмической и вулканической активности. Согласно теории тектоники плит, литосферные плиты движутся по астеносфере на расстояния до нескольких тысяч км со скоростью до первых десятков см/год. Наряду с горизонтальными происходят и вертикальные движения литосферы (скорость до нескольких десятков см/год) по системам субвертикальных

глубинных раз- 26 ломов, разбивающих литосферные плиты на блоки размером от нескольких десятков до сотен км. В литосфере деятельность человека охватывает недра и почву.

5.1 Недра

Недра являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водотоков, простирающейся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения. Недра Земли богаты полезными ископаемыми. Полезные ископаемые – это минеральные образования недр, химический состав и физические свойства которых служат основой современного производства, обеспечивающей научно-технический прогресс.

Недра предоставляются в пользование: для регионального геологического изучения, включающего региональные геолого-геофизические работы, геологическую съемку, инженерно-геологические изыскания, научно-исследовательские, палеонтологические и другие работы, направленные на общее геологическое изучение недр, геологические работы по прогнозированию землетрясений и исследованию вулканической деятельности, созданию и ведению мониторинга состояния недр, контроль за режимом подземных вод, а также иные работы, проводимые без существенного нарушения целостности недр; геологического изучения, включающего поиски и оценку месторождений полезных ископаемых, а также геологического изучения и оценки пригодности участков недр для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых; разведки и добычи полезных ископаемых, в том числе использования отходов горнодобывающего и связанных с ним перерабатывающих производств; строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых; образования особо охраняемых геологических объектов, имеющих научное, культурное, эстетическое, санитарно-оздоровительное и иное значение (научные и учебные полигоны, геологические заповедники, заказники, памятники природы, пещеры и другие подземные полости); сбора минералогических, палеонтологических и других геологических коллекционных материалов.

5.2 Почвы

Почва представляет собой природную систему, состоящую из связанных между собой почвенных горизонтов, различающимися по структуре, составу и цвету, формирующихся в результате преобразования литосферы под действием живых организмов и других факторов (климатических, рельефа местности, а также деятельности человека). Последовательность почвенных горизонтов называют почвенным профилем.

Почвенный профиль и толщина горизонтов различны для каждой природно-климатической зоны и определенного рельефа местности. Располагаясь на поверхности суши, почвы выполняют исключительно важную роль в процессе взаимодействия между всеми сферами Земли: литосферы с атмосферой и гидросферой, прямо (растения) или косвенно (животные) обуславливают существование биосферы. Почве принадлежит ведущая роль в круговороте веществ в биосфере, обеззараживании твердых и жидких отходов.

Она оказывает существенное влияние на климат, химический состав растительных продуктов и опосредованно на продукты животного происхождения. Как один из факторов окружающей среды почва и подстилающие ее горные породы (грунт) влияют на здоровье людей и санитарные условия жизни населения.

Почва состоит из твердой, жидкой (почвенный раствор), газообразной и живой (почвенная флора и фауна) частей. Каждая почва включает минеральные, органические и органоминеральные комплексы соединений, а также почвенные растворы, почвенный воздух и почвенные микроорганизмы. Одной из постоянных частей является почвенная влага. Гигиеническое значение почвенной влаги состоит в том, что все химические вещества, а также биологические загрязнители почвы (яйца гельминтов, актиномицеты, простейшие, бактерии, вирусы) могут мигрировать в почве только с почвенной влагой.

Кроме того, все химические и биохимические процессы, протекающие в почве, в том числе процессы самоочищения почвы от органических соединений, осуществляются в водных растворах. Другой постоянной частью почвы является воздух.

Гигиеническое значение почвенного воздуха состоит в том, что отклонение от его естественного состава может явиться показателем загрязнения почвы. Кроме того, с почвенным воздухом могут передвигаться на большие расстояния летучие загрязнители почвы. Кислород почвенного воздуха обеспечивает процессы самоочищения почвы от органических загрязнителей. В результате производственной и иной деятельности человека в почву поступает различное количество экзогенных химических веществ; пестицидов, минеральных удобрений, стимуляторов роста растений, поверхностно-активных веществ (ПАВ), полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), промышленных и бытовых сточных вод, выбросов промышленных предприятий и транспорта и т. п.

Почва, являясь элементом биосферы Земли, формирует химический состав потребляемых человеком продуктов питания, питьевой воды и отчасти атмосферного воздуха; этот состав зависит от естественной химической природы почв, а также качества и количества вносимых в почву экзогенных химических веществ. Особое гигиеническое значение почвы связано с опасностью передачи человеку и животным возбудителей различных инфекционных заболеваний. Несмотря на антагонизм почвенной

микрофлоры, в ней длительное время способны сохраняться жизнеспособными и вирулентными, т. е. болезнетворными возбудители многих инфекционных заболеваний. В течение этого времени они могут загрязнять подземные водоисточники, заражать человека и животных.

В почве сохраняются споры патогенных микроорганизмов: столбнячной палочки, возбудители газовой гангрены, ботулизма и сибирской язвы. Через загрязненную почву передаются возбудители острых инфекционных желудочно-кишечных заболеваний, лептоспирозы, бруцеллез, туляремия, сибирская язва, туберкулез, гельминтозы, инфекционный гепатит и другие заболевания. Наиболее простой путь заражения – через руки, загрязненные инфицированной почвой.

Почва играет эпидемическую роль в распространении гельминтов. В естественных условиях в почву постоянно поступают органические вещества, в первую очередь вещества растительного происхождения. Уровень загрязнения почвы органическими веществами является косвенным показателем эпидемической опасности почвы. Попавшие в почву органические вещества, содержащие белки, жиры, углеводы и продукты их обмена, подвергаются распаду вплоть до образования неорганических веществ – процесс минерализации. Параллельно в почве происходит процесс синтеза из органических веществ нового сложного органического вещества почвы, получившего название гумуса. Процесс синтеза почвенного вещества называют гумификацией, а оба биохимических процесса (минерализации и гумификации), направленные на восстановление первоначального состояния почвы, получили название процесса самоочищения почвы.

Механизм самоочищения почвы весьма сложен, схематически этот механизм можно представить следующим образом. Органические вещества, попавшие в почву со сточными водами, продолжают свое передвижение в горизонтальном и вертикальном направлениях. Достигнув грунтовых вод, фильтруемая жидкость с загрязнениями вливается в грунтовые воды и в дальнейшем подчиняется направлению и скорости их движения.

По мере передвижения загрязнений с почвенной влагой в фильтрующем слое грунта количество загрязнений (взвешенных, коллоидных, растворенных веществ, бактерий, вирусов, яиц гельминтов) постепенно уменьшается благодаря механической, физической, физико-химической, химической и биологической поглотительной способности почвы. Интенсивность поглощения указанных загрязнений тем больше, чем меньше размер частичек грунта, она увеличивается по мере заиливания промежутков между частицами и понижения коэффициента фильтрации. С гигиенической точки зрения особенно важен вопрос о поглощении почвой бактерий. Поглощение бактерий происходит под действием механического фактора, поверхностной энергии электрохимических взаимоотношений и зависит от вида бактерий, их подвижности, размеров почвенных частиц, рН среды и пр.

Обезвреживание чужеродного для почвы органического вещества, поступившего со сточными водами или твердыми отбросами (отходами), осуществляется главным образом микроорганизмами, входящими в состав биоорганоминерального комплекса почвы. Углеводы, попавшие в почву с отбросами или сточными водами, в аэробных условиях, благодаря деятельности микроорганизмов, подвергаются превращениям, в результате которых происходит синтез гликогена микробной клетки, образуются вода и CO_2 , а также выделяется энергия.

5.3 Классификация твёрдых отходов

В нашей стране, как и во всём мире, образуется огромное количество твёрдых отходов (десятки миллиардов тонн). Отвалы, свалки и полигоны для твёрдых отходов занимают около 1 млн. га земли. Твёрдые отходы содержат много ценных веществ, которые зачастую легче добыть из отходов, чем из первичного сырья. Кроме того, при сжигании мусора отходы засоряют атмосферу, поверхностную и подземную воду и, конечно, почву.

В соответствии с принятой в нашей стране классификацией (ГОСТ 25916–83) твердые отходы подразделяются на отходы производства и отходы потребления.

Основными отходами производства являются:

отходы черных и цветных металлов;

отходы добычи и обогащения полезных ископаемых; зола, шлаки и углесодержащие отходы;

отходы, содержащие пластмассы и полимеры;

отходы, содержащие хлопчатобумажные, шерстяные, шелковые и синтетические волокна;

отходы, содержащие резину; отходы, содержащие асбест;

отходы стекла и строительных материалов;

отходы, возникающие при переработке древесины; отходы кожи и меха;

отходы пищевых производств;

отходы сельскохозяйственного производства. К основным отходам потребления относятся:

изношенные текстильные материалы;

макулатура (отходы бумаги и картона, в том числе тара); бой стекла;

изношенные резино- и асбестосодержащие изделия; изношенные изделия из пластмасс (в том числе тара); изношенные изделия из кожи;

вышедшие из употребления изделия из древесины;

металлические амортизированные изделия (в том числе тара); отходы жилищно-коммунальные (в том числе пищевые);

твердые продукты, улавливаемые на очистных сооружениях и установках.

В зависимости от объёма отходы делятся на крупнотоннажные и малотоннажные. Например, ил после использования в аппаратах биологической очистки воды на нефтеперерабатывающем заводе является крупнотоннажным отходом.

Отходы могут быть дорогостоящими и дешевыми, в частности отходы после регенерации катализатора являются дорогостоящими, а шлак после металлургической печи – дешевым. По влиянию на окружающую среду различают вредные и безвредные отходы.

Помимо промышленных отходов в жилых массивах образуется много твердых бытовых отходов (ТБО). Так, на одного человека их приходится до 300 кг в год. Проблема ТБО особенно актуальна в больших городах. В состав ТБО: бумага и картон - 28,8 %; металлы - 5,7 %; пищевые отходы - 28,5 %; пластмасса - 5,1 %; текстиль - 3,1 %; стекло - 4,4 %; горючие материалы - 1,8 %; инертные материалы - 3,4 %; отсев (мелкие частицы менее 15 мм) - 19,2%.

Основными поставщиками твердых отходов (кроме ТБО) являются: энергетика (зола и шлаки, образующиеся при сжигании твердого топлива); черная и цветная металлургия (шлаки, формовочная земля, коксовые остатки); угледобывающая промышленность (отвалы); деревообрабатывающая отрасль хозяйства (опилки, стружки); химическая промышленность (химические вещества в широком ассортименте, в том числе фосфогипс и др.).

По физико-химическим свойствам состав твердых отходов весьма разнообразен: от очень активных, токсических (соединения мышьяка, фтора, фосфора, ртути) до инертных (мел, гипс, глинозем) веществ.

Отрицательное влияние твердых отходов на окружающую среду весьма значительно. В населенных пунктах твердые отходы накапливаются на санкционированных (убираемых) свалках, которые состоят на учёте санитарно-эпидемиологических служб и закреплены за конкретными предприятиями, организациями и службами. Гораздо более опасными являются несанкционированные (бесконтрольные) свалки, которые, несмотря на штрафные санкции, тем не менее, повсеместно возникают. Именно поэтому специалисты-экологи должны уделять им особое внимание.

5.4. Использование и переработка крупнотоннажных промышленных отходов

Количество накопленных и ежегодно образующихся крупнотоннажных промышленных отходов исчисляется миллиардами тонн. Поэтому проблема их использования и переработки является чрезвычайно важной.

Крупнотоннажные промышленные отходы используются в настоящее время для рекультивации нарушенных земель, планировки территорий, отсыпки дорог, дамб, в производстве строительных материалов, в сельском хозяйстве, а также в качестве технологического и бытового топлива.

Кроме того, почти для всех видов отходов разрабатываются новые технологии переработки в целях получения того или иного вида продукции.

Применение крупнотоннажных отходов для рекультивации земель. Ежегодно в нашей стране образуется около 3 млрд. тонн вскрышных пород - отходов угледобывающей промышленности и добычи руд для чёрной и цветной металлургии. В настоящее время использование этих отходов незначительно – около 10 % от их объёма. Однако в дальнейшем этот показатель будет значительно увеличиваться, так как использование вскрышных пород очень выгодно: эксплуатационные затраты на получение 1 м³ щебня из отходов в 2- 2,5 раза ниже, чем на добычу его из карьеров. Рекультивация нарушенных земель является обязанностью горнодобывающих предприятий и закреплена за ними законодательно.

Применение отходов в производстве строительных материалов. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, это единственная отрасль, которая уже сейчас способна использовать целый ряд многотоннажных отходов и побочных продуктов других отраслей (химической, производства минеральных удобрений, чёрной и цветной металлургии, гальванического производства и др.). Многие виды промышленных отходов по своим свойствам и химическому составу близки к природному сырью, используемому в данной отрасли, и могут служить его полноценной и недорогой заменой. Примером может служить использование отходов энергетики – золы и шлаков ТЭЦ.

Зола и шлаки ТЭЦ представляют собой источник сырьевых ресурсов для производства строительных материалов. Они содержат 53 % SiO₂, 24 % Al₂O₃, 10 % Fe₂O₃ и FeO, 2 % CaO, 1 % MgO, 4% оксидов щелочных металлов и 6 % несгоревшего топлива.

Зола представляет собой тонкодисперсный материал, который без предварительного помола можно использовать в качестве добавки к цементу, газобетону, керамзитобетону, силикатному кирпичу, а также при производстве глиняного кирпича. Кусковой шлак используется в качестве заполнителя бетона в дорожном строительстве. Золошлаковые смеси могут применяться и как вяжущие вещества.

При использовании отходов энергетики для производства строительных материалов возникает ряд технических, экономических и организационных проблем. В первую очередь целесообразно принимать отходы углеобогащения, золу и шлаки ТЭЦ, доменные шлаки черной металлургии, бой керамического кирпича.

Отходы угледобывающей, лесной и деревообрабатывающей промышленности, а также сельского хозяйства применяются в качестве топлива в промышленности и в быту. Например, представляют интерес горячие отходы деревообрабатывающей промышленности, а также биогаз, получаемый при захоронении мусора.

Применение отходов в сельском хозяйстве. Некоторые крупнотоннажные отходы (фосфогипс, пиритные огарки, отходы

производства калийных удобрений) используются в сельском хозяйстве. Например, фосфогипс (отход производства фосфорной кислоты из фосфатного сырья) применяется для мелиорации солонцовых почв, а также как удобрение, содержащее многие ценные элементы (Ca, S, P, Fe, Al, Mg, органические вещества); пиритный огарок (отход процесса обжига колчедана) используется в качестве медьсодержащего удобрения; глинистые шламы и пыль, образующиеся при производстве хлорида калия, применяются как удобрения, содержащие калий и различные микроэлементы.

Использование отходов в сельском хозяйстве имеет свои сложности, поскольку наряду с полезными элементами они содержат и вредные примеси. Так, в фосфогипс переходит некоторое количество фтора из исходного апатита. В пиритных огарках в зависимости от состава исходного сырья могут присутствовать тяжелые металлы, мышьяк, селен.

5. 5 Обезвреживание и захоронение токсичных отходов

Обезвреживание и захоронение токсичных промышленных отходов является экологической необходимостью. Это сложное дело, требующее больших капитальных и эксплуатационных затрат. В развитых странах количество токсичных отходов на одного человека в год составляет 70 кг, а стоимость обезвреживания одной тонны 500 долл. США. Обезвреживание и захоронение производятся на специальных полигонах, которые предусматриваются при разработке планов и проектов территорий, расположенных вблизи крупных городов.

Строительство и эксплуатация полигонов осуществляются в соответствии с «Санитарными правилами проектирования, строительства и эксплуатации полигонов захоронения не утилизируемых отходов» и Санитарными нормами и правилами (СНиП 1.02.28-85) «Основные положения по составу проекта полигона по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов».

Полигоны для обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов являются природоохранными сооружениями. Они предназначены для регулярного централизованного сбора, удаления, обезвреживания и захоронения неиспользуемых токсичных отходов и некондиционных продуктов (веществ) промышленных предприятий и научно-исследовательских организаций и учреждений, расположенных в одной или нескольких промышленных зонах.

В состав полигона должны входить три основные группы объектов.

1. Завод (или ряд установок) по обезвреживанию токсичных промышленных отходов, предназначенных для сжигания или физико-химической переработки отходов с целью их полного обезвреживания или снижения токсичности (класса опасности), перевода в нерастворимые формы, обезвреживания или сокращения объёма отходов, подлежащих захоронению.

2. Участок для захоронения отходов, представляющий собой специально выбранную и подготовленную территорию, на которой располагаются оборудованные котлованы, где складировются группы токсичных твердых отходов.

3. Гараж специализированного парка автомашин, предназначенных для транспортировки токсичных отходов.

Полигон должен размещаться в обособленных, свободных от застройки, хорошо проветриваемых местах таким образом, чтобы можно было легко осуществить мероприятия, исключающие загрязнение окружающей среды населенных пунктов, зон массового отдыха людей и источников питьевого водоснабжения (открытых водоемов, водохранилищ и подземных вод).

При создании полигона особое внимание уделяется проектированию дождевой и хозяйственно-бытовой канализации, а также дренажа. Общая система канализации полигона должна быть бессточной. На полигон не принимаются вещества, которые можно обезвредить средствами предприятия, радиоактивные отходы (для них существуют специальные хранилища) и нефтепродукты, которые можно регенерировать.

Способ обезвреживания и захоронения отходов зависит от агрегатного состояния, водорастворимости и класса опасности веществ и их соединений. Класс опасности отходов, подлежащих захоронению, определяется в соответствии с методическими рекомендациями, разработанными Минздравом России.

Существует четыре класса опасности веществ и их соединений:

1-й класс – чрезвычайно опасные, 2-й – высокоопасные, 3-й – умеренно опасные, 4-й – малоопасные.

К 1-му классу относятся такие вещества, как сулема, ртуть, бенз-а-пирен, хром, оксид мышьяка, цианистый калий, треххлористая сурьма; ко 2-му – хлористая медь, азотнокислый свинец, трёхокись сурьмы и др. Оксид свинца, никель, сульфат меди, четырёххлористый углерод составляют 3-й класс; сульфат марганца, фосфаты, хлориды – 4-й класс.

На все отходы, ввозимые на полигон, должны быть представлены паспорт с указанием состава отходов и краткое описание требований безопасности при обращении с ними на полигоне (захоронении или сжигании). На полигоне отходы взвешивают и отбирают пробы для определения их состава. На контрольном талоне паспорта ставится штамп «Отходы приняты». Контрольный талон возвращается на предприятие, а паспорт остается на полигоне как документ для финансовых расчётов и статистический материал для определения количества и состава принятых отходов.

Схема работы полигона должна предусматривать следующие основные мероприятия, позволяющие регулярно и организованно, с соблюдением мер безопасности удалять не утилизируемые токсичные отходы, обезвреживать их и надежно захоранивать, обеспечивая защиту окружающей среды:

организацию сбора не утилизируемых токсичных отходов на предприятиях-поставщиках,
организацию транспортировки токсичных отходов на полигон;
организацию приема токсичных отходов на полигоне, их обезвреживание и захоронение.

В настоящее время наиболее распространенными методами обезвреживания токсичных отходов являются:

для отходов органического происхождения – сжигание при высоких температурах (при снижении температуры процесса возможно выделение суперэкоотоксикантов);

для неорганических отходов – физико-химическая обработка в несколько стадий, которая способствует образованию безвредных, в большинстве случаев нейтральных и нерастворимых в воде соединений.

5.6. Установки для обезвреживания твёрдых отходов

Количество и состав твердых отходов зависят от вида производства, сырья, из которого получены готовые продукты, уровня технологии и т. д. Многие твердые отходы являются вторичными материальными ресурсами и подлежат переработке в готовую продукцию. В тех случаях, когда требуется удалять влагу из таких отходов, используют тепловую сушку.

Термическое обезвреживание производят прямым сжиганием или пиролизом (высокотемпературное разложение без доступа воздуха) твердых отходов. Сжиганию подвергают полимерные материалы (пластмассы, смолы, резину), органические вещества с температурой плавления более 30-40 °С, текстильные отходы и др. Теплота сгорания горючих отходов составляет 11600-18 600 кДж/кг. Для сжигания требуется избыток воздуха от 40 до 100% по сравнению со стехиометрическим количеством. При сжигании органическая часть отходов превращается в газообразные вещества: CO₂, N₂, NO_x, H₂O, HF, HCl, SO₂ и др. Минеральные вещества остаются в золе. Целесообразно проводить сжигание отходов с получением новых продуктов, которые можно использовать в производственном цикле в качестве сырья или промежуточных продуктов. Выделяющееся тепло необходимо использовать для получения пара.

Для сжигания и пиролиза твёрдых отходов используют печи разных конструкций. Наиболее широкое применение нашли барабанные, камерные, многоподовые, циклонные печи и печи с псевдоожиженным слоем.

Барабанная печь представляет собой наклонный стальной цилиндр длиной 15-20 м, футерованный изнутри огнеупорным материалом. Частота вращения барабана 0,8-2 мин⁻¹. Недостатки печей: громоздкость, большая металлоемкость, высокие капитальные и эксплуатационные расходы.

Многоподовая печь представляет собой цилиндрическую камеру диаметром 3-7 м и высотой 4-15 м с 5-12 огнеупорными подами. Осадок движется сверху вниз через отверстия в подах. Дымовые газы движутся навстречу. По оси печи расположен полый вал, вращающийся с частотой 0,5-

0,35 мин-1. К валу крепятся мешалки с зубьями для перемешивания осадка. Вал и отводы охлаждаются воздухом. Недостатки печей: необходимость применения дорогостоящих жаростойких чугунов, высокие эксплуатационные и капитальные затраты, наличие вращающихся элементов в зоне высоких температур, низкие удельные тепловые и весовые нагрузки топочного объёма.

В печах с псевдоожиженным слоем в качестве инертного материала используют песок или фторопласт. Высота псевдоожиженного слоя составляет 0,5-1,5 м. Газы очищаются от пыли в циклоне или мокром фильтре.

Литература

1. *Калыгин В.Г., Попов Ю.П.* Порошковые технологии - экологическая безопасность и ресурсосбережение. М. Изд-во МГАХМ, 1996. 212 с.
2. *Чехов О.С., Назаров В.И., Калыгин В.Г.* Вопросы экологии в стекольном производстве. М : Легпромбытиздат, 1990 144 с.
3. *Калыгин ВТ.* Вторичная переработка стеклобоя: технологии, оборудование, товарная продукция и экологическая безопасность//Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности. СПб.: Изд-во БГТУ, 1998. Т. 2. С, 575-576.
4. Патент РФ № 2081858. Способ получения стеклянных микрошариков/Будое В.В., Калыгин В.Г., Гусев Г.В и др Регистрация 20.06.97. Приоритет 21.10.93.
5. Каталог «Промышленное оборудование для очистки воздуха». М.: Элстат, 1997.
6. *Преображенская Л.Б., Зарубин В.А., Никандрова А.В.* Популярно о ядерной энергетике. М.: ИздАТ, 1993. 48 с.
7. Утилизация плутония оружейного качества. Проспект НИИАР. Димитровград- 10- ГНЦРФ НИИАР, 1998.
8. *Пушкин И.А.* Проблемы уничтожения (утилизации) химического оружия в Российской Федерации//Экология и промышленность России. 1998 Декабрь. С. 37—40.
9. *Смирнов ПЛ.* Оборудование для производства баллиститных порохов по шне- ковой технологии и зарядов из них. М.: Изд-во МГАХМ, 1997. 192 с.
- 10.10 Шик А. Психологическая акустика в борьбе с шумом/Под общ. ред. *Н.И. Иванова.* СПб: Изд-во БГТУ, 1995. 224 с.
- 11.*Иванов Н.И.* Проблема акустического загрязнения окружающей среды//Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности. СПб.: Изд-во БГТУ, 1998. С. 60-71.
- 12.*Рудаков М.Л.* Электромагнитные поля и безопасность населения. СПб.: Русское географическое общество. 1998. 32 с.
- 13.Методические указания № 4.3.044-96. Определение уровней электромагнитного поля, границ санитарно-защитных зон и ограничения застройки в местах размещения передающих средств радиовещания и радиосвязи кило-, гекто- и декаметров- вого диапазонов. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996,
- 14.Санитарные правила и нормы № 2.2.2.542-96. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.
- 15.К а л ы г и н В.Г. Промышленная экология. Курс лекций. - М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. - 240 с.

Электронное учебное издание

Инна Николаевна Хлобжева
Наталья Александровна Соколова

Промышленная экология

Учебное пособие

Электронное издание сетевого распространения

Редактор Матвеева Н.И.

Темплан 2018 г. Поз. № 4.

Подписано к использованию 19.10.2018. Формат 60x84 1/16.
Гарнитура Times. Усл. печ. л. 4,0.

Волгоградский государственный технический университет.
400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корп. 1.

ВПИ (филиал) ВолгГТУ.
404121, г. Волжский, ул. Энгельса, 42а.