

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОУ ВПО ЛНР «ЛУГАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ТАРАСА ШЕВЧЕНКО»**

Е.И. Верех-Белоусова

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ



Учебное пособие
для студентов очной формы обучения
по направлению подготовки
20.03.01 «Техносферная безопасность».

Луганск
2019

УДК 502/504 (075.8)

ББК 22.18Я73

В31

Рекомендовано к печати Ученым советом Луганского национального университета имени Тараса Шевченко в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» (протокол № 8 от 29 марта 2019 г.).

Рецензенты:

- Харламова А.В.** – доцент кафедры экологии и техносферной безопасности ФГБОУВО «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I», кандидат технических наук;
- Сильчева А.Г.** – доцент кафедры физики и нанотехнологий ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», кандидат физико-математических наук, доцент;
- Киреева Е.И.** – доцент кафедры технологий производства и профессионального образования ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», кандидат технических наук.

Верех-Белоусова Е.И.

- В31 Промышленная экология :** учебное пособие / Е.И. Верех-Белоусова; ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко».– Луганск: Изд-во «Ноулидж», 2019. – 135с.

Учебное пособие подготовлено на кафедре безопасности жизнедеятельности, охраны труда и гражданской защиты Луганского национального университета имени Тараса Шевченко.

В учебном пособии рассмотрены вопросы воздействия различных отраслей промышленности на окружающую среду и основные мероприятия по ее защите. Главный акцент в данном пособии сделан на промышленность Луганщины, рассмотрены методы и способы охраны водных ресурсов, атмосферного воздуха, рационального использования земель и методы контроля природоохранной деятельности в регионе.

Учебное пособие составлено в соответствии с разделами рабочей программы учебной дисциплины «Промышленная экология» для студентов по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», научных сотрудников, специалистов, преподавателей, студентов и аспирантов, сфера деятельности которых связана с промышленной экологией, техносферной безопасностью и охраной окружающей среды региона.

УДК 502/504 (075.8)

ББК 22.18Я73

© Верех-Белоусова Е. И.

© ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко»

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Раздел 1. Понятие промышленной экологии	6
1.1 Необходимость формирования промышленной экологии как науки ..	6
1.2 Предмет и задачи промышленной экологии	8
1.3 Понятие промышленности и классификация отраслей промышленности.....	11
Раздел 2. Загрязнение окружающей среды промышленностью	15
2.1 Понятие загрязнения среды	15
2.2 Нормирование загрязнений	18
2.3 Загрязнение атмосферы	26
2.4 Загрязнение атмосферного воздуха в Луганщине	31
2.5 Загрязнение гидросферы	33
2.6 Проблемы загрязнения вод в Луганщине	38
2.7 Загрязнение почв и литосферы отходами промышленности	40
2.8 Проблемы недр и загрязнения почв в Луганщине	47
Раздел 3. Природоохранная деятельность предприятий	50
3.1 Понятие природоохранной деятельности предприятий.....	50
3.2 Контроль качества окружающей среды	52
3.3. Экологический паспорт предприятия	54
3.4 Методы и способы очистки отходящих газов и пылегазовых выбросов на предприятиях	56
3.5 Методы и способы очистки промышленных сточных вод	76
3.6 Рекультивация нарушенных земель	99
Раздел 4. Экологизация производств	103
4.1 Антропогенный ресурсный цикл	103
4.2 Экологизация производств	105
4.3 Малоотходные технологии и переработка отходов	107
Раздел 5. Оценка ущерба и возмещения убытков в результате загрязнения природной среды промышленностью	112
5.1 Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды	112
5.2 Оценка ущерба и возмещение убытков в результате сброса загрязняющих веществ в пресноводные водоемы	113
5.3 Оценка ущерба и возмещение убытков в результате загрязнения атмосферного воздуха	115
5.4 Расчет плат за загрязнение земель химическими веществами и несанкционированными свалками отходов	118
Раздел 6. Международное сотрудничество в сфере охраны природы	122
Заключение	125
Библиографический список	126
Приложения	129

ВВЕДЕНИЕ

«Человек совершил огромную ошибку, когда возомнил, что может отделить себя от природы и не считаться с её законами»

В.И. Вернадский

На сегодняшний день, без преувеличения, проблема охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов является стратегической глобальной проблемой, требующей как можно скорейшего ее решения.

Взаимоотношения человека и природы в последние столетия строились непросто. А в XXI веке человечество более остро ощутило свой конфликт с природой, так как добывая все больше природных ресурсов и наращивая производственный потенциал, с одной стороны, человек получает больше возможностей для удовлетворения своих постоянно растущих потребностей, а с другой – ухудшает этим окружающую среду, углубляя экологический кризис.

Именно поэтому, современная экология одной из основных своих задач ставит задачу оптимизации сосуществования человека и природы, т.е. техносферы и биосферы. Такая оптимизация должна сопровождаться минимальными ущербами, которые оказываются на окружающую среду, растительный и животный мир, предотвращения роста «экологически зависимых» заболеваний человека и т.п. Все это может быть достигнуто только за счет регламентации промышленной деятельности человечества, для чего, в свою очередь, требуется обязательный набор экологических знаний, убежденность в необходимости решительных и незамедлительных действий в области экологизации производств, охраны природы и рационального использования природных ресурсов. В чем немаловажную роль играет экологическое образование.

Одной из областей экологических знаний и является промышленная экология. Данная дисциплина направлена на проведение исследований, связанных с разработкой и внедрением средозащитных и ресурсосберегающих мероприятий, различных видов новой средозащитной техники, экологически чистых или малоотходных технологических процессов, производств и производственных комплексов; разработки проектов строительства промышленных предприятий, отдельных производств, производственных комплексов и других объектов, оказывающих влияние на уровень использования природных ресурсов и качество окружающей среды; грамотной эксплуатации технологических процессов, производств и промышленных объектов, городских и региональных средозащитных предприятий и комплексов по обезвреживанию, переработке (утилизации) и хранению отходов.

Целью освоения дисциплины «Промышленная экология» является формирование способности понимать экологическую сущность производственных процессов и использовать основные экологические принципы в производственно-технологической деятельности.

«Промышленная экология» является дисциплиной вариативного цикла для подготовки студентов по направлению обучения 20.03.01 «Техносферная безопасность».

Настоящее учебное пособие дает изложение учебного материала, отличаясь доступностью его подачи, концентрированным освещением конкретных проблем, связанных с производственной и природоохранной деятельностью человека.

Представленный учебный материал включает достижения теории и практики современной науки в области экологии, охраны окружающей среды, экологической токсикологии и нормирования антропогенной нагрузки по теоретическим разделам учебного курса дисциплины «Промышленная экология».

Содержание учебного пособия тесно связано практически со всеми специальными дисциплинами; косвенные связи проведены с рядом общенаучных и других дисциплин учебного плана.

1.1 НЕОБХОДИМОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ КАК НАУКИ

Отношения человека с окружающей средой всегда складывались не просто. Человечество в своем развитии на каждом его этапе оказывало настолько интенсивное воздействие на природу, что на сегодняшний день мы имеем большое количество глобальных экологических проблем, большинство из которых являются пока неразрешимыми. И одной из таких проблем является проблема загрязнения природной среды отходами промышленности.

Так когда же человек задумался над проблемой сохранения окружающей среды и что же такое «Экология»? Определение «Экология» впервые было предложено немецким ученым-биологом Э. Геккелем в 1866 году. В книге «Всеобщая морфология» под термином «Экология» (от лат. *ойкос* – дом и *логос* – наука) Э. Геккель понимал «Общую науку об отношениях организмов с окружающей средой, куда мы относим в широком смысле все «условия существования».

Вообще проблемы взаимоотношения человека и природы занимали умы философов, исследователей и ученых с древних времен. Например, философ Анаксимандр (VI–V века до н.э.) стал автором первого философского трактата «О природе»; индийский император Ашока разработал декреты (эдикты) об охране рыб, животных и лесов. У нас, во времена Киевской Руси существовали территории, предназначенные для охраны и восстановления охотничьих и промысловых видов животных и птиц. Охрана природных объектов в «займищах», «потешных лугах», «ловчих лесах» осуществлялась исключительно в хозяйственных или развлекательных целях (добыча меха, ловчих птиц, княжеские охоты и т.п.). Впоследствии в Российской Империи во время правления Петра I распространились указы по заповеданию пригородных, прибрежных и «корабельных» (т.е. по качеству древесины годных к кораблестроению) лесов. Указами Петра I также запрещалась охота на период с начала марта по конец июля и рыбная ловля в местах нерестилищ. За нарушение указов предусматривались весьма жестокие санкции.

Французский философ О. Конт (IXX век) рассматривал систему «география человека – экология человека – социология». И особое внимание заслуживают труды выдающихся отечественных ученых XX века: В.И. Вернадского, Д.С. Лихачева, В.П. Казначеева, Н.Ф. Реймерса, Н.Н. Моисеева, В.А. Легасова, Ю.А. Израэля, В.В. Данилова-Данильяна, А.В. Яблокова и других современных ученых, которые стали авторами

основополагающих идей, заложенных в фундамент системы безопасного развития техносферы.

Из зарубежных ученых наиболее популярны труды Ю. Одума, Э. Планки, Э. Бигона, Г. Доусона, Б. Мерсера, В. Маршалла, Б.Коммонера и других ученых [1].

Предложенная этими учеными система безопасного развития техносферы переводит экологию, как науку, изучающую взаимоотношения живых организмов между собой и с окружающей средой на другой, более прикладной уровень. Потому что именно к концу XX века человечество стало осознавать масштабы своего воздействия на окружающую среду, которое выражается в загрязнении всех природных сред (гидросферы, атмосферы, педосферы и литосферы) и биосферы в целом, истощения большинства природных ресурсов, уменьшение запасов пресной воды, исчезновения видов растений и животных и т.п.

Таким образом, научная экологическая мысль была направлена на создание новой, прикладной экологии, в которой тесно связаны классическая экология и естественные науки, такие как физика, химия, геология, математика, география и др. Кроме того, прикладная экология не может быть отделена от таких наук, как право и экономика, поскольку в современном мире уже недостаточно одних только лозунгов о необходимости сохранения природы, так как только конкретные действенные меры правового характера и экономические санкции в виде нормативов, штрафов и выплаты ущербов могут помочь сохранить окружающую среду и минимизировать негативное воздействие техносферы на природу.

Современная кризисная ситуация требует экологизации всех форм человеческой деятельности, учета законов и условий природы и экологии в целом. В наше время наблюдается бурная экологизация различных технических дисциплин. Под *экологизацией технологических дисциплин* необходимо понимать процесс непрерывного и последовательного внедрения систем технологических, управленческих и иных решений, которые позволяют повышать эффективность использования природных ресурсов совместно с улучшением или, хотя бы с сохранением существующего качества природной среды на локальном, региональном и глобальном уровнях [2].

Существует также понятие «*экологизации технологий производства*», сущность которого состоит в применении мер по предупреждению негативного влияния производственного процесса на окружающую среду. *Экологизация технологий* достигается путем разработки малоотходных технологий с минимумом вредных веществ на выходе.

В.Г. Калыгин дает такие определения «Экологизации» и «Экологизации технологий» [4].

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.

Экологизации 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.

Таким образом, под *прикладной экологией* следует понимать дисциплину, которая изучает механизм разрушения человеком биосферы, способы противостояния этим процессам, разработки принципов рационального использования природных ресурсов и экологизации технологий без деградации окружающей среды.

Благодаря этому сформировалась так называемая «современная экология», которая изучает взаимодействие человека, техносферы и биосферы, общественного производства с окружающей его природной средой и другие проблемы. Современная прикладная экология включает разные направления, в частности: охрану окружающей среды, промышленную экологию, инженерную экологию и экологическую безопасность [1; 3].

Таким образом, промышленная экология является одним из направлений прикладной экологии.

? *Вопросы для обсуждения:*

- 1. Перечислите основные исторические аспекты взаимоотношения человека и природы.*
- 2. Назовите основные предпосылки необходимости формирования промышленной экологии, как науки.*
- 3. Что такое «экологизация»?*
- 4. Дайте определение современной экологии.*

1.2 ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Существует несколько определений промышленной экологии. Например, Н.Ф. Реймерс [5] дает следующее определение:

«Промышленная экология – это дисциплина, рассматривающая воздействие промышленности (от отдельных предприятий до техносферы) на природу и наоборот, – влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов».

Большинство специалистов считают, что наиболее полно содержание дисциплины отражено В.А. Зайцевым (1999), который

считал, что *промышленная экология рассматривает (изучает) взаимосвязь (и взаимозависимость) материального, в первую очередь промышленного, производства, человека и других живых организмов и среды их обитания, то есть предметом изучения* промышленной экологии являются эколого-экономические системы [6].

Одной из главных *задач* промышленной экологии является нахождение путей для рационального использования природных ресурсов, предотвращения их истощения, деградации и загрязнения окружающей среды, а в конечном итоге – совмещение техногенного и биогеохимического круговоротов веществ. Иными словами – это соединение техносферы и биосферы.

Промышленная экология – функциональная дисциплина, так как наряду с установлением структуры и законов развития эколого-экономических систем, предметом исследования промышленной экологии является установление динамических связей внутри них, т.е. функционирование подобной (эколого-экономической) системы как единого целого. Методологической основой промышленной экологии служит системный подход с учетом всего многообразия экономических, биологических, социальных, технологических и других связей, их разнообразия и соподчинения [7].

Выполнение основной задачи промышленной экологии, т.е. соединения техносферы и биосферы, что в ожидаемом финале должно привести к рациональному использованию природных ресурсов и сохранению окружающей среды, является не простой задачей.

Антропогенная деятельность затрагивает все без исключения среды планеты и даже околоземное (космическое) пространство, вызывая тем самым все большее количество опасностей. И основные опасности созданы человеком в техносфере. Большинство современных людей проводит свое время именно в техносфере (город и городское жилье (технически оборудованные жилищные условия), промышленное производство, транспорт и др.), чем, с одной стороны, облегчает себе существование, а с другой – значительно ухудшает.

Так, на ранних стадиях своего развития, даже при отсутствии технических средств, человек непрерывно испытывал воздействие негативных факторов естественного происхождения: пониженных и повышенных температур воздуха, атмосферных осадков, контактов с дикими животными, стихийных явлений и т.п. В условиях современного мира к естественным прибавились многочисленные факторы техногенного происхождения: вибрации, шум, повышенная концентрация токсичных веществ в воздухе, водоёмах, почве; электромагнитные поля, ионизирующие излучения и другие антропогенные опасности [8].

Антропогенные опасности во многом определяются наличием отходов, неизбежно возникающих при любом виде деятельности человека в соответствии с законом о неустранимости отходов или побочных воздействий производств: «В любом хозяйственном цикле образуются

отходы и побочные эффекты, они не устранимы и могут быть переведены из одной физико-химической формы в другую или перемещены в пространстве». Отходы сопровождают работу всех видов промышленного и сельскохозяйственного производств, средств транспорта, использования различных видов топлива при получении энергии, жизни людей и т.п. Они поступают в окружающую среду в виде выбросов в атмосферу, сбросов в водоёмы, производственного и бытового мусора, потоков механической, тепловой и электромагнитной энергии и т.п. Количественные и качественные показатели отходов, а также регламент обращения с ними определяют уровни и зоны возникающих при этом опасностей.

Промышленная экология изучает не только влияние деятельности человека (или техносферы) на окружающую среду, но и эколого-экономические системы в целом, их структуру и потоки, соизмеряет производственные и природные потенциалы.

Как было уже сказано, любое промышленное производство не только потребляет природные ресурсы, но и выделяет отходы переработки этих ресурсов в окружающую среду. Потоки «на входе» и «на выходе» не одинаковы. Так, некоторые отрасли промышленности (например, угледобывающая, металлургическая и др.) на 1 т готовой продукции образуют от 0,4 до 0,85 т отходов.

Человек и окружающая его среда гармонично взаимодействуют и развиваются лишь в условиях, когда потоки энергии, вещества и информации находятся в пределах, благоприятно воспринимаемых человеком и природной средой. Любое превышение привычных уровней потоков сопровождается негативными воздействиями на человека и/или природную среду.

Изменяя величину любого потока от минимально значимой до максимально возможной, можно пройти ряд характерных состояний взаимодействия в системе «человек–среда обитания»:

– *комфортное* (оптимальное), когда потоки соответствуют оптимальным условиям взаимодействия: создают оптимальные условия деятельности для человека, гарантируют сохранение его здоровья и целостности окружающей природной среды;

– *допустимое*, когда потоки, воздействуя на человека и окружающую среду, не оказывают негативного влияния на здоровье, но приводят к дискомфорту, снижая эффективность деятельности человека и природных сред; соблюдение условий допустимого взаимодействия гарантирует невозможность возникновения и развития необратимых негативных процессов у человека и в природной среде;

– *опасное*, когда потоки превышают допустимые уровни и оказывают негативное воздействие на здоровье человека, вызывая при длительном воздействии заболевания, и/или приводят к деградации природной среды;

– *чрезвычайно опасное*, когда потоки высоких уровней за короткий период времени могут нанести травму человеку или привести к летальному исходу, вызвать разрушения в природной среде.

Промышленная экология помогает определять характер взаимодействия техносферы и биосферы, а также определять потоки веществ и энергий, поступающих в производственный цикл и выделяемых обратно, в окружающую среду.

? Вопросы для обсуждения:

1. Дайте определение современной экологии.
2. Что является основной задачей промышленной экологии?
3. Охарактеризуйте современную антропогенную деятельность?
4. Дайте ряд характерных состояний взаимодействия в системе «человек–среда обитания».

1.3 ПОНЯТИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Современный эколог и инженер в сфере техносферной безопасности должен понимать, что научно-технический прогресс растет в геометрической прогрессии и на сегодняшний день человеческое общество живет в период третьей промышленной революции – промышленности наукоемких технологий, которые кардинально меняют не только промышленность, но и мировоззрение человека.

Человеку всегда, во все времена хотелось удовлетворять свои потребности и именно поэтому возникла промышленность, т.е. промышленное производство создающее необходимые для удовлетворения потребностей человека материальные блага.

Существует немало определений промышленности. Мы же рассмотрим промышленность с точки зрения потребления природных ресурсов для удовлетворения потребностей человека, т.е. с точки зрения инженера-эколога.

Известный ученый-эколог Н.Ф. Реймерс [5] дает следующее определение промышленности: *«Промышленность – это отрасль материального производства, создающая средства производства (группа А) и большую часть предметов потребления (группа Б)».*

Более широкое понятие промышленности многими авторами определяет ее как *важнейшую отрасль экономического сектора любой страны (или значимую отрасль народного хозяйства), взаимосвязанную со всеми отраслями хозяйственного комплекса и имеющую решающее влияние на уровень экономического развития общества, подразделяясь на две большие группы – добывающую и обрабатывающую.* Промышленность

охватывает добычу и переработку сырья и энергии, создание средств производства, большинства товаров личного и производственного применения, оказание различных услуг, иными словами она охватывает и удовлетворяет практически все материальные потребности человека.

Именно поэтому промышленность классифицируется по определенным отраслям.

Классификация отраслей промышленности – это утвержденный в установленном порядке перечень отраслей промышленности, обеспечивающий сопоставимость показателей для планирования, учета и анализа развития промышленности [9].

Научно обоснованная классификация отраслей промышленности имеет важное значение для правильного планирования промышленного производства и обеспечения определенной пропорциональности в его развитии.

В основу классификации отраслей промышленности положены следующие принципы:

- экономическое назначение производимой продукции;
- характер функционирования продукции в процессе производства;
- однородность применяемого сырья, общность технологических процессов и технологической базы производства;
- характер воздействия на предмет труда и др.

Наиболее важным принципом классификации отраслей является экономическое назначение производимой продукции. В соответствии с этим вся промышленность делится на две большие группы:

- отрасли, производящие средства производства (группа «А»);
- отрасли, производящие предметы потребления (группа «Б»).

В практике планирования и учета продукции отдельных отраслей промышленности к группе «А» или к группе «Б» относят, как правило, продукцию по признаку фактического ее использования, и лишь в некоторых случаях – по признаку преимущественного назначения.

По характеру функционирования продукции в производственном процессе вся промышленность делится на отрасли, которые производят элементы *основных фондов*, элементы *оборотных фондов* и *предметы потребления*.

На практике широко используется классификация отраслей промышленности, предусматривающая их объединение в крупные комплексные отрасли по одному из следующих однородных признаков:

- целевому назначению производимой продукции;
- общности исходного сырья, родственности применяемой технологии.

Классификатор отраслей народного хозяйства предусматривает выделение в промышленности 16 комплексных отраслей, представляющих по существу крупные группы отраслей промышленности:

- 1) электроэнергетика включает 7 отраслей;
- 2) топливная промышленность – 16 отраслей;
- 3) черная металлургия – 11 отраслей;

- 4) цветная металлургия – 36 отраслей;
- 5) химическая и нефтехимическая промышленность – 32 отрасли;
- 6) машиностроение и металлообработка – 136 отраслей;
- 7) лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность – 19 отраслей;
- 8) промышленность строительных материалов – 32 отрасли;
- 9) стекольная и фарфорово-фаянсовая промышленность – 10 отраслей;
- 10) легкая промышленность – 48 отраслей;
- 11) пищевая промышленность – 34 отрасли;
- 12) микробиологическая промышленность – 7 отраслей;
- 13) мукомольно-крупяная и комбикормовая промышленность – 2 отрасли;
- 14) медицинская промышленность – 3 отрасли;
- 15) полиграфическая промышленность – 1 отрасль;
- 16) другие отрасли промышленности – 13 отраслей.

Классификация отраслей промышленности по характеру воздействия на предмет труда делит их на две группы: *добывающие и обрабатывающие отрасли*.

В состав *добывающей промышленности* входят отрасли, в которых осуществляется процесс добычи сырья и топлива из земных недр, лесов, водоемов.

К группе *обрабатывающей промышленности* относятся отрасли, занимающиеся переработкой сырых материалов (сырья).

Важным условием повышения эффективности общественного производства является неуклонное совершенствование отраслевой структуры промышленности. Важнейшими направлениями совершенствования отраслевой структуры промышленности являются:

- опережение темпов роста промышленного производства продукции группы «Б» над группой «А»;
- повышение доли отраслей, обеспечивающих технический прогресс в народном хозяйстве, – электроэнергетики, машиностроения и химической промышленности;
- изменение соотношений между добывающими и обрабатывающими отраслями промышленности в пользу последних;
- коренное изменение структуры топливной промышленности;
- качественные структурные сдвиги внутри черной и цветной металлургии, машиностроения и металлообработки, химической и нефтехимической, лесной, дерево-обрабатывающей, целлюлозно-бумажной, легкой и пищевой промышленности;
- конверсия оборонной промышленности.

Одно из основных направлений совершенствования отраслевой структуры промышленности – обеспечение наиболее рациональных пропорций между группой «А» и группой «Б» и опережающее развитие отраслей, оказывающих непосредственное влияние на технический прогресс во всех сферах народного хозяйства. К числу таких отраслей относятся в

первую очередь электроэнергетика, машиностроение и химическая промышленность. Рост этих отраслей ускоренными темпами обуславливает изменение их доли во всем промышленном производстве. Совершенствование структуры промышленного производства находит свое выражение также в изменении соотношения между отраслями добывающей и обрабатывающей промышленности.

В результате научно-технического прогресса значительно снижается материалоемкость промышленной продукции, более рационально размещаются предприятия добывающей промышленности, в сферу производства вовлекаются новые виды сырья, материалов, изготовленных химическим способом.

Однако при этом не нужно забывать, что внедрение современных технологий в промышленное производство должно учитывать воздействие на природу, т.е. совершенствование природоохранных технологий должно быть регулярным и соответствовать росту научно-технического прогресса как в мире, так и в каждом отдельном государстве.

? Вопросы для обсуждения:

- 1. Дайте определение промышленности.*
- 2. Что такое «классификация отраслей промышленности» и какие принципы положены в основу классификации?*
- 3. Охарактеризуйте группу «А» и группу «Б» промышленности. Чем они отличаются и какие пропорции между ними необходимо соблюдать?*

РАЗДЕЛ 2

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ

2.1 ПОНЯТИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ

Современные объемы промышленного производства и его интенсификация, несмотря на усовершенствование технологии и техники очистки выбросов, сбросов и других отходов, повлекли за собой увеличение общей массы вредных веществ (ВВ), вносимых в природные среды – атмосферу, гидросферу, литосферу и биосферу в целом.

Рост промышленного производства в мире ежегодно увеличивает выбросы в атмосферу вредных газов (CO_2 , CO , оксидов серы и азота, CH_4 , CCl_4 , бенз(альфа)пирена и др.), пыли, токсичных аэрозолей. В гидросферу поступают в огромных количествах промышленные сточные воды, нефть и нефтепродукты, что в совокупности приводит не только к загрязнению вод, но и к их засорению и истощению. Литосфера и педосфера также все более и более претерпевают негативные изменения, выраженные в деформации структуры и ухудшения качества почвенного слоя, уничтожения травяного покрова, изменения естественных ландшафтов местности и целостности верхних слоев литосферы.

В современном мире с ростом населения планеты растут не только объемы промышленного производства но и объемы новых, производимых (синтезируемых) человеком химических веществ, применяемых в военной промышленности (производство всех видов оружия), в сельском хозяйстве (пестициды), в медицине (лекарства), пищевой промышленности (пищевые добавки, консерванты и т.п.) и во всех других отраслях промышленности. Большинство из этих новых, синтезируемых веществ не свойственны для природы, она не успевает к ним адаптироваться, впрочем, также как и человек. Эти вещества не всегда включаются в круговорот вещества и энергии на планете, что приводит к их дальнейшему накоплению в природных средах и отрицательно сказывается не только на самой среде, но и на здоровье человека. Именно поэтому проблема загрязнения окружающей среды является глобально экологической проблемой, справиться с которой человечеству пока не удается.

Для того, чтобы понять масштабы, важность и сложность данной проблемы, необходимо понять, что же такое загрязнение.

Существует несколько определений термина «загрязнение». Например, А.К. Запольский и А.И. Салюк (1998) [10] дают следующее определение: *«Загрязнение – это внесение в окружающую среду или возникновение в ней новых, как правило, не характерных для нее химических и биологических*

веществ и агентов или внесение сверх меры каких-либо уже известных веществ, которые оказывают влияние на природные экосистемы и человека и от которых природа не способна избавиться самоочищением».

Другими авторами [11] дается более широкое определение загрязнения как поступление или появление новых, не характерных для среды физических, химических или биологических веществ, агентов или превышения за рассмотренное время природного, соответствующего среднему за много лет, уровня концентрации названных агентов в среде.

Загрязнение окружающей среды может обуславливаться действием природных сил (извержение вулканов, землетрясения, наводнения, солнечная радиация и пр.). Но **основной** его причиной является интенсивная материальная деятельность людей.

Источниками загрязнения окружающей среды фактически являются все виды материальной деятельности людей. Однако особенно большой вред наносят ей такие отрасли промышленности как угольная, горнодобывающая, металлургическая, химическая, цементная и целлюлозно-бумажная промышленность, электроэнергетика, транспорт, отдельные виды сельскохозяйственного производства, жилищно-коммунальное хозяйство.

Названные отрасли отрицательно влияют практически на всю совокупность сфер окружающей среды – атмосферный воздух, водную среду, почву, недра, растительный и животный мир, но каждая в отдельности наносит определенной среде особенно большой вред.

Вещества, которые являются причиной загрязнения окружающей природной среды называются *загрязнителями* или *поллютантами* (от англ. *pollution* – загрязнение).

Существуют разные принципы классификации загрязнений. По определенным признакам можно выделить такие виды загрязнения:

- по объектам, которые загрязняются (например, загрязнение атмосферы, гидросферы, биосферы, педосферы, литосферы, организма);
- по масштабам распространения (локальные, региональные, глобальные);
- по времени действия (не стойкие, средней продолжительной устойчивости, стойкие);
- в зависимости от участия человека в их появлении (преднамеренные, сопутствующие, аварийно-случайные);
- в зависимости от типа происхождения или источника (механические, физические, химические, биологические).

На рисунке 2.1 представлена наиболее полная схема классификации загрязнений (по В.Г. Калыгину) [1].

На сегодня наиболее масштабными и существенными по своим результатам являются химические загрязнения, так как отходы производства большей частью представлены химическими веществами и соединениям, а также отдельными химическими элементами.



Рисунок 2.1– Классификация загрязнений [1]

По оценке Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) из более чем 6 млн. известных химических соединений практически используется до 600 тыс. соединений. Из них около 40 тыс. обладают вредными для человека свойствами, а около 13 тыс. являются токсичными. Причем любой химический загрязнитель имеет свой порог действия.

Необходимо отметить, что уровень загрязнения среды в регионах зависит от уровня экономического развития государства. Внедрение современных технологий производства, в т.ч. и природоохранных, приводит не только к повышению качества производимой продукции и ее конкурентоспособности на мировом рынке, но и к минимизации негативного воздействия промышленности на окружающую среду, т.е. уменьшению загрязнений.

В Донбассе загрязнение окружающей среды достигает наивысших показателей. Среди главных причин, которые привели к неудовлетворительному состоянию окружающей среды, можно назвать следующие:

– устаревшие технологии производства с высокими энерго- и материалозатратами, которые превышают в 2–3 раза соответствующие показатели в развитых странах;

– высокий уровень концентрации промышленных объектов в некоторых регионах;

– отсутствие эффективных природоохранных технологий (оборотных систем водоснабжения, очистных сооружений и т.п.), а также неудовлетворительный уровень эксплуатации существующих природоохранных сооружений;

– отсутствие эффективного правового и экономического механизмов, которые упорядочивали, помогали и улучшали бы использование экологически безопасных технологических процессов.

– низкий уровень экологического сознания общества.

? **Вопросы для обсуждения:**

1. *Охарактеризуйте негативные аспекты воздействия промышленности на окружающую среду.*

2. *Что вы понимаете под «загрязнением среды»?*

3. *Дайте классификацию загрязнений.*

4. *Перечислите главные причины, которые привели к неудовлетворительному состоянию окружающей среды в Донбассе.*

2.2 НОРМИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Основным направлением в охране окружающей среды является нормирование загрязнений. Человечество все больше и больше вовлекает в производственный цикл химических веществ. И действие многих из них на природную среду и живые организмы является токсичным. Поэтому очень важно контролировать потоки отходов промышленных предприятий (выбросы, сбросы, складирование отходов и т.п.), чтобы сохранить качество окружающей среды при нынешних технологиях. Необходимо строго нормировать поступления опасных веществ в биосферу. Это нормирование осуществляется с помощью такого норматива, как *предельно допустимая концентрация (ПДК)*.

ПДК – это такое содержание вредного вещества в окружающей среде, которое при постоянном контакте или при воздействии за определённый промежуток времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства [10].

При определении ПДК учитывается также влияние токсичного вещества на растения, животных, микроорганизмы, а также природные сообщества в целом.

В настоящее время законодательством установлены и компетентными организациями и учреждениями рекомендованы ПДК более 1600 загрязняющих веществ для воздуха, воды, почвы, пищевых продуктов и кормов. Больше всего разработаны ПДК для воздуха (более 700 для вредных газов, паров и пыли в воздухе) и воды (более 500), остальные находятся в стадии разработки [2].

Установлены ПДК для *атмосферного воздуха населённых пунктов (ПДК_{ав})* – это максимальная концентрация примеси в воздухе, отнесённая к периоду осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного влияния, включая отдалённые последствия. Выражают в мг/м³ [12].

В приземном слое атмосферы населённых пунктов установлены ПДК вредных веществ, значения которых приведены в «Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий СН 3917-85».

По величинам ПДК все вещества делятся на **4 класса** [13]:

I. Чрезвычайно опасные, ПДК < 0,1 мг/м³;

II. Высоко опасные, ПДК 0,1–1 мг/м³;

III. Умеренно опасные, ПДК 1,1–10 мг/м³;

IV. Мало опасные, ПДК > 10 мг/м³.

Для санитарной оценки качества воздушной среды используются несколько видов ПДК, измеряющихся в мг/м³.

ПДК_{р.з.} – в воздухе рабочей зоны. Рабочей зоной (р.з.) считается пространство высотой до 2 метров над уровнем пола или площадки, на которой расположены места постоянной или временной работы (50 % или более 2 часов рабочего времени).

ПДК_{м.р.} – это максимально разовая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей смены, которая не должна вызывать рефлекторных изменений в организме человека. Она устанавливается при отборе проб воздуха в течение 15 минут для токсических веществ и в течение 30 минут для веществ, преимущественно фиброгенного действия [12].

ПДК_{с.с.} – среднесменная ПДК. Она определяется в течение смены. Пробы отбираются 4 раза или ежечасно. ПДК_{с.с.} обычно меньше ПДК_{р.з.}.

ПДК_{с.с.} – среднесуточная предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе населённых мест (мг/м³). Эта концентрация вредного вещества не должна оказывать прямого или косвенного вредного действия на организм человека в условиях неопределённо долгого круглосуточного дыхания.

Так, например, для SO_2 ПДК_{ав} = 0,5 мг/м³, а для SO_2 ПДК_{ав} (с.с.) = 0,05 мг/м³.

ПДК загрязняющего вещества в воде (ПДК_в) – это уровень загрязнения, который исключает неблагоприятное воздействие на организм человека и его потомство, а также исключает возможность ограничения или нарушения условий водопользования [12].

В воде хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения ПДК_в выражают в мг/л (или мг/дм³).

Для водоемов рыбохозяйственного назначения предельно допустимую концентрацию выражают как ПДК_{р.х.}

В случае присутствия в воздухе или в воде нескольких примесей (вредных веществ) учитывают их суммарное негативное действие по формуле:

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_n/ПДК_n \leq 1,$$

где C_1, C_2, C_n – это концентрации загрязнителей, мг/м³ (или мг/л);

ПДК₁, ПДК₂, ПДК_n – это предельно допустимые концентрации загрязнителей, мг/м³ (или мг/л).

Например, очень опасным является одновременное нахождение в воздухе таких загрязнителей, как сернистый газ и оксид азота (IV), серная кислота и фтористый водород, фенол и аэрозоли. Поэтому в таком случае определяют суммарное влияние этих загрязнителей.

Если в воздухе содержатся вредные вещества, не обладающие однонаправленным действием, концентрация каждого из них не должна превышать ПДК. К вредным веществам однонаправленного действия, как правило, следует относить вещества, близкие по химическому строению и характеру биологического воздействия на организм человека.

ПДК загрязняющего вещества в почве или в пахотном слое (ПДК_п) – это такой уровень загрязнения, который не должен негативно влиять не только на здоровье человека, но и на самоочистительную способность почвы [10].

В случае отсутствия ПДК_п оценка производится сопоставлением содержания химических веществ в загрязненных (исследуемых) и контрольных образцах почвы. Почвенный покров, в отличие от воды и атмосферы, способен аккумулировать вредные вещества в течение длительного времени, постепенно приближая их содержание к ПДК_п.

Загрязнение тяжелыми металлами почв – наиболее актуальная задача охраны литосферы. В настоящее время для приоритетных тяжелых металлов установлены ориентировочно допустимые количества (ОДК) их содержания в почвах, которые используются вместо ПДК [4].

Также необходимо учитывать, что промышленные отходы выбрасываются в атмосферный воздух или сбрасываются в водоемы и водотоки в очень больших объемах. Эти объемы отходов также нормируются. Для этого в государстве существует еще один норматив –

предельно допустимый выброс (ПДВ) для выбросов в атмосферу и *предельно допустимый сброс (ПДС)* для сбросов в сточных вод в гидросферу.

ПДВ – это количество вредных веществ, которые не должны превышать во время выброса в воздух за единицу времени, чтобы концентрация загрязнителей воздуха на границе санитарно-защитной зоны не была выше ПДК. Единица выражения – граммы в секунду (г/с).

Правила установления предельно допустимых выбросов вредных веществ предприятиями приведены в ГОСТ 17.2.3.02-78.

Устанавливают ПДВ на основе расчета рассеивания примесей в атмосфере. Например, значение ПДВ для одиночного источника с круглым устьем (труба) определяют по формуле [10]:

$$ПДВ = (ПДК \cdot C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T \cdot V_1}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}}$$

где ПДК – предельно допустимая концентрация вредного вещества, мг/м³;

C_φ – фоновая концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе региона, мг/м³;

H – высота источника выброса (трубы) над уровнем земли, м;

ΔT – разница температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха в данный момент, °C;

V₁ – расход выбрасываемых газов, м³/с;

A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (выбирается по таблицам);

F – безразмерный коэффициент, который зависит от скорости оседания вредного вещества;

m, n – коэффициенты, которые определяют в зависимости от параметров выбросов из устья источника и окружающей среды;

η – безразмерный коэффициент, который зависит от рельефа местности.

Предельно допустимый выброс пыли или других вредных веществ в атмосферу устанавливают для каждого источника. При этом должно быть соблюдено условие, что выбросы вредных веществ от данного источника, а при наличии других источников – от их совокупности – не создадут приземную концентрацию (C), превышающую предельно допустимую (ПДК), то есть:

$$C/ПДК \leq 1.$$

Если это условие по объективным причинам в настоящее время не может быть выполнено, вводят поэтапное снижение выбросов вредных веществ. На каждом этапе выброс вредных веществ согласовывается с местным органом Государственной инспекции по контролю за работой газоочистных и пылеулавливающих установок и другими организациями (уполномоченными) учреждениями [4].

При установлении ПДВ для источника загрязнения атмосферы учитывают фоновые концентрации вредных веществ в воздухе ($C_{\text{ф}}$), определяемые расчетом и экспериментально.

Под *фоновой концентрацией* для отдельного источника загрязнения атмосферы понимают ее загрязнение, связанное с другими источниками, исключая рассматриваемый [4; 10]. В этом случае должно соблюдаться условие:

$$(C + C_{\text{ф}})/\text{ПДК} \leq 1.$$

При неблагоприятных метеорологических условиях в кратковременные периоды загрязнения атмосферы, опасного для здоровья населения, необходимо снизить выбросы вредных веществ, вплоть до полного прекращения работ, вызывающих загрязнение. Работу по установлению ПДВ проводит головная организация, которая рассматривает планы мероприятий, направленных на снижение загрязнения атмосферы, делает окончательные расчеты загрязнения атмосферы от всех объектов, устанавливает предельные выбросы вредного вещества для каждого предприятия и разрабатывает комплексный план мероприятий снижения загрязнения атмосферы [4].

На рисунке 2.2 представлена схема для расчета ПДВ с учетом рассеивания примесей в атмосфере.

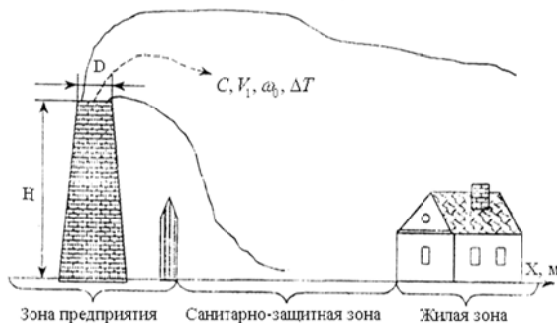


Рисунок 2.2 – Схема для расчета ПДВ с учетом рассеивания примесей в атмосфере

В свою очередь под *санитарно-защитной зоной* (СЗЗ) понимают участок земли вокруг предприятия, который отделяет его от жилой застройки с целью уменьшения вредного влияния этих предприятий на здоровье человека. Их располагают с подветренной стороны предприятия и засаживают пылеустойчивыми деревьями или кустарниками, которые также должны обладать и бактерицидными свойствами (береза, акация белая, грецкий орех, дуб, канадский тополь, сосна, бузина и др.).

На рисунке 2.3 показана схема рассеивания вредных выбросов промышленного предприятия в санитарно-защитной зоне.

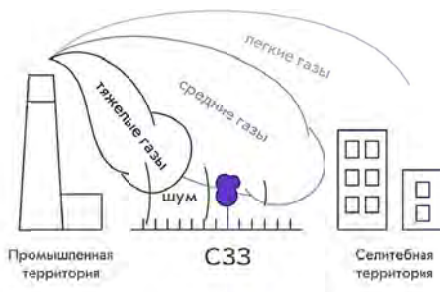


Рисунок 2.3 – Схема рассеивания вредных выбросов промышленного предприятия в санитарно-защитной зоне

В Приложении 1 показана схема СЗЗ промышленного предприятия, в которой четко обозначены на примере конкретного предприятия источники загрязнения атмосферы, зоны загрязнения и границы СЗЗ.

Расчетный размер СЗЗ, согласно приложению 2 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 может быть определен (и соответственно изменен в сравнении с нормативным) по формуле [4]:

$$S = \sum_{j=-n}^R \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_1}{ПДК_1} \cdot N_1 + \frac{C_2}{ПДК_2} \cdot N_2 + \frac{C_k}{ПДК_k} \cdot N_k \right] + \frac{C_{\phi}}{ПДК},$$

где C_1, C_2, C_k – расчетная приземная концентрация загрязняющих веществ характеризуемого производства;

$ПДК_1, ПДК_2, ПДК_k$ – ПДК данных веществ;

$C_{\phi}/ПДК$ – показатель фоновых концентраций;

N_1, N_2, N_k – переводные коэффициенты, зависящие от класса опасности вещества;

R – число румбов для расчета показателя;

j – номер румба;

n – количество расчетных точек;

i – одно из расчетных направлений от источника загрязнения (румб).

Согласно санитарных норм проектирования промышленных предприятий, выделяют 5 классов промышленных объектов с СЗЗ шириной от 50 м до 3000 м [10] с учетом степени загрязнения воздуха вблизи предприятия (таблица 2.1).

Таблица 2.1

**Классификация промышленных объектов согласно санитарных
норм проектирования**

Класс промышленного объекта	Ширина СЗЗ, м	Виды предприятий
I подкласс IA подкласс IB	3000 1000 и более	АЭС химические, нефтеперерабатывающие, целлюлозно-бумажные, металлургические, а также добыча нефти, газа и угля и др.
II	500 и более	цементные, гипсовые, асбестовые заводы, производство свинцовых аккумуляторов, пластиковых изделий, а также добыча горючих сланцев, нефти, газа и угля и др.
III	300 и более	производство стекловаты, керамзита, рубероида, угольных изделий для ТЭС, различных лаков и красок, ТЭЦ, заводы железобетонных изделий, асфальтобетонные, заводы, изготовление кабелей и др.
IV	100 и более	металлообрабатывающая промышленность, машиностроение, электропромышленность с небольшими литейными цехами, производство не изолированного кабеля, котлов, кирпичные заводы, металлических электродов, строительных материалов с отходов ТЭС и др.
V	50 включительно	легкая промышленность, металлообрабатывающая промышленность с термической обработкой без литейных цехов, производство щелочных аккумуляторов, приборов для электротехнической промышленности (без применения ртути и лития), издательства, предприятия пищевой промышленности, пункты очистки и мытья цистерн и др.

Аналогично рассмотренному выше понятию предельно допустимого выброса, рассмотрим теперь и понятие предельно допустимого сброса.

ПДС – это масса загрязняющих веществ, максимально разрешенная к поступлению в водный объект со сточными водами с последующим отводом из него за единицу времени с целью обеспечения нормативного уровня качества воды в контрольном пункте [10; 5].

ПДС выражают в граммах в секунду и определяют по формуле:

$$ПДС = C_{ст} \cdot q,$$

где $C_{ст}$ – это максимально допустимая концентрация загрязняющего вещества в сточной воде, мг/л;

q – расход сточных вод, м³/с.

Таким образом, в контрольном пункте (створе) содержание вредных веществ в воде не должно превышать их ПДК.

На рисунке 2.4 схематично показано расположение створа (контрольного пункта) в реке при нормировании содержания загрязняющих веществ в воде данной реки (водотоке).

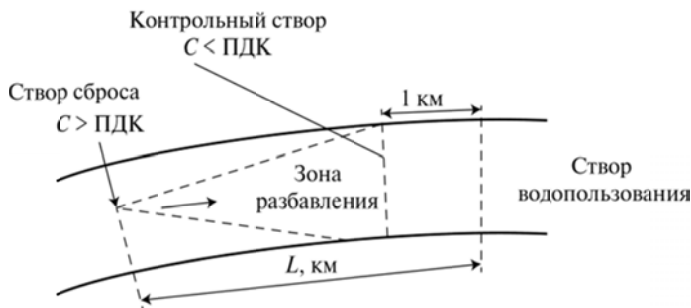


Рисунок 2.4 – Схема расположения контрольного створа (пункта) в водотоке при нормировании содержания загрязняющих веществ в воде [14]

Для водоемов питьевых и хозяйственно-бытовых целей нормативы качества вод или их природный состав и свойства выдерживаются на водотоках, начиная со створа, расположенного выше ближайшего по течению пункта водопользования на 1 км (водозабор для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, места купания, организованного отдыха и населенного пункта).

На рисунке 2.5 представлена ситуационная схема для расчета условий сброса сточных вод.

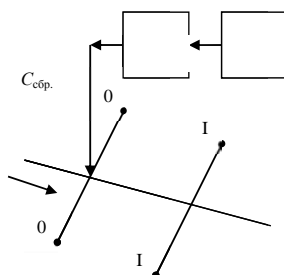


Рисунок 2.5 – Ситуационная схема для расчета условий сброса сточных вод [15]:

0-0 – нулевой створ; I-I – расчетный створ;

ПП – промышленное предприятие; ОС – очистное сооружение

Для водоемов рыбохозяйственного назначения нормативы качества поверхностных вод или их природный состав и свойства соблюдаются на протяжении всего участка водопользования, начиная с контрольного створа, но не далее 500 м от места сброса сточных вод или расположения других источников загрязнения поверхностных вод. В случае одновременного использования водного объекта или его участка для различных нужд для состава и свойств его вод принимаются наиболее жесткие нормы качества воды из числа установленных [15].

Таким образом, нормирование загрязнений – это очень сложный процесс управления и контроля качеством окружающей среды и все промышленные предприятия должны неукоснительно соблюдать данные нормативы. Если же выбросы или сбросы вредных веществ превышают установленные нормативы, на предприятия накладываются штрафные санкции. Подробнее расчет убытков за загрязнение природных сред, штрафы и размеры выплат за нарушение экологических требований и превышение лимитов выбросов, сбросов или складирования отходов будут рассмотрены в Разделе 5.

? Вопросы для обсуждения:

1. Что вы понимаете под «нормированием загрязнений»? Для чего необходимо нормировать загрязнения?
2. Дайте определения понятия предельно допустимой концентрации.
3. Какие вы знаете виды ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе и в воде?
4. Что такое предельно допустимый выброс и предельно допустимый сброс?
5. Для чего нужна санитарно-защитная зона предприятия?
6. Охарактеризуйте классы предприятий по санитарно-защитным зонам.

2.3 ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

В результате деятельности промышленных предприятий и других видов антропогенной деятельности происходит загрязнение атмосферы, что приводит к изменению химического состава атмосферного воздуха.

Загрязнением атмосферы называют *негативные изменения состояния атмосферного воздуха, полностью или частично обусловленные деятельностью человека, которые прямо или косвенно влияют на распределение поступающей энергии, уровень радиации, физико-химические особенности атмосферы и условия существования живых организмов* [10].

Основными отраслями промышленности, наиболее загрязняющими атмосферу выступают: теплоэнергетика (тепловые и электрические станции), металлургия (черная и цветная), добывающая отрасль (особенно угольная и нефтяная), химическая и нефтехимическая отрасли (особенно переработка нефти), а также строительная (производство цемента и абразивных материалов и т.п.) и военно-промышленный комплекс.

Каждая из приведенных выше отраслей промышленности связана с выбросами специфических примесей, состав которых не всегда поддается идентификации. Наиболее распространенными загрязнителями, которые поступают с промышленными выбросами являются пыль, сажа, оксиды углерода (CO_2 , CO) и серы (SO_2 , SO_3 , SO_4^{2-}), оксиды металлов (цинка, меди, железа, кобальта, кадмия, никеля, хрома, марганца, лития, олова и др.), силикаты, хлорид свинца (PbCl_2), оксиды азота (NO , NO_2 , N_2O , N_2O_5), сероводород (H_2S), меркаптаны, альдегиды, углеводороды (метан, пропан, бутан, гексан и др.), смолы, аммиак (NH_3), фторид и хлорид водорода (HF , HCl), фторид натрия (NaF), бенз(а)пирен, радиоактивные газы и другие токсичные вещества [10].

Атмосферные загрязнители подразделяются на первичные, поступающие непосредственно в атмосферу, и вторичные, являющиеся результатом их превращений. Например, поступающий в атмосферу диоксид серы (SO_2) окисляется кислородом воздуха до триоксида серы (SO_3), который затем, взаимодействуя с водяными парами в атмосфере образует пары серной кислоты. При оценке загрязнения атмосферы учитывается период пребывания загрязняющих веществ в ней. В атмосферу одновременно могут поступать вещества, оказывающие на живые организмы сходное воздействие, то есть обладающие эффектом суммации вредного действия. Все вредные вещества в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 по степени воздействия на организм человека подразделяют на четыре класса опасности [12; 13].

Основным элементом загрязнения атмосферы являются аэрозольные образования. *Аэрозоли* – это дисперсные системы, в которых дисперсионной средой служит газ, а дисперсионными фазами являются твердые или жидкие частицы. Обычно размеры частиц аэрозолей ограничивают интервалом 10^{-7} – 10^{-3} см. Аэрозоли делятся на три группы. К первой относятся *пыли*–совокупность крупных и мелких твердых частиц, диспергированных в газообразной среде [5]. Ко второй группе относятся *дымы* – все аэрозоли, которые получаются при конденсации газа. К третьей группе относятся *туманы*– коллективы жидких частиц в газообразной среде. Сейчас в земной атмосфере взвешено около 20 млн. т частиц, из которых примерно три четверти приходится на долю выбросов промышленных предприятий [1].

Влияние выбрасываемой пыли на состав атмосферы, ее качества и на здоровье человека объясняется ее дисперсностью. Пыль содержит в себе различные токсичные элементы (например, мышьяк, хром, ртуть, свинец, кадмий, кобальт, цинк и т.п.), радиоактивные элементы и др.

Особое значение пыли и других взвешенных частиц объясняется тем, что они загрязняют атмосферу не только в результате прямых выбросов, но в большей мере в результате различных превращений газообразных веществ, выбрасываемых в атмосферу (сернистых соединений, оксидов азота, углеводородов) с образованием мелкодисперсных аэрозолей.

Источники загрязнения атмосферы выбросами могут быть классифицированы:

1. По назначению: а) технологические, содержащие хвостовые газы после установок улавливания (рекуперации, абсорбции и т.д.); б) вентиляционные выбросы – местные отсосы, вытяжки.

2. По месту расположения: а) незатененные или высокие (высокие трубы, точечные источники, удаляющие загрязнения на высоту, превышающую высоту здания в 2,5 и более раз); б) затененные или низкие, т.е. расположенные на высоте, в 2,5 раза меньшей высоты здания; в) наземные – находящиеся у земной поверхности (открытое технологическое оборудование, проливы, колодцы производственной канализации и т.д.).

3. По геометрической форме: а) точечные (трубы, шахты, вентиляторы); б) линейные (аэрационные фонари, открытые окна, факелы).

4. По режиму работы: непрерывного и периодического действия, залповые и мгновенные. Залповые выбросы возможны при авариях, сжигании быстрогорящих отходов производства. При мгновенных выбросах загрязнения выбрасываются в доли секунды и часто на значительную высоту. Это возможно при взрывных работах и авариях.

5. По дальности распространения: внутриплощадочные, т.е. создающие высокие концентрации только на территории промышленной площадки, а в жилых районах не дающие ощутимых загрязнений (для таких выбросов предусматривается санитарно-защитная зона достаточных размеров); внеплощадные, когда выбрасываемые загрязнения способны создать высокие концентрации (порядка ПДК для воздуха населенных пунктов) на территории жилой застройки [4].

Газовые промышленные выбросы могут быть *организованными* и *неорганизованными*.

Организованный промышленный выброс – это выброс, поступающий в атмосферу через специальные сооружения – газоходы, воздухопроводы, трубы, а *неорганизованный выброс* – выброс, поступающий в атмосферу в результате нарушения герметичности оборудования, неудовлетворительной работы вентиляционной системы, местных отсосов [4; 10].

Остановимся на некоторых отраслях промышленности их загрязнении атмосферы поподробнее.

Тепловые электростанции (ТЭС, ТЭЦ) выбрасывают в атмосферу газы, содержащие диоксид и монооксид углерода, азот и его оксиды, тяжелые металлы (Cr, Zn, Co, Ni, As, Sb, Cd, Mn и др.), пыль и радионуклиды.

Предприятия черной металлургии выбрасывают в атмосферу пыль, оксиды углерода, серы, азота и тяжелые металлы. Например, на 1 т

выплавленного чугуна приходится 4,5–5 кг пыли, 2,7 кг SO_2 , 0,1–0,5 кг марганца, а также соединения мышьяка, фосфора, сурьмы, свинца, ртути, редких металлов и смолистых веществ.

Агломерационные фабрики выбрасывают в атмосферу газы с очень большим содержанием пыли и диоксида серы (до 190 кг SO_2 на 1 т руды). Например, на выплавку 1 т мартеновской стали выбрасывается от 3000 до 4000 м^3 газов с пылесодержанием 0,5 $\text{г}/\text{м}^3$, 60 кг CO и более 3 кг SO_2 . Мартеновские и конверторные цеха выбрасывают газы с пылью, содержащей тяжелые металлы, половина из которых являются канцерогенами [4; 10; 14].

Коксохимические предприятия загрязняют атмосферу пылью, диоксидом серы, сероводородом, оксидами азота и аммиаком. Это связано с высоким содержанием серы в углях, поступающих на коксохимические заводы.

Предприятия цветной металлургии выбрасывают запыленные газы, которые содержат оксиды углерода и серы, оксиды тяжелых металлов, фториды. Например, с 1 т пыли, которая выбрасывается в атмосферу во время выплавки медных руд можно выделить до 100 кг меди и немного меньше свинца и цинка [4; 10; 14].

Химические предприятия загрязняют атмосферу аммиаком, сероводородом, хлоридами и фторидами, формальдегидом (CH_2O), нафталином (C_{10}H_8), стиролом (C_8H_8 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2$), толуолом (C_7H_8), метанолом (CH_3OH), парами азотной, серной, фторидной (HF), фосфорной (H_3PO_4), синильной (HCN) и уксусной (CH_3COOH) кислот, а также пылью, которая содержит органические и неорганические вещества.

Нефтеперерабатывающая отрасль промышленности выделяет в атмосферу углеводороды, сероводород, стирол, дивинил, толуол, ацетон, изопрен, двуокись азота, бенз(а)пирен, сажу, ртуть металлическую, свинец, озон, аммиаки другие вещества, обладающие также и неприятными запахами [4].

Атмосферные выбросы текстильной промышленности содержат оксид углерода, сульфиды, нитрозамины ($\text{R}_1\text{R}_2\text{NNO}$), сажу, серную и борную кислоты, смолы, а обувные фабрики выделяют аммиак, этилацетат ($\text{CH}_3-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$), сероводород и кожевную пыль.

Заводы по производству строительных материалов и конструкций выбрасывают в атмосферу пыль, фториды, оксиды серы (особенно SO_2) и азота (особенно NO_2), цементную пыль. При производстве строительных материалов и конструкций, например, выделяется от 140 до 200 кг пыли на 1 т произведенных строительного гипса и извести соответственно [4; 10; 14].

Не менее опасным загрязнителем атмосферы выступает пыль. В промышленных процессах переработки различного сырья и полуфабрикатов путем механического, термического и химического воздействия образуются отходящие газы, в которых содержатся взвешенные частицы. Они обладают всем комплексом свойств твердых отходов, а газы (в том числе и воздух), содержащие взвешенные частицы, относятся к

аэродисперсным системам (газообразно-твердым (Г-Т)). Промышленные газы обычно представляют собой сложные аэродисперсные системы, в которых дисперсная среда является смесью разных газов, а взвешенные частицы полидисперсны и имеют различное агрегатное состояние.

Пыль в газах, отходящих от сырьевых и цементных сушилок, мельниц, грануляторов, смесителей, печей обжига колчедана, в аспирационном воздухе транспортных устройств и т.п. является следствием несовершенства оборудования и технологических процессов. В дымовых, генераторных, доменных, коксовых и других подобных газах содержится пыль, образующаяся в процессе горения топлива. Как продукт неполного сгорания органических веществ (топлива) при недостатке воздуха образуется и уносится сажа. Если в газах содержатся какие-либо вещества в парообразном состоянии, то при охлаждении до определенной температуры пары конденсируются и переходят в жидкое или твердое состояние (Ж или Т). Примерами взвесей, образовавшихся путем конденсации, могут служить: туман серной кислоты в отходящих газах выпарных аппаратов, туман смол в генераторных и коксовых газах, пыль цветных металлов (цинка, олова, свинца, сурьмы и др.) с низкой температурой испарения в газах. Пыли, образующиеся в результате конденсации паров, называются *возгонами* [4].

Все приведенные выше загрязнения, при поступлении в атмосферу претерпевают определенные изменения. Под влиянием атмосферных осадков, солнечной радиации, переноса воздушных масс, взаимодействия с гидросферой, литосферой и деятельностью микроорганизмов атмосферный воздух может «избавляться» от посторонних веществ и примесей. Этот процесс называют *самоочищением атмосферы* [10].

Однако объемы самоочищения атмосферы незначительны, так как ежедневно в нее поступают сотни тысяч тонн вредных газов и пыли. Поэтому человечество, осознавая всю важность вопроса сохранения атмосферного воздуха в таком качестве, при котором негативное воздействие на организм человека было бы минимальным, разрабатывает защитные мероприятия (газо- и пылеочистные системы), т.е. различные методы и способы очистки выбросов промышленных предприятий, подробнее на которых мы остановимся в Разделе 3.

Защита атмосферы включает не только технологические мероприятия (разработку методов и способов очистки выбросов промышленных предприятий), но и организационно-правовые. Государства разрабатывают природоохранное законодательство, в том числе и по защите атмосферы от вредных выбросов.

Законодательство устанавливает экологические стандарты и нормативы в области охраны атмосферного воздуха. Эти стандарты являются обязательными для выполнения и определяют понятия и термины, режим использования и охраны атмосферного воздуха, методы контроля за состоянием атмосферного воздуха, требования относительно предотвращения вредного влияния на атмосферный воздух, устанавливают другие требования относительно охраны и использования атмосферного

воздуха. Стандарты в области охраны атмосферного воздуха разрабатываются и вводятся в действие соответствующими министерствами (Минприроды и Минздравом).

Действующие в Украине и в России законы в области охраны атмосферного воздуха устанавливают:

- нормативы экологической безопасности атмосферного воздуха;
- нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и вредного влияния физических и биологических факторов стационарными источниками;
- предельные нормативы образования загрязняющих веществ, которые отводятся в атмосферный воздух при эксплуатации технологического и другого оснащения, сооружений и объектов;
- нормативы использования атмосферного воздуха как сырья основного производственного назначения;
- нормативы содержания загрязняющих веществ в отработанных газах передвижных источников и вредного влияния их физических факторов.

Только при совместном исполнении организационно-правовых и технических мероприятий можно достичь успехов в защите атмосферы и улучшить ее состояние.

? Вопросы для обсуждения:

1. Что вы понимаете под загрязнением атмосферы?
2. В чем различие между аэрозолями и пылями?
3. Чем отличаются организованные выбросы от неорганизованных?
4. Перечислите основные атмосферные загрязнители.
5. Охарактеризуйте влияние известных вам отраслей промышленности на состояние атмосферы.

2.4 ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЛУГАНЩИНЕ

Основным загрязнителем атмосферы в регионе остается угольная отрасль. По статистическим данным, в результате добычи угля в среднем ежегодно выбрасывается в атмосферный воздух 165 тыс. т загрязняющих веществ (36% от общего объема выбросов) и показатели периодически растут, в зависимости от увеличения объемов добычи, или снижаются – соответственно при уменьшении объемов добычи угля.

По выбросам загрязняющих веществ в атмосферный воздух энергетика занимает второе место – 128 тыс.т (или 28,5% от валового объема выбросов в регионе).

Выбросы от металлургических предприятий области в среднем составляют 98,4 тыс. т – 22,0% от валового объема выбросов. Причем ежегодно выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух в отрасли увеличиваются на 2–4 тыс.т за счет выбросов предприятия Алчевского металлургического комбината.

Выбросы в атмосферу от производства кокса и продуктов нефтепереработки в среднем составляют 20,5 тыс.т.

Выбросы химических предприятий составляют 20 тыс.т – 4,4% от валового объема выбросов области.

Выбросы предприятий цементной промышленности и других предприятий строительных материалов составляют около 2 тыс.т.

Предприятия издательского дела и целлюлозно-бумажной промышленности – 1,2 тыс.т.

Предприятия перерабатывающей промышленности – 146,5 тыс.т.

Предприятия производства пищевых продуктов и напитков – 0,66 тыс.т.

Другие предприятия, не относящиеся к вышеприведенным отраслям – 2,0 тыс.т [16].

Добыча угля и складирование на поверхности земли огромных масс крупнотоннажных отходов (отвалы, терриконы) привела к тому, что Луганщина характеризуется повышенным содержанием в воздухе таких загрязняющих веществ, как диоксиды серы и углерода, метан, сероводород и мелкодисперсная пыль, содержащая тяжелые металлы.

Загрязнение воздушной среды происходит при ветровой эрозии, окислении и горении породы терриконов. В результате с поверхности отвалов выдувается или самопроизвольно выделяется значительное количество пыли, газообразных (в т.ч. токсичных) продуктов и пыли [17].

В Донецком бассейне концентрации диоксида углерода и сернистого газа на расстоянии 300 м от горящего террикона могут достигать 125 и 1,65 мг/м³ соответственно. Из одного горящего отвала за сутки в среднем выделяется в атмосферу 4–5 т оксида углерода и от 600 до 1100 кг сернистого ангидрида, а также небольшие количества оксидов азота [18; 19]. В составе отвальной породы находятся такие взрывоопасные и вредные газы как CH₄, CO, H₂S, NH₃ и др. токсичные газы.

В Луганщине насчитывается 556 терриконов, из которых приблизительно 90 горят и ежегодно выбрасывают в атмосферу больше 500 тыс. т вредных газовых и пылевых веществ. Так, с 1 гектара среднего по размерам отвала выдувается более 35 т мелкодисперсных веществ, а продукты ветровой эрозии негативно влияют на окружающую среду на расстоянии до 100 км от очага загрязнения [20].

Химический состав осадков над угледобывающими предприятиями Луганщины, как и всего Донбасса, осложняется еще одним обстоятельством. На территории шахт имеются запечатанные (непроницаемые) земли под отвалами, в которых нарушен свободный газообмен в системе почва – приземный слой атмосферы. Это способствует дефициту кислорода и

развитию анаэробной микробиологической деятельности, сопровождаемой продуцированием специфических, легковозгоняемых углеводов, способных образовывать комплексные соединения с рассеянными тяжелыми металлами [21].

? Вопросы для обсуждения:

1. Назовите основные причины загрязнения атмосферного воздуха в Луганщине?

2. Каковы основные факторы загрязнения воздушного бассейна региона?

3. Перечислите основные отрасли промышленности в Луганщине, которые наиболее загрязняют атмосферный воздух?

4. Охарактеризуйте влияние породных отвалов угольных шахт на загрязнение атмосферного воздуха в угледобывающих районах Луганщины?

2.5 ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГИДРОСФЕРЫ

Промышленное использование водных ресурсов намного превышает процесс их восстановления в биосфере.

В промышленности воду используют как сырье, как реагент или растворитель для проведения различных технологических процессов, а также для промывки сырья и продуктов, охлаждения продукции (например, в металлургии) и т.п.

В сфере хозяйствования по отношению к водным ресурсам выделяют *потребителей* воды и *пользователей* [10].

Потребители воды забирают воду из источников (водоемы, водотоки, подземные воды) и используют ее по назначению (питье, приготовление еды, выращивание сельскохозяйственной продукции, осуществление технологических процессов на производстве, обогрев помещений и т.п.).

Пользователи воды используют воду как среду или источник энергии и не забирают ее из водных источников (водный транспорт, ГЭС, ГРЭС, туризм, спорт, рыболовство и т.п.).

К особенно водоемким отраслям промышленности относятся металлургический и топливно-энергетический комплексы, химическая, нефтехимическая и целлюлозно-бумажная отрасли промышленности. Так, на изготовление 1 т бумаги используется до 1000 м³ воды, 1 т стали – 300, 1 т синтетического каучука – 2800, 1 т никеля – 4000 м³. Средний химический комбинат использует ежедневно 1–2 млн. м³ воды.

Современная тепловая электростанция мощностью 1 млн. кВт/ч требует в течение года 1,5 км³ воды, атомная – 3 км³. Масштабы эти очень

велики, так как производство электроэнергии удваивается каждые 10–15 лет. Сельское хозяйство является наибольшим водопользователем – от 60 до 85% суммарного водозабора, однако $\frac{3}{4}$ его используется бесповоротно [10; 4].

Во всех этих случаях вода, прошедшая все стадии производства, частично или полностью возвращается в водный объект, однако качество ее изменяется в производственном процессе в худшую сторону. Такая вода называется *сточной*.

Вообще, под **сточными водами** понимают воды, которые образовались в процессе хозяйственно-бытовой и производственной деятельности (кроме шахтной, карьерной и дренажной), а также воды, отведенные из застроенной территории, на которой они образовались вследствие выпадения атмосферных осадков.

Сточные воды, содержащие растворенные и взвешенные вещества, отводящиеся (отходящие) в гидросферу или литосферу, рассматриваются как сбросы. Сбросы разделяются на *неорганизованные*, если они стекают в водный объект непосредственно с территории промышленного предприятия, не оборудованного специальной, например, ливневой канализацией или иными устройствами для сбора, а также на *организованные*, если они отводятся через специально сооруженные источники – *водовыпуски*.

Выпуски классифицируются по следующим признакам:

- по типу водоема или водотока;
- по месту расположения выпуска;
- по конструкции распределительной части; по конструкции оголовка или сбросного устройства [1; 15].

Большую опасность представляет биологическое накопление и аккумуляция загрязняющих жидких веществ, выбрасываемых предприятиями. В городских сточных водах (смеси бытовых и производственных) содержатся минеральные загрязнения (глина, песок, окалина, сажа, сульфаты, хлориды, соли тяжелых металлов и т.д.) и органические (белковые вещества, углеводы, жиры, масла, нефтепродукты, синтетические ПАВ и т.д.). Биогенные элементы (соединения азота и фосфора) находятся в сточных водах в органической и неорганической форме.

Все перечисленные загрязнения могут находиться в грубодисперсном (оседающем под действием силы тяжести), коллоидном и растворенном состояниях. Большая часть органических загрязнений городских сточных вод находится в грубодисперсном) и коллоидном состоянии.

По степени загрязнения и происхождению сточные воды можно разделить на следующие группы [1; 15]:

1) *загрязненные* (представляющие собой смесь отработанных жидкостей после технологических процессов, а также после мытья оборудования и полов);

2) *условно-чистые воды* (от охлаждения оборудования, компрессорных и холодильных установок, вентиляционных устройств и т.д.);

3) *хозяйственно-фекальные*;

4) *ливневые воды* и воды от мытья территории, автотранспорта и т.д.).

Все виды загрязнений воды можно разделить на *химические, физические, биологические* и *тепловые*.

В различных технологических процессах в промышленности используют воду, вследствие чего образуются такие отработанные сточные воды как:

- реакционные воды, которые выделяются в ходе реакций (они загрязнены примесями сырья и продуктами реакций);
- промывные воды после промывки сырья, продуктов, оборудования, тары, маточные водные растворы и т.п.;
- воды, которые поступают с сырьем в виде свободной и связанной воды;
- водные экстрагенты и абсорбенты;
- холодные воды, которые не соприкасаются с сырьем и продуктами;
- бытовые воды со столовых и пищеблоков на предприятиях, душевых, после мытья помещений, воды прачечных, туалетов и т.п.;
- атмосферные осадки, которые стекают с территории промышленных предприятий и других хозяйственных объектов [4; 10].

В зависимости от вида производства эти воды содержат различные химические загрязнители – вредные и токсичные соединения неорганической природы (щелочи, кислоты, минеральные соли) и органической (органические соединения, ПАВ и СПАВ, пестициды, нефтепродукты и т.п.). Большинство из них токсичны и являются ядами для биоты водоемов. Эти соединения потребляются фитопланктоном и передаются цепями питания более высокоразвитым организмам, а от них – человеку.

Особенно сильно загрязняют поверхностные воды промышленные сточные воды химических, нефтехимических и металлургических заводов, целлюлозно-бумажных и кожевенных фабрик, мясокомбинатов и других предприятий.

Химические предприятия по производству органических и неорганических соединений, пластмасс и производства моющих средств сбрасывают со сточными водами в водоемы токсичные соединения органического и неорганического происхождения. Чаще всего это очень стойкие, биологически активные вещества, которые очень сложно удаляются из стоков при очистке (например, такие моющие средства, как детергенты).

Нефтехимические предприятия загрязняют гидросферу нефтью и нефтепродуктами, которые могут находиться в растворах в эмульгированном, растворенном виде и образовывать на поверхности плавающий слой. А также загрязняют гидросферу различными химическими веществами (тетраэтилсвинец, фенолы, роданиды, цианиды и др.).

Металлургические заводы сбрасывают со сточными водами в водоемы грубодисперсные примеси, а также различные металлы (ионы меди, свинца, никеля, цинка и др.), кислоты, фенолы, крезолы, цианиды, роданиды, мышьяк, окалину цветных металлов, масла и др. вредные вещества.

Машиностроительные предприятия являются источником существенного загрязнения сточными водами. Особой токсичностью выделяются сточные воды травильных отделений и гальванических цехов, в них содержатся соляная и серная кислоты, катионы металлов (около 40% стоков составляют хромсодержащие сточные воды).

Предприятия целлюлозно-бумажной промышленности сбрасывают в водоемы большие количества целлюлозного волокна и растворенных органических соединений (смолы, жиры, оксикислоты и лактоны, фенолы, смоляные и жирные кислоты, лигнин, муравьиная кислота и уксусная кислота). Неорганические загрязнители представлены натрием сульфатом, карбонатами и хлоридами натрия, свободными щелочами. Такие воды образуются во время обработки целлюлозной и бумажной массы, во время промывания и сгущения целлюлозы, конденсации сдувов, разгона скипидара-сырца, удаления шлаков, «мокрой» обработки древесины.

Биологическое загрязнение воды происходит за счет поступления со сточными водами разных микроорганизмов, растений и животных (простейшие, черви, грибки, бактерии, вирусы и т.п.). Большинство из них являются болезнетворными не только для людей, но и для животных и даже растений. Наибольшими биологическими загрязнителями водоемов являются коммунально-бытовые сточные воды. Промышленными биологическими загрязнителями водоемов являются предприятия кожевенного производства, мясокombинаты и сахарные заводы.

Физическое загрязнение воды связано с изменением ее физических параметров и свойств: прозрачности, содержанию взвесей и других нерастворимых примесей, температуры и радиоактивности. Нерастворимые вещества (песок, ил, глинистые частицы и т.п.) попадают в воду с поверхностным стоком, однако много взвесей попадают в водные объекты с суспензиями из предприятий горнорудной промышленности (из промывных установок). Твердые зависшие вещества уменьшают прозрачность воды, ухудшая таким образом процесс фотосинтеза водных растений (водорослей), забивают жабры рыб. Особенную опасность для всего живого составляют радиоактивные загрязнения, которые попадают в водоемы и водотоки с выбросами и сбросами атомных электростанций (АЭС) или с частичками пыли теплоэлектростанций (ТЭС).

Тепловое загрязнение вызывает спуск в водные объекты теплых вод с различных энергетических установок. Поступление нагретых вод в реки и озера существенно изменяет их термический и биологический режим. Наибольшими тепловыми загрязнителями вод выступают ТЭС и АЭС. Повышение температуры воды в водоемах приводит к таким негативным последствиям, что если температура вод поднимается выше 26 °С – происходит угнетение жизнедеятельности в водоеме, а превышение температуры более 30 °С нарушает биоценозы. После 34–36 °С погибает рыба и некоторые другие виды организмов. Также в теплых водах нарушаются условия нереста рыб, погибает зоопланктон, рыба поражается паразитами и болеет [10].

Нормативные требования к качеству сбрасываемых в водоемы сточных вод и условия сброса устанавливаются государством и являются обязательными к исполнению всеми видами промышленных предприятий.

Основное нормативное требование к качеству воды в водоеме – это установление предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ.

Состав и свойства воды в водоемах должны отвечать нормативам в створе, заложенному на водотоках (реки, ручьи) на расстоянии 1 км выше от ближайшего по течению пункта водопользователя (например, хозяйственно-питьевое водоснабжение, место купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т.п.), а в водоемах (озера, пруды) – на расстоянии 1 км по обеим сторонам от пункта водопользования. В большинстве случаев сточные воды промышленных предприятий сбрасывают в границах населенных пунктов (городской и промышленной застройки). Тогда первым пунктом водопользования в данном случае будет населенный пункт. Поэтому сточные воды необходимо не только очищать, но и разбавлять до установленных нормативов ПДК перед сбросом в водоем или водоток [2; 10].

Для предотвращения загрязнения водной среды, воду, взятую из водного объекта в производство необходимо не только очищать перед сбросом в водный объект, но и рационально использовать ее в самом производственном цикле (например, внедрять оборотное водоснабжение). Более подробно данный вопрос рассмотрен в Разделе 4.

В современном мире существуют такие способы рационального использования водных ресурсов:

1. В промышленности – внедрение водооборотных систем. Закрытые циклы промышленного водопользования дают возможность полностью ликвидировать стоки, а свежую воду добирать только на возвращение потерь воды.

2. Введение таких новых радикальных технологий с уменьшенным потреблением воды.

3. Из-за отсутствия средств создавать системы ликвидации промышленных стоков поэтапно, прежде всего, на таких предприятиях, которые более других загрязняют окружающую среду.

4. В сельском хозяйстве – придерживаться норм орошения [3].

Одним из распространенных способов уменьшения загрязнения промышленных стоков являются очистные сооружения. В Разделе 3 детально рассмотрены методы и способы очистки сточных вод промышленных предприятий.

? Вопросы для обсуждения:

- 1. Какова основная причина загрязнения водных объектов?*
- 2. Что такое сточные воды?*

3. Перечислите группы сточных вод по степени их загрязнения и по их происхождению.

4. Какие отрасли промышленности наиболее загрязняют природные воды?

5. В чем заключается химическое загрязнение воды?

6. В чем заключается биологическое загрязнение воды?

7. В чем заключается физическое загрязнение воды?

8. В чем заключается тепловое загрязнение воды?

2.6 ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД В ЛУГАНЩИНЕ

Луганщина в бассейне Северского Донца является наиболее промышленно и селитебно нагруженной территорией. Территория бассейнов рек в пределах Луганского региона несет большую антропогенную нагрузку. Развитие хозяйственного комплекса в бассейне реки Северский Донец и его притоков без учета экологических и экономических последствий привело к крайне деформированной хозяйственной структуре промышленности с преимуществом отраслей, которые нуждаются в огромном количестве воды и которые наиболее негативно влияют на окружающую среду. Наиболее интенсивное использование воды осуществляется в г. Луганске и в Лисичанско-Рубежанском промышленном регионе. Наиболее интенсивное загрязнение поверхностных вод имеет место в Свердловско-Ровеньковском и Краснолучско-Антрацитовском промышленных регионах, а также в г. Луганске [16].

Например, количество водопользователей, которые осуществляли сбросы обратных (сточных) вод в поверхностные водные объекты в 2016 году составляло 128; а 3 предприятия осуществляли сброс транзитной воды. Количество водопользователей, которые осуществляют сбросы сточных вод в сети канализации составляет – 288 [22].

Общее количество очистных сооружений в регионе составляет 175, в том числе перед сбросом в поверхностные водные объекты – 148, из них эффективную очистку обеспечивают 78 очистных сооружений, 70 – работают неэффективно и не обеспечивают нормативную очистку обратных вод [22; 23].

Современное состояние поверхностных водоемов региона характеризуется антропогенной нагрузкой субъектов ведения хозяйства. В среднем свыше 100,0 млн. м³ недостаточно очищенных стоков ежегодно поступает в водные объекты региона. Причиной неудовлетворительной работы очистных сооружений является физическое и моральное устаревание оборудования, несвоевременное проведение текущих и капитальных ремонтов.

Наибольший объем загрязненных сточных вод сбрасывается промышленными предприятиями (главным образом шахтами) и предприятиями жилищно-коммунального хозяйства.

Значительное влияние на формирование качества поверхностных вод осуществляют воды шахтного водоотлива. Например, по состоянию на 2013 год предприятиями угольной промышленности в водные объекты было сброшено 192,3 млн. м³ шахтных вод. Из них 59,79 млн. м³ отнесено к категории загрязненных. К категории загрязненных шахтные воды относятся из-за их высокой минерализации. Использование обратной шахтной воды ограничено ее высокой минерализацией, которая на некоторых шахтах достигает 10 г/л и более [16].

По отраслям экономики объемы сброса обратных (сточных) вод распределяются следующим образом:

- угольная промышленность – 189,6 млн. м³ (61,8% от общего по Луганщине);
- химическая и нефтехимическая промышленность – 17,7 млн. м³ (7,8%);
- электроэнергетика – 14,64 млн. м³ (4,8%);
- машиностроение и металлообработка – 4,209 млн. м³ (1,4%);
- черная металлургия – 2,117 млн. м³ (0,7%);
- деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная – 2,91 млн. м³ (около 1%).

Повышенные показатели загрязнения по органическим соединениям и солевым показателям в поверхностных водах бассейна р. Северский Донец и его притока – реки Лугань, согласно требований санитарных норм, объясняется стойким загрязнением вод в результате точечных и диффузных источников загрязнения.

Наиболее загрязненной рекой региона является река Лугань. Необходимо отметить, что качество воды в реке Лугань формируется за счет сбросов шахт, промышленных предприятий, объектов коммунального хозяйства и имеет высокую минерализацию и жесткость.

Как и раньше, в настоящее время субъекты ведения хозяйства Луганщины в основном используют ресурсоемкие технологии, которые приводят к значительным объемам образования загрязненных сточных вод. Особенно это касается угледобывающей промышленности – здесь сбросы загрязненных сточных вод составляют 63% от общих по региону [22].

Наиболее загрязненными на Луганщине являются подземные воды, которые распространены в пределах Рубежанско-Лисичанского промышленного района, а также городов – Алчевска, Стаханова и Луганска. Основными загрязняющими компонентами здесь являются: соли металлов, фенолы, тяжелые металлы, формальдегиды, соединения азота, нефтепродукты. Превышение норм содержания разных компонентов достигает 10–50 раз, в некоторых случаях и 100 раз и более [16].

? *Вопросы для обсуждения:*

1. Назовите основные причины загрязнения поверхностных вод в Луганщине.

2. Перечислите основные отрасли промышленности в Луганщине, которые наиболее загрязняют поверхностные и подземные воды.

3. Какие реки в Луганщине являются наиболее загрязненными?

2.7 ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ И ЛИТОСФЕРЫ ОТХОДАМИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Интенсивное развитие промышленного производства оказывает крайне негативное влияние и на литосферу и, в особенности, на почвы. Строительство промышленных комплексов, включающих не только промышленное предприятие, но и транспортные (авто-, ж/д магистрали), прокладка трубопроводов (газо-, нефте-, водо- и продуктопроводов), линий связи и электропередач и т.п. – все это в комплексе нарушает естественный почвенный покров, видоизменяет и нарушает ландшафты. Однако наибольший вред почвам и литосфере в целом наносит складирование твердых отходов производства.

Основная масса промышленных отходов образуется на предприятиях таких отраслей как:

- горнодобывающая (шлаки, отвалы и терриконы, «хвосты» обогащения и т.п.);
- металлургическая (шлаки, шламы, отвалы, колосниковая пыль и т.п.);
- металлообрабатывающая (литейные отходы, стружка, брак и т.п.);
- лесная и деревообрабатывающая (лесозаготовительные отходы, отходы лесопилок и переработки дерева и т.п.);
- энергетической (шлаки, пепел, ядерные отходы и т.п.);
- химической и смежных с ней отраслей (шламы, фосогипс, галит, цементная пыль, пластмассы и т.п.);
- легкой и текстильной промышленности.

Особенно поражают объемы добычи минеральных ресурсов и образования при их добычи твердых отходов (отвалов и терриконов). Например, по данным А.К. Запольского (1998) ежегодно вследствие горнодобычи на поверхности Земли складывается около 5 км³ породы. За последние 500 лет из недр Земли добыто более 50 млрд. т углерода и 2 млрд. т железа [10]. При этом используется в промышленности не более 7% от добытого сырья, а все остальное поступает в отвалы, загромождая земли, которые могли бы быть использованы, например, в сельском хозяйстве или

для организации особо охраняемых территорий (природно-заповедного фонда).

Значительные объемы промышленных отходов образуются также в результате выплавки металлов из руд, производства кислот, минеральных удобрений, пигментов и т.п.

Так что же такое отходы? Существует множество определений этого понятия. Например, одними исследователями отходы рассматриваются только как конечный, т.е. ненужный продукт, т.е. под термином «отходы» понимаются *вещества (или смеси веществ), признанные непригодными для дальнейшего использования в рамках имеющихся технологий, или после бытового использования продукции.*

Н.Ф. Реймерс в своих работах под отходами понимает более широкий смысл, а именно отходы одного производства могут служить сырьем для другого и в категорию отходов не включают природное вещество, неявно используемое в технологических циклах – это воздух и его кислород, проходящую транзитом воду и т.п. [5].

Современное определение «отход» уже не рассматривается односторонне, т.е. как ненужный, конечный продукт какого-либо процесса. В тех случаях, когда это возможно, отходы необходимо перерабатывать или использовать как сырье для других видов промышленности.

Все отходы производства можно классифицировать по их агрегатному состоянию на твердые, жидкие и газообразные (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Возможное агрегатное состояние отходов [4]

Дисперсионная среда	Дисперсионная фаза	Название системы
Газ (Г)	Твердая (Т)	Пыль, дым
	Жидкая (Ж)	Туман
Жидкость (Ж)	Газообразная (Г)	Газ
	Т	Суспензия
	Ж	Эмульсия
	Г	Пена
Твердое тело (Т)	Т	Твердая суспензия, сплав
	Ж	Твердая эмульсия
	Г	Пористое тело

Твердые отходы представляют собой гетерогенную смесь сложного морфологического состава: черные и цветные металлы, макулатуросодержащие и текстильные компоненты, отходы стекла, пластмассы, кожи, резины, дерева, камней, а также остатки непрореагировавшего твердого сырья, смолы, кубовые остатки от перегонки, различные осадки и шламы, отработанные катализаторы, фильтровальные материалы, адсорбенты, не подлежащие регенерации, общезаводской мусор и др. На удаление таких отходов производства затрачивается в среднем 8–10% стоимости производимой продукции.

Условно предприятия можно разделить на три группы, учитывая их потенциальные возможности загрязнения биосферы:

– *первая группа*, к которой относятся предприятия с преобладанием химических технологических процессов;

– *вторая группа* – это предприятия с преобладанием механических (машиностроительных) технологических процессов;

– *третья группа* – это предприятия, на которых осуществляется как добыча, так и химическая переработка сырья [4].

К числу отходов химической промышленности и производства минеральных удобрений относятся гипсосодержащие отходы (фосфогипс и др.), фосфорные шлаки, пиритные огарки, галитовые отходы и глинистые шламы, содовые сплавы, отходы нефтехимии и др. Например, на каждую тонну калийных удобрений образуется 3–4 т галитовых отходов, в которые преимущественно состоят из хлорида натрия. В местах добычи калийных руд накопилось более 250 млн. т таких твердых отходов. Остро стоит проблема с образованием крупнотоннажных отходов фосфогипса при производстве фосфорных удобрений и экстракционной фосфорной кислоты (на 1 т кислоты приходится от 4,3 до 5,6 т фосфогипса). При производстве титанового пигмента на 1 тонну продукции образуется более 12 т сульфатных отходов в виде твердого сульфата железа и отработанных растворов серной кислоты [4; 10]. Крупнотоннажными гипсосодержащими отходами являются в первую очередь фосфо-, боро- и фторогипс, титаногипс, а также сульфогипс. Отвалы и шламохранилища, занятые отходами химических производств, занимают тысячи гектаров земли.

К отходам резинотехнических изделий относятся остатки резиновых смесей, резиновые и резинотканевые, невулканизированные и вулканизированные, текстильные и резинометаллические отходы. Например, резиновые невулканизированные отходы содержат до 50% каучука.

Отходы производства асбестотехнических изделий образуются при изготовлении тормозных колодок, прокладок, кровельного материала и др. Основными ингредиентами этих отходов являются асбест, каучук, смолы, латексы, а также бракованные готовые изделия, например, паронит [4].

В металлургии, во время обогащения медных руд в отходы отправляют большое количество сернистого колчедана. Его используют при производстве серной кислоты. Прожарка сернистого колчедана связана с образованием отходов колчеданного недопека в количестве 0,75 т на 1 т пирита (FeS_2). Ежегодно его накапливается до 5 млн т.

На заводах черной металлургии стран СНГ ежегодно образуется около 70 млн. т шлаков. Для размещения таких крупнотоннажных отходов ежегодно выделяется около 2000 га пахотных земель.

На металлургических заводах стран СНГ ежегодно образуется более 70 млн т металлургических шлаков и более 20 млн т шламов с содержанием железа до 50%. Например, на металлургических предприятиях на 1 т стали приходится 0,4 т отходов. В цветной металлургии в среднем на 1 т металла приходится от 10 до 200 т отходов (шлаков) [9, 24]. Важно отметить, что

содержание отдельных компонентов (металлов ценных и редких) в отвальных шлаках бывает выше, чем в добываемой руде, поэтому такие отходы целесообразно перерабатывать.

Горная промышленность использует практически невозобновляемые минеральные ресурсы далеко не полностью: 12–15% руд черных и цветных металлов остается в недрах или складывается в отвалы. При разработке полиметаллических руд из них извлекают лишь 1–2 металла, а остальные выбрасываются с вмещающей породой [4].

При добыче каменных солей и слюды в отвалах остается до 80% сырья. Массовые взрывы на карьерах являются крупными источниками пыли и ядовитых газов. Например, пылегазовое облако рассеивает 200–250 т пыли в радиусе 2–4 км от эпицентра взрыва [1; 4].

Значительное количество твердых отходов образуется в нефтеперерабатывающем комплексе, коксохимии, органическом и нефтеорганическом синтезе, при производстве пластмасс и других полимерных материалов. Например, в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности образуются такие токсичные отходы как кислые гудроны, которые представляют собой смолоподобные массы, содержащие серную кислоту, воду и различные органические вещества в содержании от 10 до 93%. Ежегодно в странах СНГ их образуется более 300 тыс. т, а перерабатывается не более 28%. Также на нефтеперерабатывающих заводах образуются нефтяные шламы (около 0,007 т на 1 т перерабатываемой нефти). В таких шламах содержится 10–56% нефтепродуктов, 30–85% воды и 1,3–46% твердых веществ. В странах СНГ таких шламов накоплено более 4 млн. т [10].

Производство пластмассовой продукции сопровождается образованием твердых технологических отходов и отходов потребления. Особенно угрожающим для окружающей природной среды является процесс накопления пластмассовых отходов, количество которых ежегодно растет в геометрической прогрессии. Пластмассы характеризуются значительной стойкостью в природных условиях, что приводит к существенному засорению и загрязнению природных сред. При производстве пластмасс, а также синтетического волокна образуются отходы, содержащие бензол (C_6H_6), фенол, метанол, скипидар и другие токсиканты.

В промышленных отходах (твердых и жидких) содержится большое количество опасных для здоровья человека, также для почв и произрастающей на ней растительности токсичных элементов и веществ. Так, например, в отходах металлургической промышленности (отвалы, шлаки, шламы) присутствуют оксиды цветных и тяжелых металлов. В отходах машиностроения (металлолом, вагранковые шлаки, травильные растворы и гальванические стоки) содержатся такие токсичные компоненты как цианиды (H_2CN), хром, никель, железо, медь, цинк, мышьяк, бериллий и др. [10].

Сжигание каменного угля на ТЭС также связано с образованием значительного количества шлаков, пыли и сажи. В значительных количествах

выбрасываются при сжигании углей в атмосферный воздух диоксид серы, азота, пыль и сажа, содержащие тяжелые металлы и радионуклиды, которые в скором времени с атмосферными осадками выпадают на поверхность почвы, отравляя ее и тем самым изменяя ее качество.

Опасно использование бурых и других углей, содержащих радиоактивные элементы (уран, торий и др.), в качестве топлива, так как часть их уносится с отходящими газами в атмосферу, часть – через золоотвалы поступают в литосферу.

Особую проблему представляют отходы добычи и обогащения угля, которые складываются на поверхности земли в отвалах и терриконах. Так называемые плановые потери каменного угля составляют 40%.

В процессе деятельности горнодобывающих предприятий происходит нарушение земель на значительных площадях, что приводит к деградации почв угледобывающих регионов. Угольная промышленность вносит значительные изменения в естественные ландшафты. Проседание земной поверхности, засорение отходами угледобычи, нарушение земельного покрова – все это является негативными факторами влияния на состояние земель.

Усиливает техногенное влияние на окружающую среду и добыча полезных ископаемых открытым способом, которая сопровождается использованием земельных участков на значительных площадях со снятием поверхностного слоя почвы. Осуществление такой деятельности приводит к полному уничтожению почвенного покрова либо к деградации земель и другим негативным экологическим последствиям, поскольку рекультивация нарушенных земель выполняется несвоевременно или на недостаточном уровне.

Внесенные угольной промышленностью изменения не могут быть возобновлены самой природой. Поэтому, на месте нарушенных промышленностью природно-территориальных комплексов необходимо создавать новые производительные и стойкие естественные и хозяйственные ландшафты, которые отвечают потребностям человека (лесонасаждение, искусственные водоемы, места, для отдыха населения) [16; 17].

Складированная на поверхности отвальная порода угольных шахт подвергается процессам химического и биохимического окисления, в результате которого образуется серная кислота, которая в свою очередь, растворяет некоторые минералы и переводит металлы в подвижную (растворимую) форму. Результат такого химического и биохимического образования кислоты – вынос на значительные расстояния солей тяжелых металлов (большой частью сульфатов), подкисление и интенсивное загрязнение почв тяжелыми металлами и радионуклидами. Именно поэтому, прилегающие к породным отвалам угольных шахт природные ландшафты и почвы, подвергаются негативному воздействию продуктов химического и биохимического окисления минералов в породе. Прилегающие к отвалам почвы загрязняются большим количеством водорастворимых солей тяжелых металлов и радионуклидов, выщелачиваемых из складированной породы. А

ускоряют эти негативные явления процессы водной (дождевыми и талыми водами) и ветровой эрозии с поверхности отвалов.

В результате этого происходит полная или частичная трансформация ландшафтов, перестройка состава и структуры почв, а большие площади земель отчуждаются из сельскохозяйственного оборота [21].

Выветривание горных пород, складированных в отвалы и терриконы, приводит к значительному повышению концентраций – SO_2 , CO и CO_2 в радиусе нескольких километров [4].

Как видно из приведенных выше данных по образованию отходов в различных отраслях промышленности, вредные вещества, содержащиеся в тех или иных отходах, попадают в почву, а также загрязняют верхние слои литосферы и в том числе подземные воды.

При этом в почвах накапливаются, прежде всего, тяжелые металлы (кадмий, цинк, свинец, хром, никель, кобальт, медь и др.), большинство из которых являются канцерогенными. Причем в среднем, большая часть тяжелых металлов накапливается в почвах на глубине до 10 см, что делает опасным выращивание сельхоз продукции на таких почвах и из-за чего ежегодно сельхозпроизводители несут убытки по потере качества урожайной продукции.

На фото рисунка 2.6 приведен пример угнетения сельхозпродукции, выращиваемой в зоне влияния отвала угольной шахты.



Рисунок 2.6 – Угнетение сельхозпродукции, выращиваемой в зоне влияния отвала угольной шахты [25]

Каждое из нарушений почвы при строительстве промышленных комплексов, добычи полезных ископаемых и складировании отходов добычи связано с изъятием большего или меньшего земельного участка на длительный период времени, что приводит также к сокращению земельного фонда стран. Изменения, вызванные нарушением поверхности, отрицательно сказываются на ее биологических, эрозийных и эстетических характеристиках. Такие нарушения приводят:

- к гибели и деградации растительного покрова;
- ухудшению качества почв, изменению ее структуры или вообще к потере плодородного почвенного слоя;

– к изменениям форм рельефа, когда участки земли становятся малопригодными для использования в сельском и лесном хозяйстве и др.

Лишенные растительного покрова нарушенные обнажения почвы и породы подвергаются интенсивной водной и ветровой эрозии [17].

Восстановление почв происходит в природе в течение длительного времени. Так, например, для образования чернозема толщиной 1 м в степной зоне Украины необходимо около 700 лет! [10]. Для образования плодородного слоя почвы мощностью 0–20 см в ландшафтах Донбасса потребуется 250–300 лет [26]. Таким образом, потеря качества почв является серьезной угрозой для существования как современного человечества, так и тем более, для будущих поколений.

Наибольшие нарушения поверхности литосферы (недр) является следствием проходки открытых горных выработок, вскрышных работ и выемки полезных ископаемых в карьерах, а также при подземных выработках – выемки полезных ископаемых, сопровождаемой обрушением вышележащих пород с деформацией подработанной поверхности.

Открытые разработки месторождений характеризуются наиболее обширными ландшафтными нарушениями, причем значительная и нередко гораздо большая их часть представляется в виде отвалов вскрышных пород, располагаемых за пределами карьерных полей. Открытые разработки месторождений приводят к понижению рельефа местности, а образование глубоких карьеров (до 800 м) приводит к сдвигам, обвалам и селям. В шламонакопителях скапливается загрязненная вода, которая подтапливает территории прилегающих регионов и загрязняет подземные воды [10; 17].

Во время подземных разработок образуются пустоты, возникают трещины в горных породах, дренаж водоносных горизонтов и их осушение. Происходит набухание пород, выделение вредных газов (метана, сероводорода) и прорыв подземных вод. Только при подземной добычи угля на шахтах в мире ежегодно выделяется 25–28 млрд. м³ метана.

Вследствие нарушения водоносных горизонтов происходит приток подземных вод в шахты и карьеры. Ежегодно из шахт Украины откачивают в среднем около 600 млн. м³ шахтных вод с повышенной минерализацией (7,7–103,5 г/л), которая иногда достигает 150 г/л. Они вызывают засоление прилегающих почв и подземных вод. Такие шахтные воды откачивают в пруды-накопители [2; 10].

? *Вопросы для обсуждения:*

- 1. Назовите основные причины изменения литосферы.*
- 2. Какие вы знаете возможные агрегатные состояния отходов?*
- 3. Для каких отраслей промышленности характерны наибольшие объемы образования твердых отходов?*
- 4. Назовите основные причины загрязнения почв?*

5. Как воздействует на литосферу и почвобразовательность горнодобывающих предприятий?

2.8 ПРОБЛЕМЫ НЕДР И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ В ЛУГАНЩИНЕ

В настоящее время в Луганщине недра активно разрабатываются для добычи каменного угля и других полезных ископаемых. Эффективность эксплуатации месторождения зависит, в первую очередь, от степени детальности его изучения и достоверности о вмещающих породах и о целом ряде геологических и гидрогеологических особенностей определенного локального пространства недр.

На территории региона насчитывается 625 (с учетом комплексности – 504) месторождений разнообразных полезных ископаемых, из которых 233 (с учетом комплексности – 174) разрабатываются в настоящее время [22; 27].

Минерально-сырьевая база Луганщины более чем на 50% состоит из топливно-энергетического сырья и сопутствующих полезных ископаемых (каменный уголь, свободный газ, конденсат, гелий, метан). В регионе известны 283 месторождения каменного угля. Остальные полезные ископаемые – это, в основном, минеральное сырье для производства строительных материалов.

В нашем регионе долгосрочное интенсивное использование недр и их ресурсов привело к значительным изменениям геологической среды. К главным факторам негативного влияния можно отнести: чрезвычайно высокую концентрацию горно-добывающих предприятий; высокий уровень выработки подавляющего большинства месторождений; недостаточность финансирования работ, направленных на уменьшение негативного влияния на окружающую среду (в течение всего периода разработки месторождений).

После принятия решения о ликвидации нерентабельных шахт (с середины 90-ых и до начала 2000-ых годов) и реализации этого решения, в регионе обострились экологические проблемы и начала формироваться новая эколого-геологическая обстановка под влиянием инженерно-геологических и гидрогеохимических факторов [16; 28].

Общее экологическое состояние геологической среды в Луганщине, невзирая на определенные природоохранные мероприятия, остается неудовлетворительным. Активизируются экзогенные геологические процессы, значительные территории земель охвачены явлениями подтопления, происходит загрязнение источников централизованного и децентрализованного водоснабжения. Мероприятия по соответствующим государственным программам охраны и восстановления недр выполняются не в полной мере [16; 28].

Результатом добычи полезных ископаемых в регионе являются и негативные экзогенные геологические процессы, которые наносят немалый вред не только окружающей среде, но и населению, проживающему в добывающих районах Луганщины – это сдвиги и карсты.

Основными причинами образования сдвигов следует считать:

- увеличение крутизны склонов в результате подрезания их процессами эрозии;

- ослабление прочности пород в результате изменения их физического состояния при выветривании и увлажнении, промерзании, и т.п.;

- техногенное воздействие (деформация поверхности склонов под воздействием горных работ, перегруз склонов терриконами, обустройство на склонах выемок, неурегулированный сброс промышленных стоков, а также потери из неисправных водонесущих коммуникаций).

Можно предусмотреть последующий рост активизации процессов сдвигов на землях, расположенных в пониженных элементах рельефа (балках, речных долинах), а также там, где отмечается заиливание русел рек и снижение дренирующей роли балок.

Значительную роль в развитии экзогенных геологических процессов играют атмосферные осадки. Поэтому, в случае увеличения атмосферных осадков вероятность проявлений экзогенных геологических процессов увеличивается [16; 28].

По механизму сползания в нашем регионе, в основном, доминируют структурные и структурно пластичные сдвиги, которые приурочены к склонам балок. Для них характерна фронтальная или почковидная форма в плане. Следует отметить, что характер деформаций сдвигов зависит не только от состава, свойств пород основного деформированного горизонта и всего комплекса пород, которые составляют склон, но и от величины и скорости изменения поля напряжения, а также локализации зон растяжения и сжатия.

Также для территории региона характерен процесс образования карстов, который проявляется в образовании зоны расширенных трещин и полостей мощностью к 80 м в мелово-мергельных породах верхнего мела (60% площади). С этой зоной связано существование верхнемелового водоносного горизонта – основного источника хозяйственно-питьевого водоснабжения области – это природно-исторический карст, который занимает площадь 19700 км².

Интенсивное хозяйственное освоение заводей, пойм и песчаных террас реки Северский Донец на территории Рубежанско-Северодонецкой промышленной городской агломерации и наложения на естественно-исторический карстовый процесс техногенного влияния, вызывали активизацию карстового процесса на площади 2200 км² – это мощный техногенно-активизированный карст [16; 23].

После закрытия шахт и прекращения водоотлива (откачки шахтных вод) происходит подъем уровней шахтной воды к поверхности со следующим ее попаданием в поверхностные водные объекты (шахты

Краснодонского района). Это приводит к подтоплению и засолению почв, развитию эрозийных процессов. Одновременно ухудшается минерализация и гидрохимические показатели подземных вод карбоновых отложений.

Почвы южной и центральной части Луганщины активно загрязняют предприятия угольной промышленности. Породные отвалы, которые негативно влияют на окружающую среду прилегающих территорий, занимают значительные площади плодородных земель. В последние 15 лет участились случаи несанкционированной добычи полезных ископаемых открытым способом. В результате происходит нарушение поверхностного слоя почвы и засорения земель.

По данным Луганского областного государственного проектно-технологического центра охраны плодородия почв и качества продукции (2013 г), в западной и южной части региона наблюдаются случаи загрязнения почв тяжелыми металлами, а также фрагментарные и локальные загрязнения радионуклидами [16; 23].

Сложную экологическую ситуацию почв Луганщины создают: Алчевский металлургический комбинат, Стахановский коксохимзавод, Луганская ТЭС, Северодонецкое ПО «Азот», ПО «Стеклопластик», луганские заводы («Октябрьской революции», «ЛМЗ» и др.) предприятия водопроводно-канализационного хозяйства региона. Например, в зоне рассеивания выбросов Алчевским металлургическим комбинатом превышение фонового уровня тяжелых металлов в почвах составляют 5–11 раз, Луганской ТЭС – в 2–3,6 раза. Обследование экологического состояния земель вокруг Алчевского металлургического комбината показало, что в радиусе 1,5 км от него загрязнение почв характеризуется как «опасное», в зоне до 2,5 км – «умеренно опасное», в зоне от 2,5 до 30 км – «допустимое» [28]. Как видно из примера, деятельность крупных промышленных предприятий негативно сказывается на состоянии и качестве почв, и соответственно, крайне негативно отзовется в состоянии здоровья населения.

Все эти, а также и другие факторы приводят к ухудшению химического и компонентного качества почв.

? Вопросы для обсуждения:

1. Перечислите основные отрасли промышленности в Луганщине, которые наиболее загрязняют отходами почвы.

2. Охарактеризуйте влияние породных отвалов угольных шахт на загрязнение атмосферного воздуха в угледобывающих районах Луганщины.

3.1 ПОНЯТИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Природоохранной является любая деятельность, направленная на сохранение качества окружающей среды на уровне, который обеспечивает стойкость биосферы[29].

К ней принадлежат как крупномасштабная, осуществляемая на общегосударственном уровне, деятельность по сохранению эталонных образцов нетронутой природы и сохранение биоразнообразия на Земле, организации научных исследований, подготовки специалистов-экологов и экологического образования населения, так и деятельность отдельных предприятий по очистке от вредных веществ отходящих газов и сточных вод, снижения норм использования природных ресурсов и т.п. и такая деятельность осуществляется преимущественно инженерными методами.

Существует два направления природоохранной деятельности предприятий.

Первый – это **очистка вредных выбросов и стоков**. Однако этот путь не достаточно эффективен, поскольку с его помощью не всегда удается полностью остановить поступление вредных веществ в атмосферу, гидросферу и почвы. И причин тому может быть несколько. Например, применение устаревших природоохранных технологий (устаревшего оборудования), либо неправильная эксплуатация и нерациональное применение оборудования.

К тому же очень часто сокращение уровня загрязнения одним компонентом (компонентами) приводит к усилению загрязнения другого. Например, применение оборудования для мокрого пыле- и газоулавливания позволяет, эффективно снижать загрязнение атмосферного воздуха, но приводит к увеличению уровня загрязнения воды и образованию жидких шламов, которые, в свою очередь, требуют дальнейшей утилизации.

Использование очистных сооружений, даже самых эффективных, резко сокращает загрязнение окружающей среды, однако не решает проблемы полностью, поскольку в процессе функционирования этих установок также образуются отходы, хотя и в меньшем объеме, но с повышенной концентрацией вредных веществ. Из-за действующего на планете закона сохранения масс и энергии и согласно третьему закону термодинамики, полная 100%-ная очистка не возможна. Обязательно на каком-то этапе все равно будут образовываться отходы. Также, необходимо понимать, что работа почти всех очистных установок требует большого количества

электроэнергии, что также является опасным фактором для окружающей среды.

Также загрязнители, на обезвреживание которых тратятся значительные финансовые ресурсы, являются веществами, в которые уже вложен труд и которые, за небольшим исключением, возможно использовать в каком-либо другом производстве.

Для достижения высоких эколого-экономических результатов необходимо процесс очищения вредных веществ объединить с процессом утилизации уловленных веществ, что сделает возможным объединения первого направления со вторым – *устранение причин загрязнения*.

Реализация этого направления требует разработки малоотходных технологий производства, которые позволили бы комплексно и там, где это возможно, использовать отходы производства и утилизировать максимум вредных для природы веществ.

Однако не для всех производств существуют принятые технико-экономические решения касательно резкого сокращения количества отходов и разработки методов их утилизации, поэтому в реальных условиях приходится пока работать в условиях двух указанных направлений.

К тому же никакие очистные сооружения и малоотходные технологии не могут восстановить стойкость биосферы, если будут превышены пороговые (допустимые) значения сокращения природных, не измененных человеком экосистем. Именно тут проявляется действие закона незаменимости в биосфере. Таким порогом может стать использование более 1% энергетики биосферы и глубокое преобразование более 10% природных территорий (это правила 1 и 10%). Поэтому технические достижения не освобождают от необходимости решения проблем смены приоритетов общественного развития, стабилизации народонаселения, создания достаточного количества заповедных территорий и т.п. [29].

Учитывая вышесказанное, необходимо отметить, что природоохранная деятельность предприятий – это сложный и очень важный этап в снижении негативного воздействия на биосферу, это та мера ответственности, которая возложена на каждого собственника промышленного предприятия для сохранения природы и ее ресурсов не только сегодня, но и для будущих поколений. Но если бы мы только на собственника предприятия возлагали всю ответственность за очистку вредных выбросов, эффект от данного действия был бы небольшим. Необходимо также и со стороны государства осуществлять контроль природоохранной деятельности предприятий, согласовывать виды хозяйственной и природоохранной деятельности и т.п.

Поэтому далее будут рассмотрены виды контроля природоохранной деятельности предприятий, понятие экологического паспорта предприятия и методы очистки выбросов, сточных вод, а также правила обращения с отходами производства.

? **Вопросы для обсуждения:**

1. *Какая деятельность называется природоохранной?*
2. *Какие направления природоохранной деятельности Вам известны?*

3.2 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

При обосновании требований к параметрам биосферы необходимо знать оценку разных 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. При рассмотрении методов не следует забывать, что состояние биосферы изменяется под влиянием как естественных, так и антропогенных (техногенных) воздействий [1;30].

Контролем естественных изменений состояния природной среды занимаются геофизические службы, а изменений под влиянием жизнедеятельности человека – службы экологического мониторинга.

Экологический мониторинг – это комплексная научно-информационная система наблюдений, оценки и прогнозирования изменений состояния окружающей природной среды и живых организмов под влиянием антропогенных факторов.

Основными элементами мониторинга являются: 1) наблюдение за факторами воздействия и состоянием окружающей среды; 2) прогнозирование будущего состояния среды; 3) оценка фактического и прогнозируемого состояния среды; 4) принятие управленческих решений [9; 29].

Создание универсальных методов измерения вредных выбросов как в атмосфере, так и в локальных выбросах представляет сложную метеорологическую 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 разделяют на три основные группы:

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

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

3 – приборы (хроматографические, масс-спектрометрические, спектральные, электрохимические) для анализа воздуха и водных сред [1].

Существует классификация систем мониторинга по учитываемым факторам и источникам воздействий, реакциям основных составляющих биосферы на эти воздействия, методам наблюдения и т.п.

Организационные формы проведения экологического контроля [1; 31]:

1. *Государственная экологическая экспертиза (ГЭЭ)* проводится в целях 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. Проводят ГЭЭ специально уполномоченные на то экспертные государственные органы, основными из которых являются министерства в сфере охраны природы. Главные задачи ГЭЭ: 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 или иной деятельности, прошедшие ГЭЭ и получившие ее положительное заключение.

2. *Экологический аудит (аудирование)* – вид деятельности по управлению качеством окружающей среды. В общем виде экологический аудит можно определить как добровольную внутреннюю самопроверку деятельности некоторой производственной структуры в целях приведения этой деятельности в соответствие с документами, регламентирующими природопользование и, сокращение тем самым фактического и потенциального экологического и финансового ущерба из-за несоблюдения этих регламентирующих документов.

Эффективность программ экологического аудита обеспечивают:

- неперемнная поддержка аудита и оценка его результатов руководством предприятия;
- независимость функции аудирования от реализуемой деятельности;
- профессионализм группы аудировов;
- четко обозначенные цели, рамки, ресурсы и частота проведения экологического аудита;
- адекватность процесса сбора, анализа, интерпретации и документирования результатов целям аудита;
- наличие специальных процедур (алгоритмов), обеспечивающих объективное изложение результатов аудирования в письменных отчетах;
- мероприятия, гарантирующие качество экологического аудита.

3. *Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)* – это заключение о воздействии хозяйственного объекта на все элементы окружающей среды, составленное в соответствии с утвержденными правилами. С 1998 года требование о проведении ОВОС было распространено на все сферы деятельности в Украине и России [1; 32; 33].

? *Вопросы для обсуждения:*

- 1. Что такое экологический мониторинг?*
- 2. Какие организационные формы проведения экологического мониторинга Вам известны?*
- 3. В чем заключается экологический аудит и что он обеспечивает?*
- 4. В чем заключается экологическая экспертиза?*

3.3 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Экологический паспорт промышленного предприятия согласно ГОСТ 17.0.0.04-90 «Экологический паспорт промышленного предприятия» является документом, в котором должны быть отражены следующие сведения:

- применяемые предприятием технологии;
- количественные и качественные характеристики используемых материальных и энергетических ресурсов (сырье, топливо и др.);
- показатели выпускаемой продукции;
- количественные и качественные характеристики газовых выбросов, жидких сбросов (стоков) и твердых отходов;
- результаты сравнения технологий предприятия с лучшими отечественными и зарубежными аналогами [4].

Целью экологической паспортизации является установление количественных и качественных характеристик природопользования (сырья, топлива, энергии), а также количественных и качественных характеристик загрязнения окружающей среды выбросами, стоками (сбросами), отходами и излучениями; получением удельных показателей природопользования и загрязнения окружающей среды предприятием, которые позволяют анализировать используемые предприятием технологии и оборудование по сравнению с лучшими отечественными и зарубежными образцами, а также ведомости про вред, который наносит предприятие природе (природным объектам) [29].

Информация, содержащаяся в экологическом паспорте, предназначена для решения следующих природоохранных задач:

- оценка влияния технологий и выпускаемой продукции на биосферу, здоровье человека и определение размера платы за природопользование и загрязнение среды;
- установление предприятию предельно допустимых норм выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в биосферу;

- планирование предприятием природоохранных мероприятий и оценка их эффективности;
- экспертиза проектов реконструкции предприятия;
- контроль соблюдения предприятием законодательства в области охраны природной среды;
- повышение эффективности использования сырьевых, материальных и энергетических ресурсов и вторичная переработка отходов.

Экологический паспорт составляется службами предприятия (иногда с помощью отраслевых институтов или других профильных организаций) и утверждается его руководством. Паспорт для проектируемых, реконструируемых и расширяющихся предприятий заполняется на стадии разработки соответствующего проекта. Экологический паспорт составляется на основе согласованных и утвержденных основных показателей производства, разрешения на природопользование, паспортов газо- и водоочистного оборудования, данных государственной статистической отчетности, инвентаризации источников загрязнения, проектов и других нормативно-технических документов [4].

При составлении экологического паспорта необходимо придерживаться следующей его структуры:

1. Общие сведения о предприятии.
2. Краткая природно-климатическая характеристика района расположения предприятия.
3. Цеха и производственные объекты.
4. Использование земельных ресурсов.
5. Расход сырья и вспомогательных материальных ресурсов по видам продукции.
6. Расход энергоресурсов по видам продукции.
7. Характеристика выбросов в атмосферу.
8. Характеристика водопотребления, водоотведения и очистки сточных вод на предприятии.
9. Характеристика отходов, образующихся на предприятии.
10. Характеристика полигонов и накопителей, предназначенных для захоронения (складирования) отходов.
11. Снятие плодородного слоя почвы и рекультивация нарушенных земель.
12. Транспорт предприятия.
13. Плата за выбросы, сбросы, размещение отходов загрязняющих веществ в окружающую среду.

? Вопросы для обсуждения:

1. Что такое экологический паспорт предприятия?
2. Какие сведения о предприятии должны быть указаны в экологическом паспорте?

3. *Кем составляется экологический паспорт и на основе каких показателей?*

3.4 МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ И ПЫЛЕ-ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

С целью уменьшения загрязнения атмосферного воздуха промышленными выбросами необходимо на всех промышленных предприятиях организовывать эффективную их очистку.

Выбросы (выброс) в атмосферу – это кратковременное или за определенное время (час, сутки) поступление в атмосферу любых загрязнителей [5].

Для обезвреживания аэрозолей (пылей и туманов) используют сухие, мокрые и электрические методы.

Методы очистки по их основному принципу можно разделить на механическую очистку, электростатическую очистку и очистку с помощью звуковой и ультразвуковой коагуляции.

Механическая очистка газов (аэрозолей) включает *сухие* и *мокрые* методы.

К *сухим* методам относятся:

- 1) гравитационное осаждение;
- 2) инерционное и центробежное пылеулавливание;
- 3) фильтрация.

В *мокрых пылеуловителях* осуществляется контакт запыленных газов с жидкостью. При этом осаждение происходит на капли, на поверхность газовых пузырей или на пленку жидкости.

Кроме того, все аппараты отличаются друг от друга как по конструкции, так и по принципу осаждения взвешенных частиц.

Выбор метода и аппарата для улавливания аэрозолей в первую очередь зависит от их дисперсного состава (табл. 3.1)

Таблица 3.1

Зависимость аппарата для улавливания от размера частиц [1]

Размер частиц, мкм	Аппараты
40–1000	Пылеосадительные камеры
20–1000	Циклоны диаметром 1–2 м
5–1000	Циклоны диаметром 1 м
20–100	Скрубберы
0,9–100	Тканевые фильтры
0,05–100	Волокнистые фильтры
0,01–10	Электрофильтры

Гравитационное осаждение основано на осаждении взвешенных частиц под действием силы тяжести при движении запыленного газа с малой скоростью без изменения направления потока. Процесс проводят в отстойных газоходах и пылеосадительных камерах. Для уменьшения высоты осаждения частиц в осадительных камерах установлено на расстоянии 40–100 мм множество горизонтальных полок, разбивающих газовый поток на плоские струи. Степень очистки воздуха в пылеосадочных камерах не превышает 50–60%. Метод пригоден лишь для предварительной, грубой очистки газов.

Инерционное осаждение основано на стремлении взвешенных частиц сохранять первоначальное направление движения при изменении направления газового потока. Среди инерционных аппаратов наиболее часто применяют жалюзийные пылеуловители с большим числом щелей (жалюзи). Газы обеспыливаются, выходя через щели и меняя при этом направление движения. Частицы пыли с $d < 20$ мкм в жалюзийных аппаратах не улавливаются. Степень очистки в зависимости от дисперсности частиц составляет 20–70%. Инерционный метод можно применять лишь для грубой очистки газа. Помимо малой эффективности недостаток этого метода – быстрое истирание или забивание щелей.

Центробежные методы очистки газов основаны на действии центробежной силы, возникающей при вращении очищаемого газового потока в очистном аппарате или при вращении частей самого аппарата. В качестве центробежных аппаратов пылеочистки применяют циклоны различных типов: батарейные циклоны, вращающиеся пылеуловители (ротоклоны) и др. Степень очистки от пыли зависит от размеров частиц. Для циклонов высокой производительности, в частности батарейных циклонов, степень очистки составляет около 90% при диаметре частиц $d > 30$ мкм. Для частиц с $d = 30$ мкм степень очистки снижается до 80%, а при $d = 5$ мкм она составляет менее 40%. Циклоны широко применяют при грубой и средней очистке газа от аэрозольей.

Фильтрация основана на прохождении очищаемого газа через различные фильтрующие ткани (хлопок, шерсть, химические волокна, стекловолокно и др.) или через другие фильтрующие материалы (керамика, металлокерамика, пористые перегородки из пластмассы и др.). Фильтрация – весьма распространенный прием тонкой очистки газов. Ее преимущества – сравнительная низкая стоимость оборудования (за исключением металлокерамических фильтров) и высокая эффективность тонкой очистки. Недостатки фильтрации – это высокое гидравлическое сопротивление и быстрое забивание фильтрующего материала пылью.

Остановимся на некоторых методах очистки поподробнее.

Инерционные пылеуловители. При резком изменении направления движения газового потока частицы пыли под воздействием инерционной силы будут стремиться двигаться в прежнем направлении и после поворота потока газов выпадают в бункер. Эффективность этих аппаратов небольшая. На рис. 3.1 представлены три типа инерционных пылеуловителей наиболее

применяемые в промышленной очистке отходящих газов: с перегородкой, с плавным поворотом газового потока и с расширяющимся конусом.

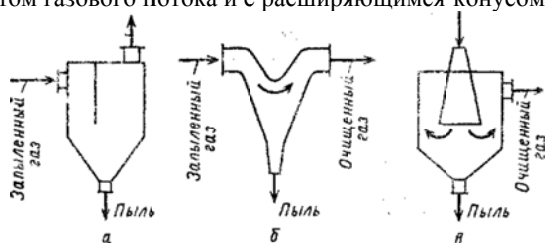


Рисунок 3.1 –Инерционные пылеуловители:

а – с перегородкой; *б* – с плавным поворотом газового потока;

в – с расширяющимся конусом.

Жалюзийные аппараты. Эти аппараты имеют жалюзийную решетку, состоящую из рядов пластин или колец. Очищаемый газ, проходя через решетку, делает резкие повороты. Пылевые частицы вследствие инерции стремятся сохранить первоначальное направление, что приводит к отделению крупных частиц из газового потока, тому же способствуют их удары о наклонные плоскости решетки, от которых они отражаются и отскакивают в сторону от щелей между лопастями жалюзи. В результате газы делятся на два потока. Пыль в основном содержится в потоке, который отсасывают и направляют в циклон, где его очищают от пыли и вновь сливают с основной частью потока, прошедшего через решетку. Скорость газа перед жалюзийной решеткой должна быть достаточно высокой, чтобы достигнуть эффекта инерционного отделения пыли (рис. 3.2). Обычно жалюзийные пылеуловители применяют для улавливания пыли с размером частиц >20 мкм.

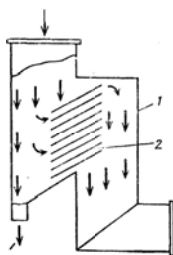


Рисунок 3.2 – Жалюзийный пылеуловитель:

1 – корпус; 2 – решетка.

Циклоны. Циклонные аппараты наиболее распространены в промышленности. По способу подвода газов в аппарат их подразделяют на циклоны со спиральными, тангенциальным и винтообразным, а также осевым подводом (рис. 3.3).

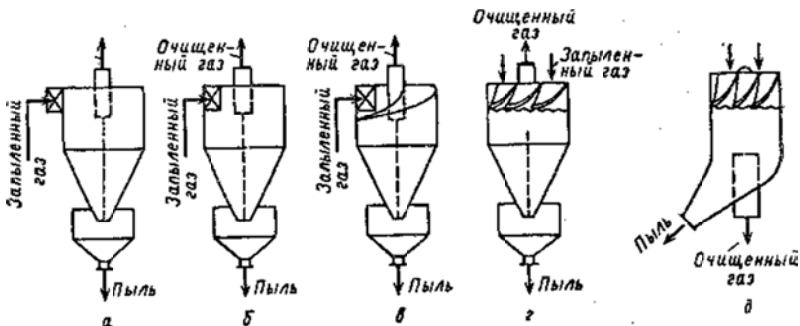


Рисунок 3.3 – Основные виды циклонов (по подводу газов):
 а – спиральный; б – тангенциальный; в – винтообразный; г, д – осевые.

Циклоны с осевым подводом газов работают как с возвратом газов в верхнюю часть аппарата, так и без него. Газ вращается внутри циклона, двигаясь сверху вниз, а затем движется вверх. Частицы пыли отбрасываются центробежной силой к стенке. Обычно в циклонах центробежное ускорение в несколько сот, а то и тысячу раз больше ускорения силы тяжести, поэтому даже весьма маленькие частицы пыли не в состоянии следовать за газом, а под влиянием центробежной силы движутся к стенке (рис. 3.4).

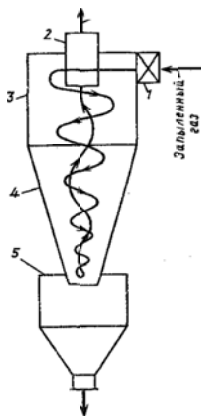


Рисунок 3.4 – Циклон:
 1 – входной патрубок; 2 – выхлопная труба; 3 – цилиндрическая камера;
 4 – коническая камера; 5 – пылесадительная камера.

В промышленности циклоны подразделяются на высокоэффективные и высокопроизводительные.

При больших расходах очищаемых газов применяют групповую компоновку аппаратов (например, батарейные циклоны). Это позволяет не увеличивать диаметр циклона, что положительно сказывается на

эффективности очистки. Запыленный газ входит через общий коллектор, а затем распределяется между циклонами.

Батарейные циклоны – объединение большого числа малых циклонов в группу. Снижение диаметра циклонного элемента преследует цель увеличения эффективности очистки.

В Приложении 2 представлены фото промышленных циклонов.

Вихревые пылеуловители. Отличием вихревых пылеуловителей от циклонов является наличие вспомогательного закручивающего газового потока.

В аппарате соплового типа запыленный газовый поток закручивается лопаточным завихрителем и движется вверх, подвергаясь при этом воздействию трех струй вторичного газа, вытекающих из тангенциально расположенных сопел. Под действием центробежных сил частицы отбрасываются к периферии, а оттуда в возбуждаемый струями спиральный поток вторичного газа, направляющий их вниз, в кольцевое межтрубное пространство. Вторичный газ в ходе спирального обтекания потока очищаемого газа постепенно полностью проникает в него. Кольцевое пространство вокруг входного патрубка оснащено подпорной шайбой, обеспечивающей безвозвратный спуск пыли в бункер. Вихревой пылеуловитель лопаточного типа отличается тем, что вторичный газ отбирается с периферии очищенного газа и подается кольцевым направляющим аппаратом с наклонными лопатками (рис. 3.5).

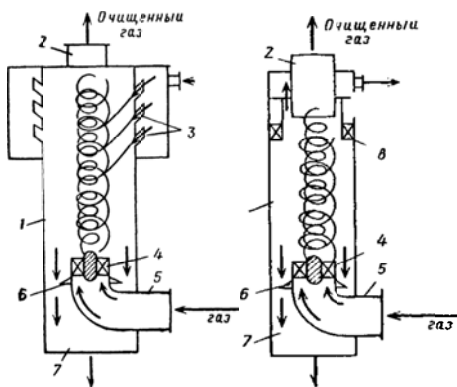


Рисунок 3.5 – Вихревые пылеуловители:

а – соплового типа; б – лопаточного типа:

- 1 – камера; 2 – выходной патрубок; 3 – сопла; 4 – лопаточный завихритель типа «розетка»;
- 5 – входной патрубок; 6 – подпорная шайба; 7 – пылевой бункер; 8 – кольцевой лопаточный завихритель.

В качестве вторичного газа в вихревых пылеуловителях может быть использован свежий атмосферный воздух, часть очищенного газа или

запыленные газы. Наиболее выгодным в экономическом отношении является использование в качестве вторичного газа запыленных газов.

Как и у циклонов, эффективность вихревых аппаратов с увеличением диаметра падает. Могут быть батарейные установки, состоящие из отдельных мультиэлементов диаметром 40 мм.

Динамические пылеуловители. Очистка газов от пыли осуществляется за счет центробежных сил и сил Кориолиса, возникающих при вращении рабочего колеса тягодутьевого устройства.

Наибольшее распространение получил дымосос-пылеуловитель. Он предназначен для улавливания частиц пыли размером >15 мкм. За счет разности давлений, создаваемых рабочим колесом, запыленный поток поступает в «улитку» и приобретает криволинейное движение. Частицы пыли отбрасываются к периферии под действием центробежных сил и вместе с 8–10% газа отводятся в циклон, соединенный с улиткой. Очищенный газовый поток из циклона возвращается в центральную часть улитки. Очищенные газы через направляющий аппарат поступают в рабочее колесо дымососа-пылеуловителя, а затем через кожух выбросов в дымовую трубу.

Фильтры. В основе работы всех фильтров лежит процесс фильтрации газа через перегородку, в ходе которого твердые частицы задерживаются, а газ полностью проходит сквозь нее.

В зависимости от назначения и величины входной и выходной концентрации фильтры условно разделяют на три класса: фильтры тонкой очистки, воздушные фильтры и промышленные фильтры.

Рукавные фильтры представляют собой металлический шкаф, разделенный вертикальными перегородками на секции, в каждой из которых размещена группа фильтрующих рукавов. Верхние концы рукавов заглушены и подвешены к раме, соединенной с встряхивающим механизмом (для очистки фильтра). Внизу имеется бункер для пыли со шнеком для ее выгрузки. Встряхивание рукавов в каждой из секций производится поочередно (рис.3.6).

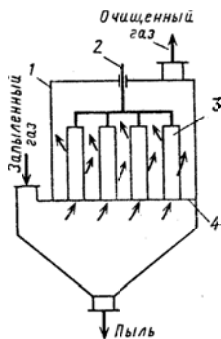


Рисунок 3.6 –Рукавный фильтр:

1 – корпус; 2 –встряхивающее устройство; 3 – рукав; 4 – распределительная решетка.

В последнее время в качестве фильтрующих тканей широко используются синтетические материалы и стекловолокно, которые способны выдерживать температуру отходящих газов 150–250 °С, а также они химические и механически стойкие и менее влагоемки по сравнению с ранее применяемой шерстью и хлопком. Последние давали возможность очищать только промышленные газы с температурой до 100 °С.

Современные рукавные фильтры эффективно очищают отходящие газы (эффективность достигает 90–99%). В Приложении 3 представлен современный рукавный фильтр

Для тонкой очистки используют керамические фильтры, фильтры из пластмассы или стекла. Преимущество их в том, что эффективность пылеулавливания достигает 99% с температурой очищаемого газа до 500 °С.

Волокнистые фильтры. Фильтрующий элемент этих фильтров состоит из одного или нескольких слоев, в которых однородно распределены волокна. Это фильтры объемного действия, так как они рассчитаны на улавливание и накопление частиц преимущественно по всей глубине слоя. Сплошной слой пыли образуется только на поверхности наиболее плотных материалов. Такие фильтры используют при концентрации дисперсной твердой фазы 0,5–5 мг/м³ и только некоторые грубоволокнистые фильтры применяют при концентрации 5–50 мг/м³. При таких концентрациях основная доля частиц имеет размеры менее 5–10 мкм.

Различают следующие виды промышленных волокнистых фильтров:

- *сухие* – тонковолокнистые, электростатические, глубокие, фильтры предварительной очистки (предфильтры);
- *мокрые* – сеточные, самоочищающиеся, с периодическим или непрерывным орошением.

Процесс фильтрации в волокнистых фильтрах состоит из двух стадий. На первой стадии уловленные частицы практически не изменяют структуры фильтра во времени, на второй стадии процесса в фильтре происходят непрерывные структурные изменения вследствие накопления уловленных частиц в значительных количествах.

Наибольшее распространение получил всасывающий рукавный фильтр, который состоит из ряда рукавов, заключенных в герметически закрытый корпус. Подлежащий очистке воздух подается через нижнюю приемную коробку в рукава, заглушенные сверху, проникает сквозь ткань рукавов и удаляется из корпуса через канал. Рукава фильтра очищаются от пыли с помощью специального встряхивающего механизма. Недостатком всасывающих фильтров является значительный подсос воздуха через неплотности (10–15% от объема поступающего на очистку воздуха).

Разработка и промышленное изготовление дешевых фильтровальных тканей, обладающих высокой эффективностью при достаточной механической прочности и стойкости в кислых и щелочных средах, например, при химическом полировании хрустала, открывают пути для более широкого их применения. Так, фильтрующий материал «Бекинокс» (Великобритания) изготавливают как в виде штапеля, так и в виде длинных

нитей различного диаметра из нержавеющей стали. Этот материал при скорости фильтрации $180 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ имеет сопротивление 1200 Па и ту же эффективность, что и текстильные ткани. Он обладает высокой абразивной устойчивостью, температуростойкостью (до $500 \text{ }^\circ\text{C}$), регенерируется любым известным способом и хорошо зарекомендовал себя при фильтрации газов, содержащих SO_2 .

Во Франции при очистке отходящих газов с температурой $400\text{--}500 \text{ }^\circ\text{C}$ применяют рукавные фильтры из металлического фетра, основа которого представляет собой металлическую сетку, наращенную слоем тонкой металлической нити определенной толщины и плотности. По скорости фильтрации, аэродинамическому сопротивлению, количеству потребляемой энергии фильтр идентичен рукавному фильтру из полиэфирного волокна.

Для случая, когда высокая фильтрующая способность должна сочетаться с высокой теплостойкостью и стойкостью к агрессивной химической среде, фирма «Дюпон» (США) предлагает три вида материалов (войлок и ткани) для фильтрации сухих частиц: номекс (арамидное волокно), тефлон (фторуглерод) и тефэр-войлок, выполненный из смеси тефлона (85%) со стекловолокном (15%). Эти материалы выдерживают рабочую температуру $100\text{--}250 \text{ }^\circ\text{C}$ [4].

Зернистые фильтры. Применяются для очистки газов реже, чем волокнистые фильтры. Различают насадочные и жесткие зернистые фильтры. Конструкция зернистого фильтра, представлена на рисунке 3.7.

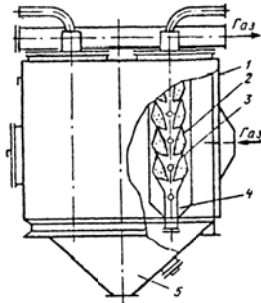


Рисунок 3.7 – Конструкция зернистого фильтра

Фильтр имеет корпус 1, фильтрующие элементы 4, бункер 5, систему импульсной регенерации 3. Фильтрующий элемент содержит четыре пары вертикально размещенных фильтрующих ячеек 2. Ячейка содержит наклонные непроницаемые перегородки, верхние и нижние сетки. Между сетками засыпаются частицы слоем 150 мм размером $3\text{--}5 \text{ мм}$ дробленого материала из магнезита, доломита, гравия и т.д. Перегородки и сетки образуют каналы треугольного сечения, по которым очищенные газы через отверстия в боковине проходят в короб. В каналах для прохода очищенного газа устанавливают перфорированные трубки, служащие для циклической

подачи сжатого воздуха из коллектора. Фильтрующие ячейки разделены перегородками на три равные части. При импульсной продувке нижние ячейки работают в режиме фильтрации, а верхние – в режиме регенерации [4].

Мокрые методы очистки также отличаются разнообразием применяемого оборудования. В мокрых пылеуловителях запыленный газ орошается жидкостью или контактирует с ней.

Полые газопромывателилискрубберы. Наиболее распространены полые форсуночные скрубберы. Они представляют колонну круглого или прямоугольного сечения, в которой осуществляется контакт между газом и каплями жидкости. По направлению движения газа и жидкости полые скрубберы делят на противоточные, прямоточные и с поперечным подводом жидкости (рис. 3.8). Эффективность очистки зависит от смачиваемости пыли и может достигать до 96–98%. В случае плохого смачивания пыли для лучшего ее улавливания применяют поверхностно-активные вещества (ПАВ). Скрубберы можно использовать как для холодных, так и для горячих (нагретых) отходящих газов, которые не содержат в своем составе кислот, хлора и т.п. токсичных веществ, поскольку они будут поступать в атмосферу вместе с очищенным газом в виде тумана (из-за соединения с влагой).

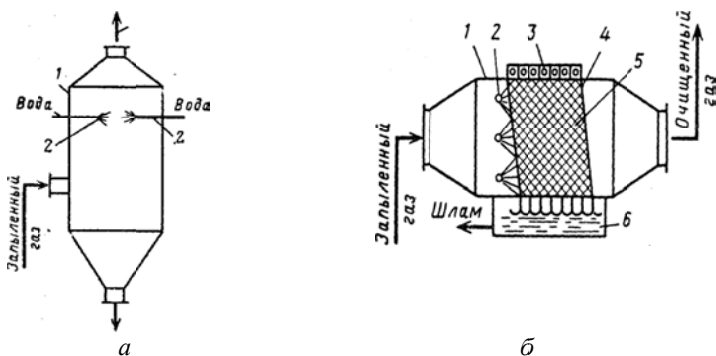


Рисунок 3.8 –Скрубберы:

а – полый форсуночный; *б* – насадочный с поперечным орошением:

- 1 – корпус; 2– форсунки; 7 – корпус; 2– форсунка; 3 –оросительное устройство;
4– опорная решетка; 5 – насадка; 6 – шламосборник.

Также существуют **насадочные газопромыватели** представляют собой колонны с насадкой навалом или регулярной. Их используют для улавливания хорошо смачиваемой пыли, но при невысокой концентрации.

Газопромыватели с подвижной насадкой имеют большое распространение в пылеулавливании. В качестве насадки используют шары из полимерных материалов, стекла или пористой резины. Насадкой могут быть кольца, седла и т.д. Плотность шаров насадки не должна превышать плотности жидкости (рис. 3.9).

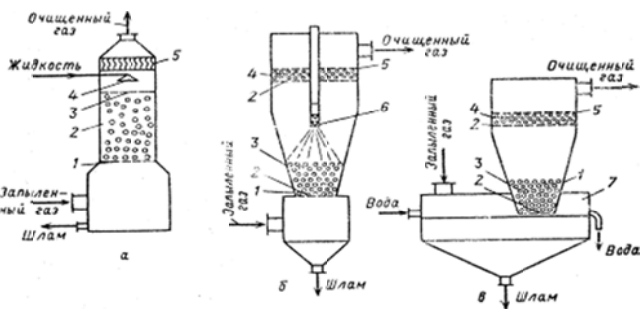


Рисунок 3.9 –Газопромыватели с подвижной насадкой:

а – с цилиндрическим слоем:

1 – опорная решетка; 2– шаровая насадка;

3– ограничительная решетка; 4 – оросительное устройство; 5 – брызгоуловитель;

б и *в* – с коническим слоем (форсуночный и эжекционный):

1 – корпус; 2– опорная решетка; 3– слой шаров; 4– брызгоуловитель;

5 – ограничительная решетка;

6 – форсунка; 7 – емкость с постоянным уровнем жидкости.

Для обеспечения стабильности работы в широком диапазоне скоростей газа, улучшения распределения жидкости и уменьшения уноса брызг предложены скрубберы с *подвижной шаровой насадкой конической формы (КСШ)*. Разработано два типа аппаратов: форсуночный и эжекционный. В эжекционном скруббере орошение шаров осуществляет жидкостью, которая всасывается из сосуда с постоянным уровнем газами, подлежащими очистке.

Широко распространен также барботажно-пенный скруббер с провальной (а) и переливной (б) решетками (рис. 3.10). В таких аппаратах газ на очистку поступает под решетку 3, проходит через отверстия в решетке и, барботируя через слой жидкости и пены 2, очищается от части пыли за счет осаждения частиц на внутренней поверхности газовых пузырей.

Такие аппараты целесообразно использовать для очистки горячих газов с частичками пыли более 5 мкм. Барботаж используют также в пенных аппаратах. Для образования пены в воду добавляют ПАВ. Эффективность очистки в таких аппаратах может достигать 97%.

Пенный аппарат со стабилизатором пенного слоя. На провальной решетке устанавливается стабилизатор, представляющий собой сотовую решетку из вертикально расположенных пластин, разделяющих сечение аппарата и пенный слой на небольшие ячейки. Благодаря стабилизатору происходит значительное накопление жидкости на тарелке, увеличение высоты пены по сравнению с провальной тарелкой без стабилизатора. Применение стабилизатора позволяет существенно сократить расход воды на орошение аппарата.

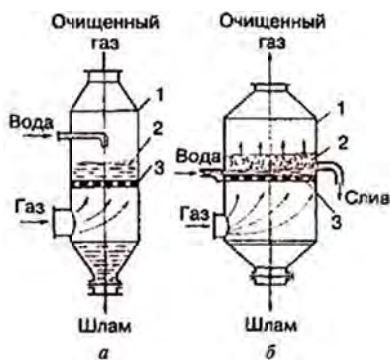


Рисунок 3.10 –Барботажно-пенный скруббер с провальной (а) и переливной (б) решетками

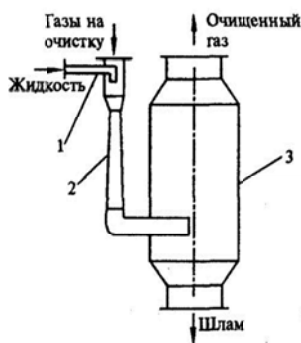
Газопромыватели ударно-инерционного действия. В этих аппаратах контакт газов с жидкостью осуществляется за счет удара газового потока о поверхность жидкости с последующим пропусканием газожидкостной взвеси через отверстия различной конфигурации или непосредственным отводом газожидкостной взвеси в сепаратор жидкой фазы. В результате такого взаимодействия образуются капли диаметром 300–400 мкм.

Газопромыватели центробежного действия. Наиболее распространены центробежные скрубберы, которые по конструктивному признаку можно разделить на два вида:

- 1) аппараты, в которых закрутка газового потока осуществляется при помощи центрального лопастного закручивающего устройства;
- 2) аппараты с боковым тангенциальным или улиточным подводом газа.

Скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури). Основной частью аппаратов является труба-распылитель (труба Вентури), в которой обеспечивается интенсивное дробление орошаемой жидкости газовым потоком, движущимся со скоростью 40–150 м/с (рис. 3.11).

Зачищенный газ поступает сверху в трубу Вентури (1), в конфузорную (сужающуюся) часть которой вводится через распыливающую механическую форсунку орошающая жидкость (чаще всего – вода). В горловине трубы и в диффузорной (расширяющейся) части происходит дробление капелек жидкости, на поверхности которых оседают частицы пыли. Площадь поверхности капелек достаточно велика, чтобы уловить практически всю пыль. Капли жидкости с потоком газа поступают в каплеуловитель(2). Жидкость с частицами пыли выводится через нижний штуцер, а очищенный газ – через верхний улиточный газоотвод.



а



б

Рисунок 3.11 – Схема скруббера Вентури и принцип его работы:
а – схема скруббера, б – принцип работы:

1 – орошающая форсунка; 2 – труба Вентури; 3 – каплеуловитель

В Приложении 4 приведены фото применяемых в промышленности скрубберов Вентури.

Недостатками мокрых способов пылеулавливания является то, что улавливаемая пыль превращается в жидкий шлам, для удаления которого необходимо обустраивать шламовую канализацию, что в свою очередь не только удорожает процесс, но и ставит вопрос об утилизации данного шлама. Также мокрые пылеуловители типа Вентури характеризуются значительными затратами электроэнергии для подачи и распыления воды, и особенно для улавливания пыли с размером частиц менее 5 мкм. Также во время мокрой очистки некоторых отходящих газов возможна щелочная или кислотная коррозия. Значительно ухудшаются условия рассеивания через заводские трубы отходящих газов, увлажненных во время охлаждения в аппаратах такого типа [1; 10; 34].

Для тонкой очистки газов от пыли используют *электростатическую очистку*.

Электростатическая очистка производится с помощью *электрофильтров*. Кроме пыли они могут также очищать газы от аэро- и гидрозолей.

Очистка газа от пыли в электрофильтрах происходит под действием электрических сил. Газовые ионы различной полярности, образующиеся в зоне короны под действием сил электрического поля, движутся к разноименным электродам, вследствие чего в межэлектродном промежутке возникает электрический ток, называемый током короны. Улавливаемые частицы из-за адсорбции на их поверхности ионов приобретают в межэлектродном промежутке электрический заряд и под влиянием сил электрического поля движутся к электродам, осажаясь на них. Основное

количество частиц осаждается на развитой поверхности осадительных электродов, меньшая их часть попадает на коронирующие электроды. По мере накопления на электродах осажденные частицы удаляются встряхиванием или промывкой электродов[35].

На рисунке 3.12 схематически показан принцип работы электрофильтра.

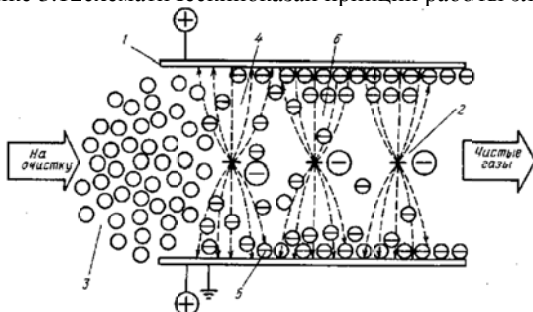


Рисунок 3.12 – Принцип работы электрофильтра:

- 1 – осадительный электрод; 2 – коронирующий электрод; 3 – частицы пыли;
4 – электрическое поле; 5 – слой осевшей пыли; 6 – заряженная зола

На рисунке 3.13 представлена конструктивная схема (а) и фотография (б) электрофильтра.

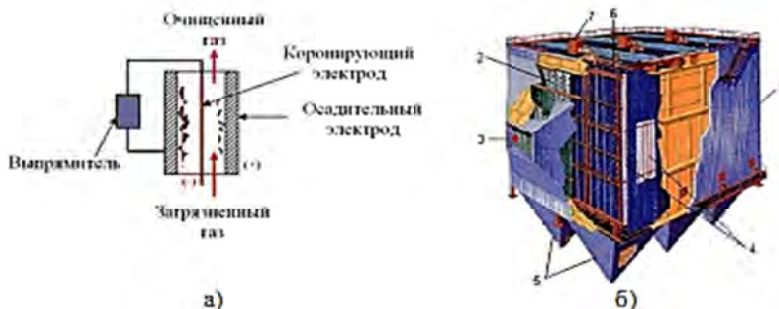


Рисунок 3.13 – Конструктивная схема (а) и фотография (б) электрофильтра [35]:

- 1 – корпус электрофильтра; 2 – распределительная решетка; 3 – вход дымовых газов; 4 – коронирующий электрод; 5 – бункер сбора пыли; 6 – осадительные электроды; 7 – система энергоснабжения фильтра

Электрофильтр питается постоянным током высокого напряжения (50–100 кВт). В сухих электрофильтрах для очистки поверхности электродов от пыли используют встряхивающие устройства ударно-молоткового типа.

При помощи электрофильтров очищают значительные объемы газов от пыли с размерами частичек от 0,01 до 100 мкм и с температурой газов

до 500 °С. Электрофильтры эффективно работают при небольших газовых потоках и степень очистки может достигать в таких случаях 99% [10].

Очистка с помощью звуковой и ультразвуковой коагуляции. Ультразвуковая коагуляция представляет собой процесс сближения и укрупнения, взвешенных в газе или жидкости мелких твердых частиц, жидких капелек и газовых пузырьков под действием акустических колебаний звуковых или ультразвуковых частот [34]. Это одно из последних современных технических решений пылеулавливания, поэтому пока широкого применения не находит.

Различают две стадии коагуляции. Вначале частицы принимают участие в колебательном движении и следуют за движением газа между пучностями и узлами колебаний. При этом они в результате столкновений и под действием сил взаимного притяжения слипаются и увеличиваются в размерах. На второй стадии увеличившиеся частицы уже не следуют за звуковыми колебаниями, а совершают хаотические движения. Причем в результате новых взаимных соударений и столкновений с меньшими частицами их размеры продолжают увеличиваться.

Более высокая частота излучения позволяет коагулировать частицы меньшего диаметра, а для осаждения крупных частиц лучше всего применять низкие частоты. Если распределение частиц аэрозоля полидисперсное, то необходимо использовать ультразвуковое воздействие в широком диапазоне частот. Таким образом, на процесс коагуляции влияют как характеристики аэрозоля (начальная концентрация), так и акустические условия (частота и интенсивность звука, время озвучивания).

В настоящее время известен ряд конструкций источников акустических колебаний, предназначенных для интенсификации процессов в газовых средах.

Излучатели, наиболее часто применяемые на практике, представлены на рисунке 3.14. На рисунке 3.15 схематично показан принцип работы оборудования ультразвуковой очистки от пыли.

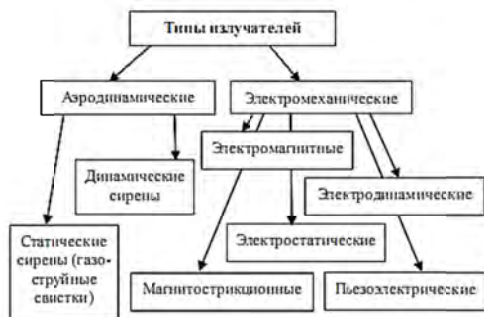


Рисунок 3.14 – Классификация ультразвуковых излучателей, предназначенных для воздействия на газовые среды [35]

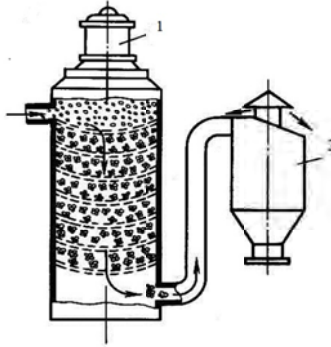


Рисунок 3.15 – Принцип работы оборудования ультразвуковой очистки от пыли:
1 – генератор ультразвука; 2 – циклон.

Кроме пыли в промышленных выбросах также присутствуют токсичные газообразные и парообразные вещества и примеси.

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

Абсорбция – это процесс химического осаждения или связывания загрязняющих веществ во время пропускания очищаемого газа через жидкий поглотитель. Аппараты для такой очистки называют абсорберами. В таких аппаратах очищаемый газ и абсорбирующая жидкость движутся навстречу друг другу [10].

Абсорбционные методы очистки отходящих газов подразделяют по следующим признакам:

- 1) по абсорбируемому компоненту;
- 2) по типу применяемого абсорбента;
- 3) по характеру процесса – с циркуляцией и без циркуляции газа;
- 4) по использованию абсорбента – с регенерацией и возвращением его в цикл (циклические) и без регенерации (не циклические);
- 5) по использованию улавливаемых компонентов – с рекуперацией и без рекуперации;
- 6) по типу рекуперированного продукта;
- 7) по организации процесса – периодические и непрерывные;
- 8) по конструктивным типам абсорбционной аппаратуры.

Абсорбционные методы служат для технологической и санитарной очистки газов, которые содержат токсичные загрязнители – кислотные туманы, диоксид и монооксид углерода, цианиды, сернистые газы, оксиды азота, различные растворители и т.п. Эти методы основаны на избирательной растворимости газо- и парообразных примесей в жидкости (физическая абсорбция) или на избирательном извлечении примесей химическими реакциями с активным компонентом поглотителя (хемосорбция).

Для физической абсорбции на практике применяют воду, органические растворители, не вступающие в реакцию с извлекаемым газом, и водные растворы этих веществ.

Хемосорбция в особенности применима для тонкой очистки газов при сравнительно небольшой начальной концентрации примесей. В качестве абсорбентов применяют воду, растворы аммиака, едких и карбонатных щелочей, солей марганца, этаноламина, масла, суспензии гидроксида кальция, оксидов марганца и магния, сульфат магния и другие [4; 10].

В зависимости от используемого абсорбента (табл. 3.2) и его селективности можно выделить либо один компонент, либо последовательно несколько. В результате абсорбции получают очищенный газ и насыщенный раствор, который должен быть легко регенерируемым с целью извлечения из него полезных газов и возвращения его на стадию абсорбции [4; 36].

Таблица 3.2

Абсорбенты, применяемые для очистки отходящих газов [4]

Поглощаемые компоненты	Абсорбенты
Оксиды азота N_2O_3 , NO_5	Вода, водные растворы и суспензии: $NaOH$, Na_2CO_3 , $NaHCO_3$, KOH , K_2CO_3 , $KHCO_3$, $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$, $Mg(OH)_2$, $MgCO_3$, $Ba(OH)_2$, $BaCO_3$, NH_4HCO_3 .
Оксид азота NO	Растворы $FeCl_2$, $FeSO_2$, $Na_2S_2O_3$, $NaHCO_3$, Na_2SO_3 , $NaHSO_3$.
Диоксид серы SO_2	Вода, водные растворы: Na_2SO_3 , NH_4OH , $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3 , $NaOH$, KOH , $(NH_4)_2SO_3$, $ZnSO_3$, K_2CO_3 , суспензии CaO , MgO , $CaCO_3$, ZnO , золы; ксилитин– вода в соотношении 1:1, диметиланилин $C_6H_3(CH_3)_2NH_2$.
Сероводород H_2S	Водный раствор $Na_2CO_3+Na(AsO)_4+(Na_2HAsO_3)$; водный раствор $As_2O_3+NH_3+NH_4AsO_3$; моноэтаноламин (10-15%-ный раствор); растворы K_3PO_4 ; растворы K_3PO_4 D0-50%-ные), NH_4OH , K_2CO_3 , $CaCN_2$. натриевая соль антрахинондисульфокислоты.
Оксид углерода CO	Жидкий азот; медно-аммиачные растворы $[Cu(NH_3)]n \cdot COCN$.
Диоксид углерода CO_2	Водные растворы Na_2CO_3 , K_2CO_3 , $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$, NH_4OH , этаноламина RNH_2 , R_2NH_4 .
Хлор Cl_2	Растворы $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3 , K_2CO_3 , $MgCO_3$, $CaCO_3$, $Na_2S_2O_3$; тетрахлоридметан CCl_4 .
Хлористый водород HCl	Вода, растворы $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3 , K_2CO_3 .
Соединения фтора HF , SiF_4	Растворы Na_2CO_3 , $NaOH$, $Ca(OH)_2$.

Абсорбционная очистка – это непрерывный и, как правило, циклический процесс, так как поглощение примесей обычно сопровождается регенерацией поглотительного раствора и его возвращением в начало цикла очистки. Выбор метода очистки зависит от многих факторов: концентрации извлекаемого компонента в отходящих газах, объема и температуры газа, содержания примесей, наличия хемосорбентов, возможности использования

продуктов рекуперации, требуемой степени очистки. Выбор производят на основании результатов технико-экономических расчетов. Абсорбционные методы характеризуются непрерывностью и универсальностью процесса, экономичностью и возможностью извлечения больших количеств примесей из газов [10].

Очистная аппаратура аналогична уже рассмотренной аппаратуре мокрого улавливания аэрозолей. Недостаток этого метода в том, что насадочные скрубберы, барботажные и даже пенные аппараты обеспечивают достаточно высокую степень извлечения вредных примесей и полную регенерацию поглотителей только при большом числе ступеней очистки. Поэтому технологические схемы мокрой очистки, как правило, сложны, многоступенчаты и очистные реакторы (особенно скрубберы) имеют большие объемы. Любой процесс мокрой абсорбционной очистки выхлопных газов от газо- и парообразных примесей целесообразен только в случае его цикличности и безотходности. Но и циклические системы мокрой очистки конкурентоспособны только тогда, когда они совмещены с пылеочисткой и охлаждением газа.

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 адсорберах (фильтрация очищаемых выбросов происходит через неподвижный слой твердого поглотителя) или непрерывных адсорберах (фильтрация очищаемых выбросов происходит через движущийся слой твердого поглотителя). Наиболее распространены адсорберы периодического действия, в которых период контактирования очищаемого газа с адсорбентом чередуется с периодом его регенерации. Конструктивно адсорберы (рис. 3.16) выполняются в виде вертикальных, горизонтальных либо кольцевых емкостей, заполненных пористым адсорбентом. Выбор конструкции определяется скоростью газовой смеси, размером частиц адсорбента, требуемой степенью очистки и рядом других факторов. Вертикальные адсорберы применяют при небольших объемах очищаемого газа, а горизонтальные и кольцевые при производительности до десятков и сотен м³/ч [4; 10].

При проектировании или выборе конструкции адсорбера используют следующие исходные данные: объемный расход очищаемого газа (м/с), концентрацию удаляемой примеси (мг/м³) и давление отходящих газов (Па). В результате расчета определяют необходимую массу адсорбента, конструктивные размеры, гидравлическое сопротивление аппарата и время защитного действия адсорбера [4; 37].

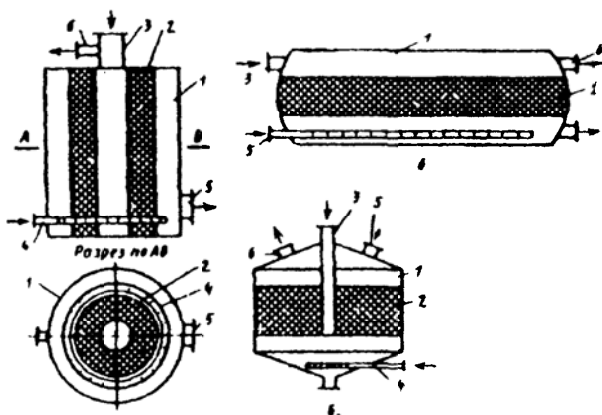


Рисунок 3.16 – Конструктивные схемы адсорберов:

а – вертикальный; б – горизонтальный; в – кольцевой;

1 – адсорбер; 2 – слой активированного угля; 3 – центральная труба для подачи паровоздушной смеси при адсорбции, 4 – барботер для подачи острого пара при десорбции; 5 – труба для выхода инертных по отношению к поглотителю газов при адсорбции, 6 – труба для выхода пара при десорбции.

Достоинством методов адсорбции 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. На рисунке 3.17 представлены схемы каталитических реакторов.

Термические методы (или дожигание) применяют для обезвреживания газов от легко окисляемых токсичных примесей. Дожигание представляет собой метод обезвреживания газов путем термического окисления различных вредных веществ, главным образом органических, в практически безвредные или менее вредные, преимущественно CO_2 и H_2O . Обычные температуры дожигания для большинства соединений лежат в интервале 750–1200 °С. Применение термических методов дожигания позволяет достичь 99%-ной очистки газов.

При рассмотрении возможности и целесообразности термического обезвреживания необходимо учитывать характер образующихся продуктов горения. Продукты сжигания газов, содержащих соединения серы, галогенов, фосфора, могут превосходить по токсичности исходный газовый выброс. В этом случае необходима дополнительная очистка. Термическое дожигание весьма эффективно при обезвреживании газов, содержащих токсичные

вещества в виде твердых включений органического происхождения (сажа, частицы углерода, древесная пыль и т.д.).

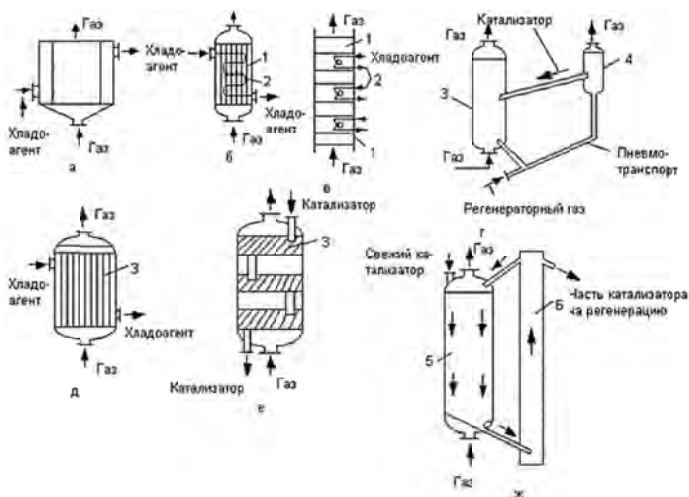


Рисунок 3.17 – Схемы каталитических реакторов:

а – с неподвижным слоем катализатора; б – с неподвижным слоем и с охлаждением; в – многослойный с охлаждением; г – псевдосжиженным слоем; д – с псевдосжиженным слоем и охлаждением; е – многоступенчатый с псевдооживленным слоем; ж – с движущимся слоем.

1 – неподвижный слой; 2 – холодильник; 3 – взвешенный слой; 4 – регенератор; 5 – движущийся слой; 6 – элеватор.

Важнейшими факторами, определяющими целесообразность термического обезвреживания, являются затраты энергии (топлива) для обеспечения высоких температур в зоне реакции, калорийность обезвреживаемых примесей, возможность предварительного подогрева очищаемых газов. Повышение концентрации дожигаемых примесей ведет к значительному снижению расхода топлива. В отдельных случаях процесс может протекать в автотермическом режиме, т.е. рабочий режим поддерживается только за счет тепла реакции глубокого окисления вредных примесей и предварительного подогрева исходной смеси отходящими обезвреженными газами.

Принципиальную трудность при использовании термического дожига создает образование вторичных загрязнителей, таких как оксиды азота, хлор, SO_2 и др.

Разработанные в последние годы установки дожига отличаются компактностью и низкими энергозатратами [2; 10].

Плазмохимический метод основан на пропускании через высоковольтный разряд воздушной смеси с вредными примесями.

Используют, как правило, озонаторы на основе барьерных, коронных или скользящих разрядов, либо импульсные высокочастотные разряды на электрофильтрах. Проходящий низкотемпературную плазму воздух с примесями подвергается бомбардировке электронами и ионами. В результате в газовой среде образуется атомарный кислород, озон, гидроксильные группы, возбужденные молекулы и атомы, которые и участвуют в плазмохимических реакциях с вредными примесями. Основные направления по применению данного метода идут по удалению SO_2 , NO_x и органических соединений. Использование аммиака при нейтрализации SO_2 и NO_x , дает на выходе после реактора порошкообразные удобрения $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и NH_4NH_3 , которые фильтруются.

Недостатком данного метода являются:

- недостаточно полное разложение вредных веществ до воды и углекислого газа, в случае окисления органических компонентов, при приемлемых энергиях разряда;
- наличие остаточного озона, который необходимо разлагать термически либо каталитически;
- существенная зависимость от концентрации пыли при использовании озонаторов с применением барьерного разряда.

Плазмокаталитический метод. Это довольно новый способ очистки, который использует два известных метода – плазмохимический и каталитический. Установки, работающие на основе этого метода, состоят из двух ступеней. Первая – это плазмохимический реактор (озонатор), вторая – каталитический реактор. Газообразные загрязнители, проходя зону высоковольтного разряда в газоразрядных ячейках и взаимодействуя с продуктами электросинтеза, разрушаются и переходят в безвредные соединения, вплоть до CO_2 и H_2O . Глубина конверсии (очистки) зависит от величины удельной энергии, выделяющейся в зоне реакции. После плазмохимического реактора воздух подвергается финишной тонкой очистке в каталитическом реакторе. Синтезируемый в газовом разряде плазмохимического реактора озон попадает на катализатор, где сразу распадается на активный атомарный (O) и молекулярный кислород (O_2). Остатки загрязняющих веществ (активные радикалы, возбужденные атомы и молекулы), не уничтоженные в плазмохимическом реакторе, разрушаются на катализаторе благодаря глубокому окислению кислородом.

Преимуществом этого метода являются использование каталитических реакций при температурах, более низких (40–100 °C), чем при термокаталитическом методе, что приводит к увеличению срока службы катализаторов, а также к меньшим энергозатратам (при концентрациях вредных веществ до 0,5 г/м³).

Недостатками данного метода являются:

- большая зависимость от концентрации пыли, необходимость предварительной очистки до концентрации 3–5 мг/м³;

– при больших концентрациях вредных веществ (свыше 1 г/м³) стоимость оборудования и эксплуатационные расходы превышают соответствующие затраты в сравнении с термokatалитическим методом.

? Вопросы для обсуждения:

1. Что называется выбросом в атмосферу?
2. Какие Вам известны методы очистки отходящих газов на предприятии?
3. В чем отличие мокрой механической очистки отходящих газов от сухой?
4. В чем заключается гравитационное осаждение пылегазовых выбросов и какая аппаратура для этого применяется?
5. В чем заключается инерционное и центробежное осаждение пылегазовых выбросов и какая аппаратура для этого применяется?
6. В чем заключается фильтрация пылегазовых выбросов и какая аппаратура для этого применяется?
7. В чем заключается электростатическая очистка пылегазовых выбросов и какая аппаратура для этого применяется?
8. В чем заключается ультразвуковая коагуляция пыли и какая аппаратура для этого применяется?
9. Для каких выбросов применяются плазмохимические и плазмokatалитические методы очистки?

3.5 МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Вода – это не только жизненно важный ресурс для человека, но и для промышленного производства. Никакое промышленное производство не возможно без воды, а некоторые ее отрасли потребляют настолько большие объемы воды, загрязняя ее, что не задуматься над проблемой ее качества просто невозможно. Приведем в качестве примера некоторые цифры потребления воды на 1 т готовой продукции [10]:

- производство 1 т чугуна – 160–200 м³;
- 1 т стали – 150 м³;
- 1 т никеля – 4000 м³;
- 1 т меди – 500 м³;
- 1 т синтетического каучука – 2000 м³;

- бумаги – от 400 до 800 м³;
- пластмассы – от 500 до 1000 м³;
- нефти – 20 м³.

Теплоэлектростанции и атомные электростанции также потребляют большие объемы воды. Например, на 1 млн кВт мощности ТЭС используют 1,2–1,6 км³ воды, а АЭС – в 1,5–2 раза больше!

При этом, вода, взятая из водного объекта, пройдя все этапы и стадии производства, настолько меняет свое качество, что без предварительной очистки, проведенной согласно установленный государством требований и норм, не подлежит сбросу в водный объект. Поэтому сточные воды предприятий, также как и выбросы в атмосферу, необходимо очищать.

Рассмотрим для начала, что же такое сточные воды.

Воды сточные – это воды, отводимые после использования в производственной и бытовой деятельности человека и которые должны подвергаться очистке [5].

После очистки вода считается очищенной и разрешен ее сброс в водный объект.

Вода очищенная – это вода, доведенная до содержания в ней количества примесей, не превышающего естественного фона или допустимой величины [5].

Однако бывает и так, что сточные воды при низком содержании в них вредных веществ могут считаться условно чистыми.

Условно чистые воды – сточные воды, спуск которых без очистки в данный водный объект не приводит к нарушению нормы качества в местах водопользования или это вода, незагрязненная выше установленного предела или в которой с добавлением чистой воды концентрация загрязнителей доведена до разрешаемого законодательством уровня [5].

Предупреждение загрязнения водных объектов сточными водами может быть обеспечено *организационными и техническими* мероприятиями.

Организационные мероприятия сводятся к предупреждению сброса сточных вод в водоемы без их предварительной очистки.

Технические мероприятия предусматривают очистку сточных вод разными методами, а также повторное использование сточных вод для технических нужд или полива, создание водооборотных и замкнутых систем водопользования, усовершенствование технологических процессов на производствах в направлении сокращения поступления загрязнителей в природные водоемы и водотоки, а также подземные воды, переход на малоотходные технологии и др.

Очистка сточных вод – это обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них вредных веществ.

Методы очистки сточных вод можно разделить на механические, химические, физико-химические (физические и химические) и биологические, когда же они применяются вместе, то метод очистки и обезвреживания сточных вод называется комбинированным.

На рисунке 3.18 представлена схема современных методов очистки (обработки) промышленных сточных вод. Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей.



Рисунок 3.18 – Методы очистки (обработки) промышленных сточных вод

Очистка сточных вод на предприятиях может осуществляться по одной из нижеуказанных схем:

- очистка сточных вод на заводских очистных сооружениях;
- очистка сточных вод после их загрязнения на заводских, а потом на городских очистных сооружениях с последующим спуском в водоемы;
- непрерывная очистка промышленных вод и растворов на локальных очистных сооружениях на протяжении определенного времени, после чего они поступают на регенерацию, после регенерации возвращаются в оборот и только после определения невозможности дальнейшей регенерации усредняются (разбавляются) и поступают на заводские очистные сооружения [2].

Значение повторного использования очищенных сточных вод в системах промышленного водоснабжения в полной мере зависит от конкретных местных условий, применяемых технологий и определяется главным образом возможностью и целесообразностью использования:

- а) сточных вод в системах оборотного и повторного водоснабжения предприятия или цехов;
- б) очистных и обеззараженных хозяйственно-бытовых сточных вод в техническом водоснабжении предприятий или цехов;
- в) очищенных сточных вод одних предприятий для технического водоснабжения других предприятий или цехов [4].

Существуют три основных вида очистных сооружений для сточных вод – *локальные, заводские, районные* или *городские*.

Назначение локальных, или цеховых очистных сооружений заключается, прежде всего, в обезвреживании сточных вод или извлечении

ценных компонентов непосредственно после технологических установок или цехов. На локальных установках механической очистки, коагуляции, электроосаждения, фильтрования, ультрафильтрации и др. очищают сточные воды, которые нельзя направлять без предварительной очистки в систему повторного и оборотного водоснабжения, на общие заводские либо районные очистные сооружения.

Многие крупные предприятия располагают общезаводскими очистными сооружениями, которые имеют установки для механической, физико-химической и биологической очистки.

Районные или городские очистные сооружения предназначены для очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод района.

При совместной очистке сточных вод в последних регламентируется содержание растворимых, взвешенных и всплывающих веществ, продуктов, способных разрушать или засорять коммуникации, взрывоопасных и горючих веществ, а также температура.

По этим причинам сточные воды промышленных предприятий должны подвергаться обязательной *локальной очистке*, основной целью которой является:

- максимальное снижение потерь сырья со сточными водами;
- снижение потребления чистой воды;
- сокращение сброса сточных вод по объему и количеству загрязняющих веществ в водоемы;
- снижение объема внезаводских очистных сооружений и капитальных вложений в их строительство [2; 4].

На рисунке 3.19 представлена схема классификации методов очистки промышленных сточных вод.

По содержанию примесей стоки разделяют на группы:

- 1) воды с нерастворимыми примесями частиц размером больше 10^{-5} – 10^{-4} мм;
- 2) воды, представляющие коллоидные растворы;
- 3) воды, содержащие растворимые органические и неорганические вещества;
- 4) воды, содержащие вещества, диссоциирующие на ионы.

Сущность **механического метода** состоит в том, что из сточных вод путем отстаивания и фильтрации удаляются крупные и мелкие механические (нерастворимые) примеси (твердые и маслянистые). Грубодисперсные частицы, в зависимости от размеров, улавливаются решетками, ситами, песколовками, септиками различных конструкций, а поверхностные загрязнения (жиры, смолы, нефтеродукты) – нефтеловушками, бензомаслоуловителями, жироловками, отстойниками и др. Механическая очистка позволяет выделять до 95% нерастворимых примесей, многие из которых как ценные примеси, используются в производстве.

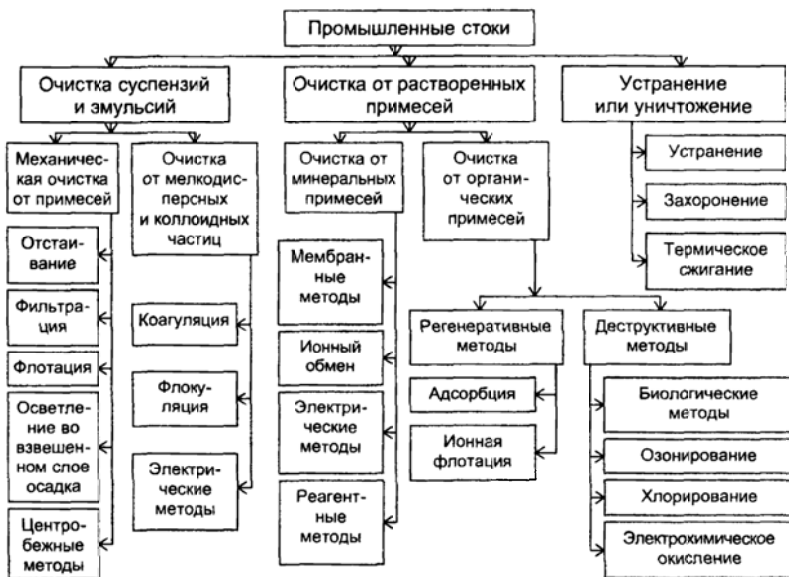


Рисунок 3.19 – Классификации методов очистки промышленных сточных вод [4]

Может осуществляться механическая очистка промышленных стоков следующими методами:

- задержание и измельчение больших по размерам загрязнителей при помощи специальных устройств;
- извлечение механических примесей с помощью элеваторов, решеток, скребков и др. устройств;
- отстаивание загрязнений при помощи нефтеловушек, песколовок и др. устройств;
- разделение воды и загрязнителей с помощью centrifуг и гидроциклонов;
- усреднение стоков чистой водой с целью снижения концентрации вредных веществ и примесей до уровня, при котором стоки можно сбрасывать в водоемы или в канализацию;
- фильтрация стоков через сетки, сита, специальные фильтры, а чаще всего – путем пропускания их через песок;
- осветление воды путем пропускания ее через песок или специальные сооружения, наполненные композициями или минералами, способными поглощать взвешенные частички [2; 10].

Из существующих механических методов очистки промышленных стоков с целью осветления воды наиболее простым является ее *отстаивание*

в отстойниках. Отстойники бывают различных конструкций: вертикальные, горизонтальные и радиальные.

Большие горизонтальные отстойники строят из железобетона высотой до 36 м, шириной от 6 до 18 м и глубиной до 5 м (рис. 3.20).

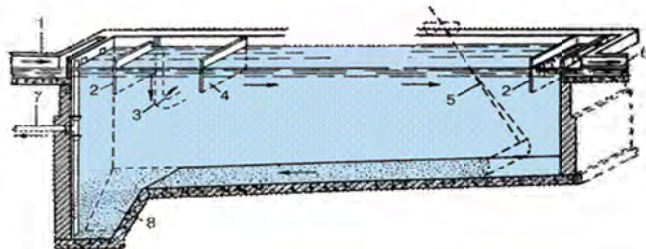


Рисунок 3.20 – Схема работы горизонтального отстойника:

- 1 – приток сточной воды; 2, 4 – порог для образования ляминарного потока;
- 3 – труба для удаления жира и пены в жировой колодец; 5 – устройство для сгребания осевшего ила; 6 – выход осветленной воды; 7 – переливная труба;
- 8 – приемник для сбора ила

Радиальные отстойники (рис. 3.21) имеют диаметр от 18 до 60 м и глубину до 6 м.

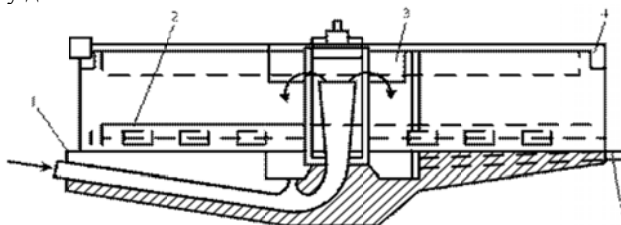


Рисунок 3.21 – Радиальный отстойник:

- 1 – труба для подачи воды; 2 – скребки; 3 – распределительная чаша;
- 4 – водослив; 5 – отвод осадка.

В Приложении 5 показано фото горизонтального отстойника с работой скребкового механизма и фото радиального отстойника.

Горизонтальные отстойники применяют при расходе сточных вод до 20 тыс. м³ в час, а вертикальные – более 20 тыс. м³ в час.

Время отстаивания (например, оседания песка) составляет в среднем 1,5 часа [10].

При расчете отстойной аппаратуры определяющим параметром является скорость осаждения твердых или жидких частиц, зависящая от размеров частиц, плотности твердых частиц, их формы, плотности и вязкости сточной воды, скорости движения воды, условий обтекания и сопротивления среды. Вязкость и плотность таких систем могут меняться и с учетом объемной концентрации.

Для увеличения скорости осаждения частиц примесей в промышленные стоки вводят коагулянты и флокулянты, которые образуют неустойчивые полидисперсные системы [4; 38; 39].

Коллоидные вещества, гидратированные взвеси, мелкодисперсные вещества вследствие их малой плотности (соизмеримой с водой) осаждаются медленно. Даже ввод коагулянтов не обеспечивает заданной степени очистки промышленных стоков.

С целью более глубокой очистки воды от таких примесей и ее осветления используют *флотацию*. Флотацию растворенным в воде воздухом обычно ведут совместно с коагуляцией и флокуляцией взвеси для удаления коллоидных малоконцентрированных (меньше 1%) примесей. Пузырьки воздуха размером 10–100 мкм, выделяющиеся из воды, пересыщенной растворенным в ней воздухом, захватывают взвесь частиц. Воздух диспергируется турбиной – импеллером флотомашины. Иногда воздух вводят под избыточным давлением 0,03–0,2 МПа через сопла или фильтры. Флотация осуществляется крупными (>1000 мкм) быстро всплывающими пузырьками (при расходе воздуха 0,3–5 м³/м³ воды).

При электрофлотации очистку промышленных стоков осуществляют кислородом и водородом, которые выделяются на электродах, размещаемых в осветленной воде. Выделяющийся в ламинарном режиме газ с размером пузырьков 50 мкм обеспечивает высокий эффект очистки.

Биологическая и химическая флотация (автофлотация) происходит в результате взаимодействия пузырьков газа размером 5–50 мкм с поверхностью взвешенных в воде частиц, которые освобождаются от воды. Наибольшую эффективность разделения достигают при соотношении между твердой и газовой фазами, равном 0,01–0,1 соответственно [4].

На практике в сочетании с химической коагуляцией широко применяют *напорную флотацию*, позволяющую обеспечивать осветление воды за 15–40 мин. со скоростью, в 4–5 раз превышающей скорость осаждения и при расходе энергии 0,1–0,2 кВт ч/м³. На рисунке 3.22 показана схема установки для напорной флотационной очистки воды с рециркуляцией.

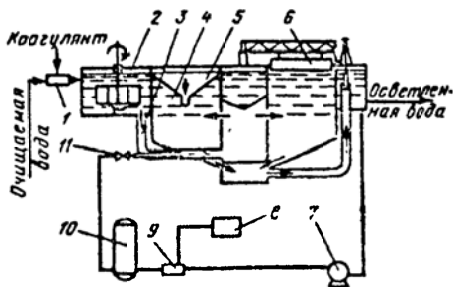


Рисунок 3.22 –Схема установки для напорной флотационной очистки воды с рециркуляцией [4]

Установка с рециркуляцией работает следующим образом. Вода, смешанная с коагулятором в смесителе 1, поступает в камеру хлопьеобразования 2 с лопастной мешалкой, где образуются крупные хлопья коагулянта, сорбирующие коллоидные взвеси. Из камеры 2 коагулированная вода со скоростью 0,2–0,5 м/с перетекает по трубе 3 в центральную камеру 4. В трубу 3 врезан трубопровод, по которому со скоростью 1–2 м/с вводится вода, пересыщенная воздухом. Часть воды, очищенная во флотаторе насосом 7, подается под давлением в смеситель 9, куда компрессором 8 вводится сжатый воздух, и затем в сатуратор 10. В сатураторе за 1–3 мин происходит насыщение воды воздухом и отделение нерастворившегося воздуха. Насыщенная вода после снижения давления в дросселирующем устройстве 11 становится пересыщенной и поступает во флотатор. Тонкий слой пены (10–15 см) со взвесью собирается скребком 6 в приемный бункер 5.

Выделение примесей из сточных вод эффективно осуществляется под действием центробежных и центростремительных сил в *открытых и напорных гидроциклонах*.

Открытые гидроциклоны применяют для выделения из суспензий частиц диаметром более $1 \cdot 10^{-5}$ см при очистке грубодиспергированных примесей. На рисунках 3.23 и 3.24 соответственно показаны применяемые в промышленности конструкции гидроциклонов с диафрагмой многоярусные.

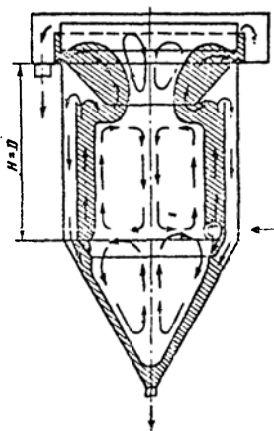


Рисунок 3.23 – Открытый гидроциклон с внутренним цилиндром и конической диафрагмой

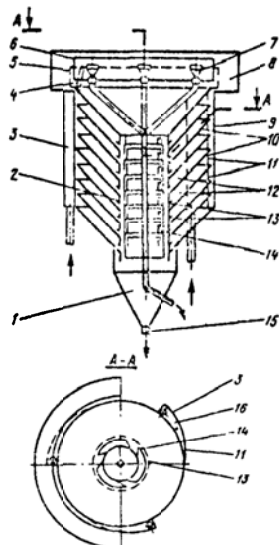


Рисунок 3.24 – Многоярусный низконапорный гидроциклон

Модифицированный гидроциклон с конической диафрагмой и внутренним цилиндром устраняет накопление взвешенных частиц под диафрагмой и их периодический вынос с осветленной водой. Исходную суспензию подают тангенциально в нижнюю часть зоны, ограниченную внутренним цилиндром. Восходящий поток у верхней кромки цилиндра разделяется на основной поток, движущийся по спирали к центральному отверстию в диафрагме, и дополнительный, поступающий в зазор между стенками гидроциклона и цилиндра. В дополнительном потоке транспортируются выделившиеся в восходящем потоке взвешенные частицы.

В многоярусном гидроциклоне (рис. 3.24), состоящем из конической 1 и цилиндрической 9 частей, рабочий объем разделен коническими диафрагмами 10 на отдельные ярусы (зоны), работающие независимо друг от друга. В основе работы такого аппарата лежит принцип тонкослойного отстаивания. Исходная смесь поступает в аванкамеры 3 с распределительными лопатками 16 и равномерно распределяется между ярусами 12. Вывод воды из аванкамер 3 осуществляется через три щели 11, расположенные по окружности циклона через три щели 11, расположенные по окружности циклона через 120° и равномерно по его высоте. Поступающая сточная вода движется по нисходящей спирали к центру. Частицы тяжелее воды оседают на нижних диафрагмах ярусов, сползают к центру и, попав под шламозадерживающие козырьки 13, через кольцевую щель 2 опускаются в коническую часть. Масло с примесями, выделившееся в ярусах, всплывает к верхним диафрагмам 10, задерживается перегородкой 6 и попадает в водосборник, откуда маслосборными воронками 7 через трубы 4 удаляется из гидроциклона. Осветленная вода выводится через три тангенциальных выпуска 14. В центральной части циклона жидкость поднимается вверх, через водослив 5 переливается в лоток 8 и удаляется из циклона. Осадок из конической части 1 удаляется через разгрузочное отверстие 15 под действием гидростатического напора [4].

В общем случае при расчете гидроциклонов, применяя данные кинетики отстаивания, рассчитывают гидродинамические параметры циклона и определяют его геометрические характеристики.

При очистке сточных вод на установках с производительностью не более $200 \text{ м}^3/\text{ч}$ от частиц крупностью более $0,2\text{--}0,3 \text{ мм/с}$ используют циклоны с внутренним цилиндром и конической диафрагмой.

Их характеристики благодаря высокой эффективности и компактности позволяют использовать гидроциклоны вместо отстойников, центробежных сепараторов, центрифуг, фильтров или в сочетании с ними.

Эффективность работы гидроциклонов определяют следующие факторы:

- седиментационные свойства примесей в сточной воде (гидравлическая крупность отделяемых частиц);

- размеры циклона (диаметр и геометрические соотношения между элементами аппарата);

– производительность аппарата, зависящая от его размеров и перепада давлений в нем (расходные характеристики);

– затраты энергии на создание центробежного поля, зависящие от его гидравлического сопротивления [4].

Для очистки сточных вод применяют также и *метод фильтрования*.

Фильтрованием в очистке сточных вод называют процесс разделения неоднородных систем (суспензий) при помощи пористых перегородок и слоев, которые задерживают одну фазу (твердую) и пропускают другую (жидкую) [10].

Аппарат, в котором происходит такой процесс называется *фильтром*.

При реагентной очистке производственных сточных вод применяют скоростные контактные фильтры для удаления грубодисперсных и коллоидных примесей. На рисунке 3.25 показана схема работы скоростного контактного фильтра КФ-5.

Фильтр имеет распределительную систему, расположенную над поверхностью загрузки. Эта система позволяет избежать предварительного хлопьеобразования и создает условия для эффективной коагуляции примесей.

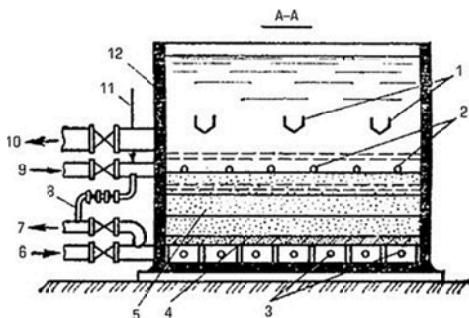


Рисунок 3.25 – Схемарботы скоростного контактного фильтра КФ-5:

1 – желоба для отвода промывной воды; 2 – распределительная система;

2 – устройство для подачи промывной воды; 4 – пористый дренаж;

5 – загрузка фильтра; 6 и 9 – трубопроводы для подачи промывной и исходной воды;

7 – трубопровод для отвода фильтрованной воды; 8 – соединительная линия с регулирующим устройством; 10 – линия сброса промывной воды;

11 – линия подачи коагулянта; 12 – корпус фильтра.

Существуют также горизонтальные осветляющие фильтры, работающие следующим образом. По разным бокам перегородки создают разницу давления, под действием которой осуществляется транспортировка жидкости через перегородку и задержка осадка на ней. Этот процесс разделения суспензий называют *фильтрованием с задержанием осадка*. В тех случаях, когда твердые частички проникают в поры фильтровальной перегородки, задерживаясь в них и образуя осадок, процесс называется *фильтрованием с закупориванием пор*.

Для глубокой механической очистки сточных вод металлургической, химической и легкой промышленностей, а также и биологически очищенных сточных вод (городских или в смеси с производственными) активно применяются фильтры с плавающей загрузкой (ФПЗ) из вспененного полистирола. Схема работы фильтра с плавающей загрузкой представлена на рисунке 3.26.

Поскольку зерна загрузки легче воды, в верхней части безнапорных фильтров для поддержания их в затопленном состоянии устанавливается решетка, под которой загрузка самопроизвольно сортируется по убывающей сверху вниз крупности зерен диаметром от 8–12 до 0,5–1 мм.

Преимущества применения ФПЗ заключаются в их экономичности, простоте конструкции и эксплуатации, долговечности фильтрующей загрузки, эффективности очистки и способности загрузки к гидравлической сортировке в процессе промывки по убывающей крупности гранул.

Существуют также различные конструкции фильтров, предназначенных для очистки специфических производственных сточных вод: например, кварцевые фильтры для извлечения из сточных вод соединений цинка и меди, дисковые фильтры для сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий, электромагнитный фильтр для сточных вод прокатных цехов и др.

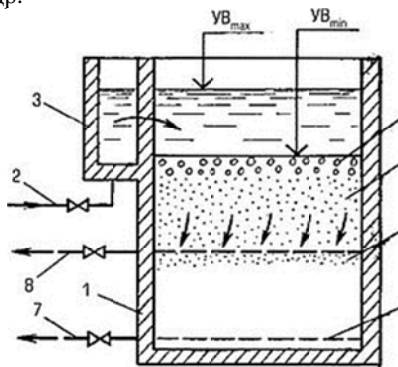


Рисунок 3.26 – Схема работы фильтра с плавающей загрузкой:

- 1 – корпус; 2 – трубопровод для подачи сточной воды; 3 – распределительный канал; 4 – удерживающая решетка; 5 – плавающая загрузка; 6 – нижняя дренажная труба; 7 – отвод промывной воды; 8 – отвод фильтра.

Во время фильтрования сточных вод, которые содержат взвешенные вещества, сквозь слой вспомогательных материалов (песок, доломит и др.) взвешенные вещества могут откладываться на поверхности фильтрующего слоя (пленочное фильтрование) или в порах фильтровального слоя, а также возможно одновременное образование пленки и отложение взвешенных частиц в порах загрузки (например, в фильтрах ФОГ 3.0-6-55). В зависимости

от скорости фильтрования зернистые фильтры бывают медленные (0,1–0,2 м/ч), быстрые (5,5–15 м/ч) и очень быстрые (более 25 м/ч).

Фильтры, загруженные однородным слоем фильтровального материала, называют *однослойными*. Фильтры, загруженные неоднородным по плотности и размеру зерен слоем фильтровального материала, называют *многослойными* [10].

Химические и физико-химические методы очистки сточных вод.

Химический метод заключается в том, что в сточные воды добавляют различные химические реагенты, которые вступают в реакцию с загрязнителями и осаждают их в виде нерастворимых осадков. Химической очисткой достигается уменьшение нерастворимых примесей до 95% и растворимых до 25%.

При ***физико-химическом методе*** обработки из сточных вод удаляются тонко дисперсные и растворенные неорганические примеси и разрушаются органические и плохо окисляемые вещества, чаще всего из физико-химических методов применяется коагуляция, окисление, сорбция, экстракция и т.д. Широкое применение находит также электролиз.

Рассмотрим эти методы поподробнее.

Сточные воды, содержащие минеральные кислоты или щелочи, подвергают *нейтрализации*. Нейтрализацию проводят для предупреждения коррозии материалов очистных сооружений, выделения солей металлов из сточных вод и предупреждения нарушения биохимических процессов в них.

Нейтрализацию осуществляют: смешением кислых и щелочных сточных вод, добавлением реагентов, фильтрованием кислых вод через нейтрализующие материалы и абсорбцией кислых газов щелочными водами или абсорбцией аммиака кислыми водами. Для очистки кислых и щелочных сточных вод используют процесс нейтрализации с применением таких реагентов, как оксиды кальция, гидроксиды натрия, калия и кальция, а также карбонаты кальция, магния и натрия.

Теоретический расход реагентов составляет 0,4–2,5 кг/кг. Время взаимодействия сточных вод и реагента превышает 5 мин, для кислых стоков с ионами металлов – 30 мин[4].

Очистка сточных вод *окислителями*. Наряду с традиционными окислителями, такими, как хлор и хлорсодержащие вещества (гипохлорит натрия, диоксид хлора и др.), пиролизит, кислород воздуха в последние годы применяют озон.

При проведении глубокой очистки воды с успехом применяют озонирование. Озонирование в ряде процессов может заменить коагуляцию с быстрым фильтрованием, адсорбцию на некоторых стадиях очистки сточных вод и в сочетании с другими методами – биохимическую очистку. Наиболее перспективным является применение озона для очистки воды от синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), от нефтепродуктов и очистки сливных вод на стадиях выработки стеклоизделий[4;10].

На рис. 3.27 показано фото установки для озонирования воды.



Рисунок 3.27 – Фото установки для озонирования воды

Озонолиз представляет собой процесс фиксации озона на двойной или тройной углеродной связи с последующим ее разрывом и образованием озонидов, которые неустойчивы и быстро разлагаются. Каталитическое воздействие озонирования состоит в росте окисляющей способности кислорода, присутствующего в озонированном воздухе. Совокупность всех форм окисляющего и дезинфицирующего действия озона обеспечивает его применение на всех стадиях очистки сточных вод и подготовки воды к использованию в процессе производства. При совместном действии озонолиза и окисления радикалами удаляются коллоидные вещества, токсичные микрозагрязнители, растворенные органические вещества.

В настоящее время наиболее эффективно используют инжекторные (ИМТ-600) и роторные аппараты, напорные трубопроводы, змеевики. Инжекторные и роторные аппараты дают равномерное смешение фаз, высокие скорость реакции, степень очистки и более полное использование озона[4].

Для интенсификации окисления применяют кавитирующий эффект, который достигается в кавитационном аэраторе или в центробежной распылительной машине, а также при использовании ультразвуковой энергии. Наибольшее окисление достигается в центробежной распылительной машине (рис. 3.28), где интенсивность механических колебаний в зоне смешения достигает 57 Вт/см^2 .

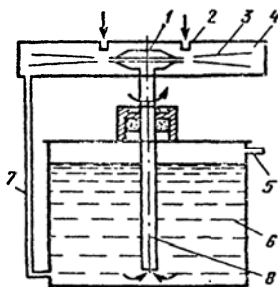


Рисунок 3.28 – Центробежная распылительная машина[4]

Особенностью конструкции являются диски-распылители 1, установленные в камере смешения 4. При заданной частоте вращения дисков-распылителей 42 м/с возникает кавитация. Обрабатываемая вода, подаваемая через патрубки 2, всасывается через полый вал 8, диспергируется дисками, образуя на выходе из зазора между дисками тонкую пленку. Обработанная вода выводится через патрубок 5. Пленка проходит между стационарными направляющими 3, распыляется на капли и пузырьки, которые смешиваются с озонированным воздухом, вводимым через боковые патрубки. Озонированная вода 6 по трубопроводу 7 возвращается в цикл.

Мембранная очистка сточных вод. К основным мембранным методам разделения жидких систем относятся обратный осмос, ультрафильтрация, микрофильтрация, электродиализ. Преимущества этих методов заключаются в возможности ведения процесса при нормальной температуре (кроме процесса испарения через мембрану) без фазовых превращений и при меньших энергетических затратах, чем в других методах очистки, простоте работы аппаратуры, высокой степени разделения, позволяющей увеличить выход готового продукта.

Процессы обратного осмоса, ультрафильтрации и микрофильтрации ведут под избыточным давлением и относят их к группе баромембранных процессов, в которых перенос молекул или ионов растворенных веществ происходит через полупроницаемую перегородку (мембрану) под давлением, превышающим осмотическое. Под осмосом понимается самопроизвольный перенос (молекулярная диффузия) растворителя через мембрану. Различие между обратным осмосом и ультрафильтрацией состоит в том, что при ультрафильтрации разделяются низкоосмотические растворы молекулярной массой больше 500, а при обратном осмосе разделяются растворы низкомолекулярных веществ с высоким осмотическим давлением[4].

Ультрафильтрацию применяют для разделения систем, где молекулярная масса компонентов больше молекулярной массы растворителя, например, для водных систем, в которых один из компонентов имеет молекулярную массу выше 500. Осмотическое давление высокомолекулярных соединений мало, что позволяет проводить ультрафильтрацию при невысоком давлении (0,2–1 МПа). С помощью ультрафильтрации разделяют растворы высокомолекулярных и низкомолекулярных соединений.

При деминерализации сточных вод и различных смесей используют *диализ и электродиализ*.

Диализ является диффузионным процессом разделения веществ в результате их неодинаковой диффузии через мембрану. По существу диализ является разновидностью ультрафильтрации.

Более широкое применение при обработке воды и растворов находит в последние годы *электродиализ*. Электродиализные аппараты, использующие биполярные и ионообменные мембраны, применяют для выделения отдельных компонентов из сточных вод, регенерации и вторичного использования фтористоводородной и азотной кислот, щелочей из

травильных растворов и из жидкостей после скрубберов для очистки газов, сульфата натрия, серной кислоты и т.д.

Для очистки сточных вод применяют мембранную установку, включающую наряду с мембраной и фильтр-держателем, образующими мембранный модуль, емкости, насосы, контрольно-измерительную аппаратуру и системы очистки мембран. При выборе и разработке мембранных установок необходимо учитывать следующие факторы:

- характер фильтруемой среды (жидкость или газ);
- выбор целевого продукта: фильтрата или задержанных мембраной частиц; минимальный размер выделяемых частиц и размер пор мембраны[4].

Установки должны отвечать ряду требований:

1. Материалы разделительной системы должны работать под высоким давлением и быть устойчивыми к коррозии.

2. Компактность установки, простота обслуживания и возможность быстрой разборки и сборки установки при ремонте и транспортировании.

3. Возможность периодического промывания установки для восстановления производительности мембран.

4. Возможность предотвращения отложения осадка на мембранах и снижения влияния концентрированной поляризации. Для этого необходимо обеспечить высокую скорость течения жидкости над мембраной и ее равномерное распределение по секциям и элементам мембранного модуля.

5. Возможность нагрева или охлаждения обрабатываемых жидкостей.

При создании мембранных модулей необходимо обеспечить их механическую прочность, герметичность и другие условия.

В настоящее время мембранные модули классифицируют по способу укладки мембран, по типу корпусов (корпусные и бескорпусные), по условиям демонтажа (разборные и неразборные), по положению мембранных элементов (горизонтальные или вертикальные) и по режиму работы.

Аппараты с плоскими мембранными элементами выпускают корпусными и бескорпусными, периферийными, с общим или отдельным из каждого элемента выводом пермеата. Элементы выполняют круглыми (эллиптическими) и квадратными. На рисунке 3.29 показан аппарат с плоскостными элементами фирмы ДДС (Дания), работающий с растворами при давлении $P = 2$ МПа, $pH = 14$ и температуре до 100 °С.

Аппарат представляет собой пакет мембранных элементов 9 эллиптической формы, находящийся между круглыми фланцами 11. Соосность элементов и их затяжка обеспечиваются направляющими штангами 8. Элементы состоят из пластин 7, покрытых с обеих сторон мембранами 6. Отверстия в пластинах и мембранах точно совмещаются и герметизируются со стороны входа разделяемого раствора в отверстие 10 проточным кольцом 5 и со стороны выхода из него – замковым кольцом 4. В проточных кольцах 5 выполнены прорези в радиальном направлении, обеспечивающие подачу раствора из отверстия одного элемента в межмембранный канал и отвод в другое отверстие следующего элемента. Для распределения разделяемого раствора по секциям одно из отверстий на

соответствующих элементах перекрывают заглушкой 1. Пермеат отбирается из мембранных элементов по гибким капиллярным шлангам 2 и собирается в общий коллектор 3. Опорная пластина выполнена в виде двух склеенных пластмассовых дисков с разветвленной сетью внутренних каналов разного сечения для сбора пермеата. Недостатками аппаратов с эллиптическими элементами являются нерациональный раскрой мембран, опорных пластин, конструктивная и монтажная сложность[4].

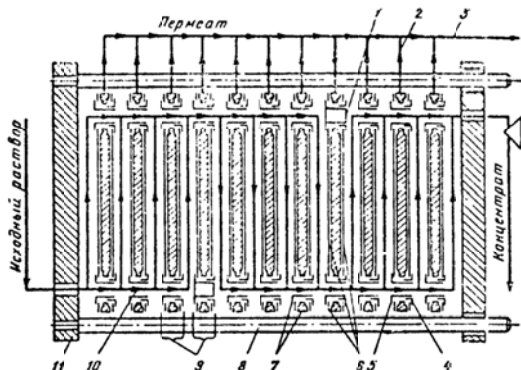


Рисунок 3.29 – Аппарат с плоскорамными элементами фирмы ДДС [4]

Аппараты с трубчатыми мембранными элементами можно использовать для разделения систем (сред) с взвешенными частицами, где не требуется высокая степень предварительной очистки разделяемых систем.

По конструкциям и способам изготовления элементы делят на три типа:

- 1) с подачей разделяемых сред внутрь трубки;
- 2) с подачей разделяемых сред снаружи трубки;
- 3) с подачей разделяемых сред одновременно внутрь и снаружи трубки.

Основными достоинствами трубчатых мембранных элементов являются низкое гидравлическое сопротивление, равномерное движение потока раствора над мембраной с высокой скоростью, отсутствие застойных зон, возможность механической очистки мембранных элементов от осадка без разборки аппарата, малая металлоемкость при бескорпусном выполнении, компактность установки.

К недостаткам устройств относятся малая удельная поверхность мембран ($60\text{--}200 \text{ м}^2/\text{м}^3$) и повышенная точность при изготовлении дренажного каркаса. Каркасом обычно являются перфорированные металлические трубки, пористые трубки из керамических, металлокерамических, пластмассовых и графитовых композиций и стеклопластиков.

Аппараты с элементами рулонного типа (спиральные) имеют высокую удельную поверхность ($300\text{--}800\text{ м}^2/\text{м}^3$), малую металлоемкость, удобны при монтаже и демонтаже элементов. К недостаткам элементов можно отнести высокое гидравлическое сопротивление межмембранных каналов и сложность монтажа [4; 40].

Используемые в модулях мембраны должны обладать высокой разделяющей способностью (селективностью), высокой удельной производительностью (проницаемостью), прочностью и химической стойкостью к действию очищаемых сред. Из большого числа типов мембран можно выделить полимерные мембраны и мембраны с жесткой структурой.

К полимерным относятся мембраны из ароматических полиамидов «Владипор» типа МГА-90, МГА-100 для обратного осмоса с содержанием до $20\text{ кг}/\text{м}^3$, предназначенные для очистки сточных вод и промышленных стоков. Мембраны типа УАМ-80, УАМ-500 используют для разделения водомасляных эмульсий, пигментных красителей и др. методом ультрафильтрации.

Этилцеллюлозные мембраны типа УЭМ-200, УЭМ-500 предназначены для концентрирования, разделения и очистки различных веществ в кислых и особенно щелочных средах. Удельная производительность по воде $33\text{--}300\text{ см}^3/(\text{м}^2\cdot\text{ч})$, средний диаметр пор $(2\text{--}4,5)\cdot 10^{-3}\text{ м}$.

Мембраны на основе ароматических полиамидов «Владипор» типа МГМ-80, МГП-100 рекомендуются для разделения, концентрирования агрессивных сред с рН от 1 до 12, содержащих большинство органических растворителей, и выдерживают в водных средах температуру до $150\text{ }^\circ\text{C}$.

К мембранам с жесткой структурой относятся металлические, из пористого стекла, нанесенные и напыленные. Мембраны этого типа обладают высокой химической стойкостью [4].

Термическое сжигание. Термическое сжигание применяют для уничтожения высококонцентрированных сточных вод, содержащих минеральные или органические элементы. По этому методу сточные воды вводят в печь сжигания и испаряют при температуре $900\text{--}1000\text{ }^\circ\text{C}$. Органические примеси сгорают до продуктов полного сгорания CO_2 , H_2O , NO_2 .

Адсорбция. Адсорбцию применяют преимущественно для выделения из воды органических соединений. Этот метод, как правило, используют в комбинации с другими, а именно на начальной стадии отделения грубодисперсных примесей механическими методами коагуляцией. Потом молекулярно-растворенные примеси органических веществ удаляют адсорбцией на активированном угле. Отработанный активированный уголь регенерируют отгонкой адсорбированных примесей паром (если они используются в дальнейшем) или деструктивной регенерацией (если адсорбированные примеси).

Применение метода кипящего (псевдосжиженного) слоя адсорбента для сорбции загрязняющих органических веществ дает возможность решить

задачу непрерывной смены адсорбента в установках (рис. 3.30), облегчает регенерацию отработанного угля.

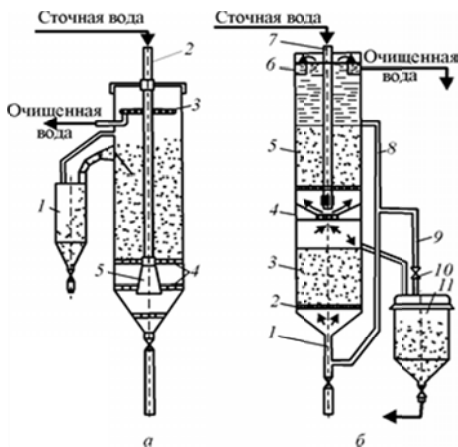


Рисунок 3.30 – Схема адсорбера с псевдосжиженным слоем активного угля [10]:

- а – одноярусный адсорбер: 1 – выносной уплотнитель; 2 – центральная труба; 3 – дырчатая кольцевая труба; 4 – распределительные решетки; 5 – диффузор;
 б – двухъярусный адсорбер: 1 – эжектор; 2 – распределительная решетка; 3 – камера первого яруса; 4 – горловина; 5 – камера второго яруса; 6 – кольцевой желоб; 7 – центральная труба; 8 – переливная труба; 9 – труба для эжектирования отработанной воды; 10 – регулирующий клапан; 11 – выносной уплотнитель

Кроме того, при этом можно предотвратить заиливание слоя адсорбента и применять мелкие фракции активного угля (0,2–0,5 мм). Адсорбцию можно проводить как в одном адсорбере, так и в блоке из двух или трех последовательно соединенных аппаратов [10].

Загрязненные сточные воды очищают также с помощью ультразвука, ионообменных смол и высокого давления. Хорошо зарекомендовала себя очистка путем хлорирования.

Хлорирование. Хлорирование применяется для стерилизации воды после биологической очистки. Хлорирование сточных вод жидким хлором производится при помощи *хлоратора* – прибора, который служит для приготовления раствора и его дозирования.

Хлорирование сточных вод без дозирующих устройств производится раствором хлорной извести крепостью до 5%, который вводится в дезинфектор от 1 до 5 раз в сутки в зависимости от расхода сточных вод [41].

На рисунке 3.31 показана установка для хлорирования воды.



Рисунок 3.31–Установка для хлорирования воды

Хлорирование сточных вод, прошедших полную биологическую очистку и доочистку, является обязательным. Дозы хлора 5–10 мг/л для поддержания концентрации остаточного хлора 1,5 мг/л и коли-индекса не более 1000 считаются достаточными для предотвращения биообрастаний в трубопроводах.

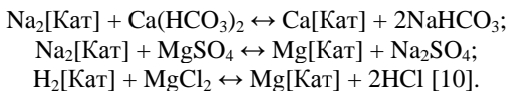
Для хлорирования сточных вод используется, главным образом, элементарный хлор. Кроме того, применяются следующие хлорсодержащие соединения:

- хлорная известь и другие сыпучие хлорсодержащие продукты;
- растворы гипохлорита натрия, кальция;
- двуокись хлора.

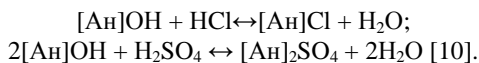
Хлорирование сточных вод по сравнению с озонированием имеет существенный недостаток с точки зрения возможности образования хлорорганических соединений, обладающих большей токсичностью и стабильностью по сравнению с исходными веществами, из которых они образуются [42; 43].

Также распространенным методом очистки является *ионообменный метод*. Он заключается в удалении из сточных вод ионов растворенных солей при помощи *ионитов*, способных обменивать свои ионы на ионы, которые содержатся в сточной воде. Поэтому различают процессы *анионного* и *катионного* обмена. Соответственно иониты называют анионитами и катионитами. В качестве катионитов применяют сульфуголь или высокомолекулярные смолы, которые содержат активные группы с ионами H^+ или NH_4^+ . Катионитовые фильтры выпускают разных диаметров и с разной высотой загрузки катионитов и которые рассчитаны на рабочее давление 0,6 МПа и рабочую температуру 60 °С.

В основе катионного процесса смягчения воды лежат реакции обмена ионов натрия и водорода. Например,



Аниониты – это высокомолекулярные вещества, которые содержат активные группы с анионами OH , HCO_3^- , CO_3^{2-} . Пропуская через слой анионита воду, предварительно освобожденную от катионов, удаляют из нее анионы:



Из приведенных реакций видно, что ионообменный способ может обеспечивать смягчение воды и удаление солей из нее. Реакции ионного обмена обратные и для восстановления обменной способности ионитов осуществляют процесс их регенерации. Регенерацию Na-катионов осуществляют при помощи минеральных кислот. Аниониты регенерируют растворами щелочей, гидрокарбоната или карбоната натрия.

Биологический метод очистки сточных вод. Среди методов очистки сточных вод большую роль должен сыграть биологический метод, основанный на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения рек и других водоемов. Этот метод применяется для очистки сточных вод от органических веществ.

В основе биологической очистки сточных вод от органических веществ лежат три взаимосвязанных процесса:

- синтез протоплазмы клеток микроорганизмов;
- окисление органических загрязнений;
- окисление продуктов метаболизма клеток [4].

Для проведения таких процессов требуется участие ферментов. Происходящее при этом аэробное окисление содержащегося в органических веществах углерода до CO_2 и водорода до H_2O характеризуется расходом кислорода, то есть биологическим потреблением кислорода (БПК).

Биологический метод дает большие результаты при очистке сточных вод предприятий нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, производств искусственного волокна.

Процессы такой очистки могут быть *аэробными* (при наличии доступа кислорода) и *анаэробными* (без доступа кислорода).

Анаэробные схемы применяют для очистки сточных вод концентрацией 6–20 г/дм³, для концентрирования минеральных солей 30 г/дм³ и для брожения осадков и избыточного ила [10].

Есть несколько типов биологических устройств по очистке сточных вод: *биофильтры*, *биологические пруды* и *аэротенки*.

В *биофильтрах* сточные воды пропускаются через слой микроорганизмов активного ила или крупнозернистого материала, покрытого тонкой бактериальной пленкой. Благодаря этой пленке интенсивно протекают процессы биологического окисления. Именно она служит основой очистки загрязненной воды в биофильтрах.

Производительность установки и количество избыточного ила на единицу объема сточной воды оценивают по окислительной мощности и по приросту ила.

Биофильтры строят в виде железобетонных резервуаров диаметром 30 м и различной высоты:

- низкие – высотой 1,5–2 м;
- высокие – 2–4 м;
- башенные – 10–20 м.

На рисунке 3.32 показан принцип работы биофильтра.

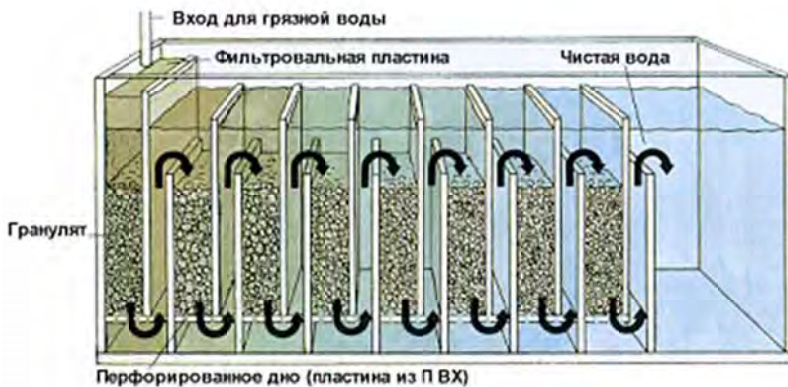


Рисунок 3.32 – Принцип работы биофильтра

На дырчатое дно резервуара укладывают щебень, гальку, керамзит или сетчатые блоки из пластмассы, ПВХ и т.п.. На поверхности уложенных материалов заселяют микроорганизмы, которые питаются органическими примесями сточных вод. Микроорганизмы превращают органические вещества в неорганические (преимущественно в CO_2 , воду, NH_3 или CH_4) [9].

Аэротенки – это огромные резервуары из железобетона длиной до 100 м, а иногда и более. Здесь очищающее начало – активный ил из бактерий и микроскопических животных или заселение «чистых культур».

Чистые культуры – это выращенные популяции микроорганизмов, которые питаются определенными веществами (например, фенолом, роданидами, цианидами с концентрацией до 100 мг/л и более).

Активный ил – это сообщество различных бактерий, которые питаются органическими веществами сточных вод.

Все эти живые существа бурно развиваются в аэротенках, чему способствуют органические вещества сточных вод и избыток кислорода, поступающего в сооружение потоком подаваемого воздуха. На рисунке 3.33 показано фото аэротенков.



Рисунок 3.33 – Аэротенки

Бактерии склеиваются в хлопья и выделяют ферменты, минерализующие органические загрязнения. Ил с хлопьями быстро оседает, отделяясь от очищенной воды. Инфузории, жгутиковые, амёбы, коловратки и другие мельчайшие животные, пожирая бактерии, неслипающиеся в хлопья, омолаживают бактериальную массу ила.

Для очистки сточных вод пищевых производств используют также водоросли, в нефтехимической промышленности – микроорганизмы рода нокардия и культуры дрожжей.

В *биологических прудах, полях орошения и полях фильтрации* в очистке сточных вод принимают участие все организмы, населяющие водоем.

Разница между ними заключается в том, что на полях орошения одновременно с очисткой сточных вод выращивают различные культуры растений. Если на полях не выращивают растения, а только очищают сточные воды, то их тогда называют полями фильтрации [10].

Биологические пруды выстраивают каскадом по 3-5 водоемов глубиной 1–1,5 м. поскольку процессы биологической очистки протекают не быстро, а довольно медленно, вода в прудах должна находиться не менее 20 суток. Биологические пруды часто используют после предварительной очистки вод.

На рис. 3.34 показано фото очистки сточных вод в биологических прудах.



Рисунок 3.34 – Биологические пруды

Сточные воды перед биологической очисткой подвергают механической, а после нее для удаления болезнетворных бактерий и химической очистке, хлорированию жидким хлором или хлорной известью. Для дезинфекции используют также другие физико-химические приемы (ультразвук, электролиз, озонирование и др.), которые были рассмотрены выше.

? Вопросы для обсуждения:

1. Какие воды называются сточными?
2. Почему сточные воды необходимо очищать? Все ли промышленные сточные воды требуют очистки?
3. Перечислите основные методы очистки сточных вод и как они классифицируются?
4. В чем сущность механической очистки сточных вод и какие методы в нее входят?
5. В чем заключается работа горизонтальных и радиальных отстойников?
6. Для очистки от каких загрязнителей применяется флотационный метод? Какие Вам известны типы флотаторов?
7. Для очистки от каких загрязнителей применяются гидроциклоны и в чем заключается принцип их работы?
8. В чем заключается метод фильтрации сточных вод?
9. В чем заключаются химические и физико-химические методы очистки сточных вод?
10. Для очистки от каких загрязнителей применяются методы нейтрализации и окисления сточных вод?
11. Что такое озонлиз?
12. Для чего применяется при очистке сточных вод диализ и электродиализ?
13. В каких случаях применяется метод термического сжигания сточных вод?
14. Для удаления каких загрязнителей в сточных водах применяется метод адсорбции? В чем заключается принцип работы адсорберов?
15. Для чего необходим метод хлорирования сточных вод?
16. В чем заключается ионообменный метод очистки сточных вод?
17. Когда применяется биологическая очистка сточных вод?
18. В чем отличие аэробного метода очистки сточных вод от анаэробного?
19. Опишите принцип работы биофильтров.

20. *Опишите принцип работы аэротенков.*

3.6 РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ЗЕМЕЛЬ

Мероприятия по охране земель и повышению их продуктивности разнообразны и должны совершаться комплексно, как единая система, дополняя один другого и усиливая положительный эффект.

Сегодня особенное значение в охране земель имеет их рекультивация.

Под *рекультивацией* понимается *искусственно восстановление плодородия почвы и растительного покрова после техногенного нарушения* [5].

Или *рекультивация земель – это комплекс мероприятий, направленных на восстановление продуктивности нарушенных земель, а также на улучшение качества окружающей среды* [5]. На действующих предприятиях, деятельность которых приводит к нарушению земель, рекультивация должна быть неотъемлемой частью технологических процессов.

Рекультивация предусматривает выравнивание нарушенных земель (например, при добыче полезных ископаемых), насаждение лесопосадок, создание парков, озер и т.п. на месте горных выработок и другие мероприятия.

Однако в нашем государстве разрыв между отработанными (нарушенными хозяйственной деятельностью) и восстановленными ландшафтами большой, несмотря на рост объемов рекультивации нарушенных промышленностью земель.

Нарушение земель происходит при проведении поисково-разведочных работ, добыче и переработке полезных ископаемых, при строительстве предприятий, дорог, прокладке коммуникаций и т.п. техногенной деятельности человека. Такое нарушение земель вызывает изменения в почвенном и растительном покрове, в гидрологическом режиме, образование техногенного рельефа и другие негативные изменения.

При выполнении земельных работ верхний плодородный слой земли (почву), в котором содержится гумус, подлежит снятию и последующему использованию на малопригодных и рекультивированных землях. Нормы снятия (глубина) плодородного и потенциально плодородного слоя почв регламентируются по ГОСТ 17.5.3.06-85 и некоторые из них приведены в таблице 3.3.

Общие требования и условия рекультивации земель регламентируются по ГОСТ 17.5.3.04-83.

Таблица 3.3

Нормы снятия плодородного слоя почвы [44]

Тип почвы	Диапазон глубины снятия, см
Черноземы обыкновенные	40–100
Лугово-черноземные	60–100
Черноземы каштановые	30–40
Луговые	30–100

При проведении рекультивации выделяют два этапа: *технический* и *биологический*.

Техническая рекультивация – это этап рекультивации земель, включающий планировку, формирование откосов, снятие, транспортирование и нанесение почв и плодородных пород на некультивируемые земли, строительство дорог, гидротехнических и мелиоративных сооружений и др.[5].

Техническая рекультивация в горном деле (при разведке и добыче полезных ископаемых) получила название *горнотехнической*.

Биологическая рекультивация состоит в реализации мероприятий по восстановлению биологических свойств, в частности, плодородия земель, осуществляемых после технической (или горнотехнической) рекультивации [15].

Наиважнейшим этапом рекультивации являются земельные работы, включающие комплекс работ по снятию, транспортировке и нанесению плодородного слоя почвы и потенциально пригодных пород на рекультивируемые площади земли. Технология земельных работ выбирается из расчета минимального прохода транспортных и планировочных машин по площадке с целью недопущения чрезмерного уплотнения новых слоев почвы. Плодородный слой почвы для технического (горнотехнического) этапа рекультивации должен отвечать ГОСТ 17.4.2.02-83, а для сельскохозяйственного направления рекультивации должен отвечать требованиям ГОСТ 17.5.1.03-78 [2].

Основной характеристикой земельных работ является величина плодородного слоя почвы, наносимого на рекультивируемую землю, который определяется исходя из назначения данной земли, особенностей природной зоны (т.е. с учетом лимитирующих факторов), экономических возможностей, социальных условий района и т.п. Основные требования к земельным работам в зависимости от типа почв и конкретной природной среды определены в ГОСТ 17.5.3.05-84.

Таким образом, исходя из вышесказанного, становится понятным, что целенаправленность рекультивационных работ может быть различной.

Принимая во внимание, что наш регион является промышленно развитым, с высокой плотностью промышленных предприятий и с преобладанием предприятий добывающего комплекса, основными направлениями рекультивации здесь являются:

- сельскохозяйственное направление, заключающееся в подготовке нарушенных земель под сельскохозяйственные угодья;
- лесохозяйственное, включающее подготовку нарушенных земель для создания на них лесных насаждений различного назначения;
- строительное, состоящее в подготовке нарушенных земель к промышленному и гражданскому строительству;
- водохозяйственное (включая рыбохозяйственное), заключающееся в подготовке нарушенной земной поверхности для создания на ней водоемов различного назначения (в т.ч. рыбоводческих водоемов);
- рекреационное, состоящее в подготовке нарушенных земель под объекты отдыха;
- санитарно-гигиеническое, сводящееся к консервации нарушенных земель, рекультивация которых для использования в народном хозяйстве экономически неэффективна [17].

Направления использования земель, нарушенных в результате горных работ, показаны схеме (рис. 3.35).



Рисунок 3.35 – Направления использования нарушенных земель [17]

Горнотехническая рекультивация включает следующие основные этапы: планировку поверхности, формирование откосов отвалов или бортов карьеров, снятие, транспортировку и нанесение почв и плодородных работ, строительство дорог, гидротехнических и мелиоративных сооружений.

Почти все производственные процессы горнотехнической рекультивации в основном заключаются в перемещении значительных масс

горных пород, включая почвы. Необходимость этих перемещений связана с формированием новой техногенной поверхности ландшафта и размещением различных пород, исключающим возможность их вредного влияния на природу [17].

? Вопросы для обсуждения:

- 1. Что такое рекультивация земель? Для чего она нужна?*
- 2. В чем заключается технический этап рекультивации?*
- 3. В чем заключается биологический этап рекультивации?*
- 4. Когда проводится горнотехническая рекультивация и какие направления она включает?*

4.1АНТРОПОГЕННЫЙ РЕСУРСНЫЙ ЦИКЛ

В биосфере, как известно, на протяжении длительного времени сформировалось относительное равновесие в экосистемах, которое основывается на круговороте вещества и энергии. Однако, с появлением человека, а вернее будет сказать, роста потребностей человека возникла необходимость в использовании большего количества природных ресурсов. Так возник и сформировался антропогенный циклический круговорот вещества и энергии, основанный на потреблении невозобновляемых и возобновляемых природных ресурсов.

В Приложении 6 представлена схема антропогенного ресурсного цикла, разработанная А.К. Запольским для промышленных экосистем (1998).

В нем, в результате переработки первичного материального сырья кроме основной продукции на всех этапах производства, начиная с разведки месторождений, подготовки и добычи и заканчивая потреблением готовой продукции, образуется 5 видов рассеиваемых отходов.

Первые два вида (1, 2) на стадии подготовки, добычи и переработки первичного материального сырья, к которому относят невозобновляемые и возобновляемые природные ресурсы. Это пыле-газовые выбросы в атмосферу, сточные воды, попадающие в гидросферу, твердые и жидкие отходы производства, которые попадают в литосферу. Третий вид отходов (3) образуется на стадии потребления продуктов производства. К ним относятся отходы жизнедеятельности людей (бытовые газовые выбросы и сточные воды с экскрементами, использованные средств гигиены, одежда, обувь, предметы быта и т.п.), которые также попадают во все среды биосферы планеты. Четвертый вид (4) рассеиваемых отходов является следствием переработки вторичных материальных ресурсов на стадии сбора и переработки утилизированных отходов 2и 3, которые образовались вследствие переработки первичного сырья и произведенной продукции. Таким образом, утилизированные отходы 2и 3 образуют вторичные минеральные ресурсы, которые после сбора и обработки вместе с отходами 4,образованными при этих процессах, в виде вторичного материального сырья снова возвращаются в производство. В процессе сбора и обработки вторичного материального сырья (ресурсов) образуются также не утилизируемые отходы 5, которые после обезвреживания и захоронения образуют вторичные рассеиваемые отходы [10].

Таким образом, в зависимости от источника образования отходы разделяют на две группы: *отходы производства* и *отходы потребления*.

Отходы производства (или промышленные отходы) – это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, которые образовались во время производства и частично или полностью утратили свои начальные потребительские качества [5].

Отходы потребления – это продукция или изделия, которые были уже в использовании, или сопутствующие им изделия, которые утратили свои начальные потребительские качества [5].

Для непрерывного функционирования антропогенного ресурсного цикла необходимо постоянно использовать первичные материальные ресурсы в растущем количестве соотнося к потерям с рассеиваемыми отходами 1–5 согласно законов сохранения энергии и материи.

Согласно рационального природопользования антропогенный ресурсный цикл будет тем эффективнее, чем меньше будет образовываться рассеиваемых отходов и меньше потребляться природных ресурсов.

Коэффициент полезного действия (КПД) этого цикла определяется разницей между количеством потребленных первичных материальных ресурсов (ПМР) и количеством рассеиваемых отходов (РО), т.е.:

$$КПД = (ПМР - РО) \cdot 100 / ПМР, \% [10].$$

В идеальном случае КПД должно равняться 100%, если количество рассеиваемых отходов равняется нулю, однако это невозможно как с точки зрения термодинамики, так и вследствие законов развития природы. Однако необходимо стремиться к минимизации рассеивания отходов производства и потребления, перерабатывать их, включая снова в ресурсный цикл, частично или максимально, насколько это, возможно, утилизировать отходы, внедряя малоотходные ресурсосберегающие технологии, иными словами, рационально используя природные ресурсы.

Таким образом, чем меньше в антропогенном ресурсном цикле образовывается отходов, тем меньше безвозвратно будет изыматься из природы первичных материальных ресурсов и меньше загрязняться окружающая среда.

? Вопросы для обсуждения:

- 1. Что Вы понимаете под антропогенным ресурсным циклом?*
- 2. Какие виды рассеиваемых отходов Вам известны и на каких стадиях производства они образуются?*
- 3. В чем отличие отходов производства от отходов потребления?*
- 4. На основании каких показателей определяют КПД антропогенного ресурсного цикла?*

4.2 ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВ

С целью преодоления экологического кризиса и улучшения качества окружающей среды необходимо проводить экологизацию производств.

Экологизация производства – это постепенное расширение экологических приоритетов в производственной деятельности, повышение экологических знаний и сознания управленческого персонала, постепенное проникновение экологических новшеств в производство и его экологическая модернизация [10].

Н.Ф. Реймерс [5] под экологизацией производства понимает мероприятия по предотвращению отрицательного воздействия производственных процессов на природную среду. Осуществляется путем разработки малоотходных технологий или технологических цепей, дающих на выходе минимум вредных выбросов (т.е. вообще любых вредных отходов).

Основные элементы процесса экологизации производства: использование возобновляемых запасов сырья и энергии, разработка и использование производственных процессов утилизации и переработки отходов различного агрегатного состояния с целью более полного использования сырья и предотвращения загрязнения. Эти элементы должны реально способствовать росту объема производственных секторов российской экономики.

Экологизация производства предусматривает:

- предотвращение образования загрязняющих веществ, что предполагает максимально возможное создание малоотходных и экологически чистых производств и технологий;

- разработку производственных процессов, предусматривающих уничтожение, утилизацию и переработку отходов различного агрегатного состояния, энергосбережение и сбережение сырья и природных ресурсов;

- проведение прямых природоохранных и компенсационных мероприятий (очистные сооружения и установки по улавливанию загрязняющих веществ, рекультивация нарушенных земель, мероприятия по сохранению биоразнообразия и пр.);

- создание механизмов принятия решений по поддержке приоритетных проектов, направленных на снижение вредного воздействия на окружающую среду от хозяйственной деятельности, энерго- и ресурсосбережение, увеличение номенклатуры и количества производимой конечной продукции, получаемой из исходного сырья, и другое;

- создание новых финансовых механизмов привлечения инвестиций для создания экологизированных производств и экологически чистых технологий;

- экологическое воспитание и образование бизнес-сообщества, работников производственной сферы, органов управления, в т.ч. государственных.

Проблема экологизации в особенности природозагрязняющих производств, например в теплоэнергетике, металлургии и других, должна решаться с системных позиций по всем направлениям деятельности таких предприятий с учетом равноприоритетности как экономических, так и экологических факторов.

Принципы экологизации производства должны соответствовать принципам функционирования природных систем. Выделим среди них основные:

- принцип локальности, заключающийся в использовании локальных материальных отходов и энергетических отходов в качестве вторичных ресурсов региональными производственными (промышленными) эколого-экономическими системами, учете локальных, ограничивающих развитие экономики, факторов, взаимодействии и сотрудничестве между участниками локального рынка вторичных ресурсов. Следование этому принципу позволит адаптировать производство к локальным природным факторам, ограничивающим развитие, и снизить негативное воздействие на окружающую среду;

- принцип рециклирования материальных отходов производства и энергии (вторичное сырье, тепловая энергия и др.). Согласно этому принципу, передача отходов и энергии должна осуществляться между элементами (участниками) эколого-экономической системы промышленного типа. Например, использование вторичного сырья, полученного в системе другими ее участниками;

- принцип разнообразия. Этот принцип применительно к эколого-экономическим системам означает установление кооперативных связей между предприятиями, «производящими» отходы, и предприятиями, занимающимися переработкой и утилизацией отходов, конечными потребителями и муниципальными образованиями, как наиболее заинтересованными в сохранении качества окружающей среды. Это разнообразие участников рынка, основанное на разнообразии используемого сырья;

- принцип постепенности изменений. Следование этому принципу предполагает комплексное использование первичных ресурсов, использование отходов как сырья. Это позволит скоординировать быстрые, опережающие изменения в социальной и промышленной сферах с темпами эволюции природных экосистем;

- принцип территориальности. Разработку программ и проектов экологизации производства следует привязывать к определенным территориям (регионам), а не отраслям народного хозяйства. Это позволит системно, комплексно решать экологические проблемы, минимизировать антропогенные воздействия на определенных экологически неблагоприятных территориях [45].

Главным препятствием для осуществления «реиндустриализации» и экологизации производства является привычка политики безграничного потребления ресурсов и традиционной системы мышления. До сих пор 95–

97% средств, расходуемых на охрану природы, тратятся на борьбу со стоками, отходами, выбросами при неизменных основных технологиях. Переход к созданию и проведению экологически чистых видов деятельности непривычен для подавляющего большинства населения и специалистов. Поэтому-то невозможно радикальное изменение экологической ситуации без опережающего изменения мышления людей, без перестройки их психологии, без преодоления естественного внутреннего сопротивления новым подходам к взаимоотношению с природой.

? *Вопросы для обсуждения:*

- 1. В чем заключается экологизация производства и на каких принципах она должна строиться?*
- 2. Почему принципы экологизации производства должны соответствовать принципам функциональности природных систем?*
- 3. Почему невозможна в современном мире полная экологизация производств?*

4.3 МАЛООТХОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

В материалах Европейской экономической комиссии ООН и Декларации о малоотходной и безотходной технологии, принятой в 1979 г. на совещании по Общеввропейскому сотрудничеству в области охраны окружающей среды, малоотходная и безотходная технология определяются как практическое применение знаний, методов и средств для того, чтобы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и защитить окружающую среду. Из определения следует, что малоотходная технология решает двуединую задачу: эффективное использование природного сырья и продуктов его переработки, с одной стороны, и охраны окружающей среды от различного рода загрязнений, отходов – с другой [45].

Однако, большинство ученых считают, что достижение полной безотходности нереально, так как это противоречит второму закону термодинамики. Мы должны понимать, что действующие на нашей планете законы физики, химии и др. обуславливают жизнь природы и нашу жизнедеятельность во всех ее проявлениях. Поэтому человек, являясь сам частью природы и его производственная деятельность, подчиняющаяся законам природы, не может создать что-то, что не будет соответствовать этим законам. Даже если в идеальном случае и представить себе некое производство (хоть это и невозможно), в котором нет отходов, т.е. где все

отходы вновь включаются в цикл, все равно нужно понимать, что этому производству необходимо сырье, а оно где-то добывается и при добыче образуется большое количество рассеиваемых отходов энергии. Или, например, такому «идеальному» производству также нужна электроэнергия, которая также вырабатывается где-то на ТЭС или других электростанциях и такие процессы выработки электроэнергии также имеют результатом своей деятельности не только полезный продукт (энергию), но и отходы. Также и с водой, необходимой для производства. Поэтому определение «безотходной технологии» метафорично.

Вот, например, как Н.Ф. Реймерс [5, 46] понимает *безотходную технологию* – это технология, дающая теоретически достижимый минимум отходов всех видов или цепь технологических процессов, где отходы одного производства становятся сырьем для другого. В глобальной совокупности энергетическая эффективность технологий не может быть выше достигнутой биосферой – около 1% от вовлекаемой (в случае биосферы – приходящей от Солнца) энергии. Для всех конкретных технологических процессов есть расчетный, теоретически достижимый максимум малоотходности, к сожалению, пока не рассчитываемый полностью.

Конечно же реутилизационная технология (когда отходы одного производства становятся сырьем для другого) может приблизить человечество к теоретическому минимуму глобальных антропогенных отходов, равному отходам в биосферных циклах (известняки, угли и др. биогенные породы). Однако и в этом случае технология не станет полностью безотходной.

Поэтому правильным определением будет понятие «малоотходные технологии».

Малоотходная технология – это технология, позволяющая получать минимум твердых, жидких, газообразных и тепловых отходов и выбросов[5].

Малоотходная технология иногда противопоставляется безотходной технологии как истинно малоотходная, не требующая каскада реутилизации. Малоотходная технология возможна лишь в некоторых случаях. Стратегически же необходимо стремиться как к минимуму отходов, так и реутилизационным циклам, т.е. наименее вредить природе (биосфере).

Иными словами безотходная технология – это технология идеалистов, а малоотходная технология – это технология материалистов. А наш мир производства – материален.

Цель развития малоотходных и ресурсосберегающих технологий – создание замкнутых технологических циклов с полным использованием поступающего сырья и отходов. Это попытка воспроизвести природные циклы, так как биосфера является закрытой системой, где все элементы взаимосвязаны и обуславливают друг друга. Современная техногенная экономика является открытой системой, где получение относительно небольшого конечного продукта требует огромных затрат ресурсов и

сопровождается большими отходами. По отношению к общему объему отчуждаемого природного вещества конечный продукт сейчас составляет всего 2–4%, а остальная часть идет в отходы (пустая порода, шлаки, стоки и т.д.) [45; 46].

Но учитывая углубление глобального экологического кризиса и связанного с ним экономического кризиса, необходимо осознавать, что малоотходные технологии и замкнутые циклы (в соответствии с Декларацией о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов, принятой в Женеве в 1979 г.) – это одна из самых радикальных мер защиты биосферы от антропогенных загрязнений.

Далее сформулируем четыре основных направления развития таких технологий (согласно Декларации о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов):

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

2. Разработка и внедрение систем переработки промышленных и бытовых отходов, которые рассматриваются 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 [1].

Иногда используют понятие «экологически чистая технология», который аналогичен (идентичен) малоотходной технологии.

Имеется ряд подходов к определению безотходности или малоотходности производства: экспериментальная оценка, оценки по сырьевому и энергетическому балансам, полноте использования энергии, общему параметру оптимизации, полученному с помощью функции технологического профиля, а также экономическим путем при сопоставлении затрат на производство продукции [1].

Общий баланс относительной токсичности массы (ОТМ) вредных веществ:

$$\Sigma(M_c + M_b + M_t) - \Sigma M_n - \Sigma M_p = 0 [1],$$

где $M_c + M_b + M_t$ – масса отходов, поступающих в окружающую среду со сточными водами, газовыми выбросами и твердыми веществами;

ΣM_n – масса нейтрализованных отходов;

ΣM_p – масса рассеянных отходов.

Относительную экологичность типового процесса, технологической линии или цеха определяют по следующей формуле [1]:

$$\dot{O}_a = \frac{\sum(M_C + M_B + M_T) - \sum M_H - \sum M_P}{\sum(M_C + M_B + M_T)} \cdot 100\%$$

При $A \rightarrow 0$ процесс является безотходным.

Поэтапная трансформация традиционных технологий в малоотходные и ресурсосберегающие позволит постепенно перейти от открытых производственных систем со свободным входом ресурсов и выходом отходов к полуоткрытым с частичным использованием извлекаемых материалов и очисткой отходов, а затем и к системам закрытого типа с полной переработкой и утилизацией всех поступающих ресурсов и отходов и прекращением загрязнения последними окружающей среды. Такая трансформация меняет сам технологический принцип. Сейчас в большинстве технологий происходит борьба с загрязнениями и отходами практически уже на последнем технологическом этапе: фильтры, очистные сооружения и пр. (прямые природоохранные мероприятия). В английском языке такие технологии образно называют «технологиями конца трубы» (end-of-pipe technology). В отличие от них малоотходные технологии создают новые циклы, связи внутри самого технологического процесса.

Решающее значение для подобной технологической трансформации имеет научно-технический прогресс. Только на основе его достижений можно обеспечить переход от традиционных ресурсоемких технологий к ресурсосберегающим малоотходным и безотходным технологиям.

Постепенный переход к комплексам малоотходного и ресурсосберегающего производства, «комплексирование производства» позволяют значительно снизить нагрузку на окружающую среду, особенно на региональном уровне. Современные технологии, заменяя устаревшие и природоёмкие, дают возможность существенно уменьшить количество разрабатываемых месторождений, сохранить для будущих поколений запасы почерпаемых, невозобновимых природных ресурсов. О гигантском потенциале малоотходных технологий говорят такие цифры: сейчас из-за несовершенства технологий добычи в земле остается до 70% нефти, 30% угля, 20% железной руды и т.д. [45].

? *Вопросы для обсуждения:*

1. *Что Вы понимаете под малоотходной технологией?*
2. *Почему безотходные технологии невозможны?*
3. *Назовите основную цель малоотходных и ресурсосберегающих технологий.*
4. *Сформулируйте основные принципы ресурсосберегающих технологий.*

5. Какие подходы существуют в определении малоотходных производств?

6. На основании каких показателей определяют экологичность типового технологического процесса?

РАЗДЕЛ 5

ОЦЕНКА УЩЕРБА И ВОЗМЕЩЕНИЯ УБЫТКОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ

5.1 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

При снижении негативного антропогенного воздействия на окружающую среду достигаются экологические, социальные и экономические результаты. *Экологический* результат природоохранной деятельности выражается в уменьшении выброса вредных веществ в окружающую среду и уровня ее загрязнения, в увеличении и улучшении качества пригодных к использованию земельных, лесных, водных ресурсов и атмосферного воздуха. *Социальный* результат проявляется в улучшении физиологических, культурных, творческих и рекреационных условий жизни человека. *Экономический* результат выражается в экономии или предотвращении потерь природных ресурсов, живого и овеществленного труда во всех сферах народного хозяйства и личного потребления [45].

Под *ущербом* следует понимать фактические или возможные потери, возникающие в результате каких-либо событий или явлений, в частности негативных изменений в природной среде вследствие антропогенного воздействия. Под *экономическим ущербом от загрязнения окружающей среды* понимается денежная оценка фактических и возможных убытков (потерь), обусловленных воздействием загрязнения.

Экономическая оценка ущерба от загрязнения окружающей среды предполагает денежную оценку негативных изменений в широком спектре последствий: социальными ущербами, экологическими, экономическими ущербами и складывается из следующих затрат:

- дополнительных затрат общества в связи с изменениями в окружающей природной среде;
- затрат на возвращение природной среды в прежнее состояние;
- дополнительных затрат будущего общества в связи с безвозвратным изъятием части дефицитных ресурсов.

При оценке ущерба окружающей природной среде учитываются затраты на снижение загрязнений; затраты на восстановление окружающей среды; дополнительные затраты из-за изменения качества окружающей среды; затраты на компенсацию риска для здоровья людей; затраты на дополнительный природный ресурс для обезвреживания потока загрязнителей.

Экономическая оценка ущербов, причиняемых загрязнением окружающей среды, осуществляется по видам загрязнений: от загрязнения

атмосферного воздуха, загрязнения водоемов, загрязнения земель, загрязнения природы физическими факторами, определяется ущерб, наносимый биоресурсам. Учеными разработаны методики определения всех видов ущерба от загрязнения природной среды.

Пока воздействие человека на среду не было столь большим, как сейчас, экономика могла обходиться без учета экологических факторов. В настоящее время учет экологических затрат становится необходимостью. Цена продукта должна отражать все виды затрат. Она должна включать затраты общества, связанные с загрязнением воды, воздуха и почвы, с болезнями, вызванными этими загрязнениями, с расходованием возобновимых и невозобновимых ресурсов, со снижением функций жизнеобеспечения экосферы и пр. Такое повышение цены за счет ее экологической компоненты должно стать серьезным фактором регулирования ресурсов экосферы.

? *Вопросы для обсуждения:*

- 1) *Что такое ущерб?*
- 2) *Из каких затрат складывается экономическая оценка ущерба от загрязнения окружающей среды?*
- 3) *Что такое «экологический ущерб»?*

5.2 ОЦЕНКА УЩЕРБА И ВОЗМЕЩЕНИЯ УБЫТКОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ СБРОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПРЭСНОВОДНЫЕ ВОДОЕМЫ

От качества воды и обеспеченности ею зависит жизнедеятельность всех живых организмов на планете. На сегодняшний день именно человек является основным загрязнителем воды. Сельское и коммунальное хозяйство, а также промышленность – это главные потребители воды. И после такого потребления вода частично или полностью возвращается в свои источники, но уже с измененным составом и качеством, что приводит к значительным ущербам, причиняемым сбросом загрязняющих примесей в водные объекты.

Расчет ущерба проводится по утвержденной «Методике расчета размеров возмещения ущербов причиненных государству в результате нарушение законодательства об охране и рационального использования водных ресурсов» (от 30.06.2011) [47] и с учетом установленных нормативных требований к качеству вод. Состав и свойства воды в водоемах должны соответствовать нормативам в створе, установленном на водотоках (реки, ручьи) на расстоянии 1 км выше от ближайшего по течению пункта водопользования (хозяйственно-питьевого назначения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т.п.).

Методика устанавливает порядок определения размеров возмещения убытков, причиненных государству в результате нарушения законодательства об охране и рациональном использовании водных ресурсов, в случае:

- загрязнения водных объектов, в том числе связанного с самовольными и аварийными сбросами в водный объект загрязняющих веществ и физико-химических показателей с обратными водами или загрязняющих веществ в чистом виде, в составе сырья, продукции или отходов;

- загрязнения поверхностных и подземных вод под воздействием полигонов (свалок) твердых бытовых и промышленных отходов;

- самовольного использования водных ресурсов при отсутствии разрешительных документов (разрешения на специальное водопользование и/или специального разрешения на пользование недрами (для подземных вод));

- забора, использования воды и сброса загрязняющих веществ с обратными водами с нарушением условий водопользования, установленных в разрешении на специальное водопользование.

Укрупненная оценка ущерба (руб.) при загрязнении водоемов определяется по формуле:

$$Y_{\sigma} = Y_{y\sigma} \cdot \delta_{\sigma} \cdot \sum_{i=1}^n M_{np} \cdot K_{инд}$$

где $Y_{y\sigma}$ – удельный ущерб от загрязнения водной среды 1 т условного загрязняющего вещества (установленная ставка составляет в пересчете на рубли за 1 т условного загрязняющего вещества);

δ_{σ} – бассейновый коэффициент, зависит от бассейна реки;

M_{np} – приведенная масса сброса загрязняющих веществ (усл. т.) и рассчитывается по формуле:

$$M_{np} = M_{фi} \cdot A_i$$

где $M_{фi}$ – масса фактического сброса загрязняющего вещества, т;

A_i – коэффициент относительной опасности i-го вещества, т.е. $A_i = 1/ПДК_i$.

$K_{инд}$ – коэффициент индексации, учитывающий колебание цен на мировом рынке. Принимается равным 1,5.

Расчет размеров возмещения убытков, причиненных водным объектам (кроме морских вод) в результате сбросов загрязняющих веществ с обратными (сточными) водами с превышением установленного норматива ПДС, осуществляется по формуле (руб.):

$$Y = K_{кат} \cdot K_p \cdot K_s \cdot [(M_{i1} \cdot \gamma_{амма_{i1}}) + (M_{i2} \cdot \gamma_{амма_{i2}}) + \dots (M_{in} \cdot \gamma_{амма_{in}})],$$

где $K_{кат}$ – коэффициент, который учитывает категорию водного объекта и определяется согласно следующих категорий: для хозяйственно-бытового назначения принимается равным 1; питьевого – 1,4;

рыбохозяйственного высшей категории – 2,5; рыбохозяйственного первой категории – 2; рыбохозяйственного второй категории – 1,6; для подземных вод – 3...5.

K_p – региональный коэффициент дефицитности водных ресурсов поверхностных вод (для Луганской области $K_p = 1,18$);

$K_z = 1,5$ – коэффициент уязвимости водной экосистемы;

n – количество загрязняющих веществ в обратных (сточных) водах;

M_i – масса сверхнормативного сброса i -того загрязняющего вещества в водный объект с обратными (сточными) водами, т;

$гама_i$ – удельный экономический ущерб от загрязнения водных ресурсов, отнесенный к 1 тонне условного загрязняющего вещества, руб./т; определяется по формуле:

$$гама_i = гама \cdot A_i$$

где $гама$ – проиндексированный удельный экономический убыток от загрязнения водных ресурсов в предыдущем году;

A_i – коэффициент относительной опасности i -го вещества:

$$A_i = 1/ПДК_i.$$

Для веществ, по которым отсутствует величина предельно допустимой концентрации, показатель относительной опасности A принимается равным 500.



Вопросы для обсуждения:

1. Укажите, в чем состоят особенности расчета ущербов при загрязнении водных объектов.

2. От чего зависит приведенная масса сброса загрязняющих веществ и как производится ее расчет?

5.3 ОЦЕНКА УЩЕРБА И ВОЗМЕЩЕНИЯ УБЫТКОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Экономический ущерб от загрязнения атмосферы складывается из затрат вследствие роста заболеваемости, увеличения количества ремонтов основных фондов, уменьшения срока их службы (ускорение коррозии металла), снижения продуктивности сельскохозяйственных угодий, уменьшения продуктивности лесов и так далее. Данный подход требует большого количества первичной информации, но более точно определяет объем экономического ущерба. На практике обычно пользуются методом укрупненной оценки экономического ущерба, который дает

приблизительную оценку, но может быть ориентирован и для решения общих задач. Для определения экономического ущерба от загрязнения атмосферы экономистами-экологами разработаны методики оценки ущерба, наносимого окружающей среде выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, которые позволяют стимулировать природоохранную деятельность предприятий.

Согласно методике укрупненной оценки ущерба, наносимого окружающей среде выбросами загрязняющих веществ в атмосферу стационарными источниками, ущерб (руб./год) рассчитывают по формуле:

$$Y = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot d \cdot M_{\text{пр}},$$

где γ – величина удельного ущерба от загрязнения атмосферы, руб. усл./т;

σ – поправка, учитывающая характер территории, на которую осуществляется воздействие (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Значения безразмерного коэффициента σ

Территории	Коэффициент σ
Курорты, санатории, заповедники, заказники	10,0
Населенные места с плотностью населения n чел./га (при плотности >300 чел./га коэффициент = 8)	$(0,1 \text{ га/чел.}) \cdot n$
Территории промышленных предприятий (включая защитные зоны) и промышленных узлов	4,0
Жилые районы городов, включая парки и дороги с застройкой:	
высотной	4,0
пятиэтажной	3,0
двухэтажной	1,5
одноэтажной	1,0
Сельская местность с плотностью населения 1 чел./га	0,8
Леса:	
1-вой группы	0,2
2-ой группы	0,1
3-й группы	0,025
Пашни (зоны южнее 50° с.ш. *)	0,25
Сады, виноградники	0,5
Пастбища, сенокосы	0,025

f – поправка, учитывающая характер рассеивания примеси в атмосфере, которая определяется:

а) для газообразных примесей и мелкодисперсных частиц с очень малой скоростью оседания (менее 1 м/с):

$$f = \frac{100m}{60m + \varphi \cdot h} \cdot \frac{4 \text{ (м/с)}}{1 \text{ (м/с)} + \bar{U}}$$

где φ – поправка на подъем факела выброса, определяется как $\varphi=(1+\Delta T/75^{\circ}C)$, где ΔT – среднегодовое значение разности температур в устье источника и в окружающей атмосфере, $^{\circ}C$;

U – среднегодовое значение модуля скорости ветра; если U неизвестно, то оно принимается равным 3 м/с; при U неравном 3м /с табличное значение ΔT и h умножается на поправку $W=4(м/с)/(1м/с)+U$;

h – высота источника выброса(трубы), м;

б) для частиц, оседающих со скоростью 1–20 м/с принимается:

$$f = \left(\frac{1000m}{60m + \varphi \cdot h} \right)^{1/2} \cdot \frac{4(м/с)}{1(м/с) + U}$$

где φ – поправка на подъем факела выброса, определяется как $\varphi=(1+\Delta T/75^{\circ}C)$, где ΔT – среднегодовое значение разности температур в устье источника и в окружающей атмосфере, $^{\circ}C$;

U – среднегодовое значение модуля скорости ветра; если U неизвестно, то оно принимается равным 3 м/с; при U неравном 3м/с табличное значение ΔT и h умножается на поправку $W = 4(м /с)/(1м /с)+U$;

h – высота источника (трубы), м;

в) для частиц, оседающих со скоростью свыше 20 м/с принимается $f=10$;

d – безразмерная константа, учитывающая климатические особенности; ее значение выбирают в зависимости от географического района (например, для Донбасса принимается равной 1,3);

M – приведенная масса загрязняющих веществ, (усл. т.) и рассчитывается следующим образом:

$$M = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i$$

где m_i – значение фактической массы i -го вида загрязняющего вещества, т;

A_i – показатель относительной агрессивности (опасности) i -го загрязняющего вещества (усл.ед./т); его значение связано с величиной ПДК_{сс(і)} и рассчитывается следующим образом:

$$A_{i(j)} = 1/ПДК_{сс(і)}$$

? Вопросы для обсуждения:

1. В чем состоят особенности расчета оценки укрупненного ущерба в результате выброса загрязняющих веществ?

2. Может ли расчет величины укрупненного экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха дать полную и точную картину загрязнения?

5.4 РАСЧЕТ ПЛАТЫ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ И НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫМИ СВАЛКАМИ ОТХОДОВ

Укрупненная оценка ущерба от загрязнения земель может быть дана исходя из ценности земель, т.е. основой расчетов размера вреда от загрязнения земель является нормативная денежная оценка загрязненного земельного участка, площади изымаемого участка, а также с учетом региональных особенностей и степени опасности загрязнения.

Экономический ущерб от ухудшения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных (техногенных) нагрузок выражаются главным образом в:

- деградации почв и земель;
- загрязнении земель химическими веществами;
- захлавлении земель несанкционированными свалками, а также другими видами несанкционированного и нерегламентированного размещения отходов.

Размерной единицей для расчета величины вреда принимается толщина земли в 0,2 м (объем почвенной массы 2000 м³ на один гектар земной поверхности). При этом расходы для осуществления мероприятий по снижению или ликвидации загрязнения земель увеличиваются в зависимости от глубины просачивания загрязняющего вещества в соотношении 10:3 (т.е. при увеличении глубины в 10 раз относительно толщины земли 0,2 м расходы для ликвидации загрязнения увеличиваются в 3 раза). Загрязняющие вещества, повлекшие загрязнение земельного участка, разделены на 4 группы опасности, основой для определения которых являются величины предельно-допустимых концентраций (ПДК) и 6 ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве (таблица 5.2).

Размер платы за ущерб от загрязнения земель (почв), рассчитывают согласно «Методики определения размеров ущерба, обусловленного загрязнением и засорением земельных ресурсов вследствие нарушения природоохранного законодательства Луганской Народной Республики» в соответствии с выражением:

$$P_3 = A \cdot D_{оз} \cdot P_y \cdot K_{хз} \cdot K_o \cdot K_{хх},$$

где P_3 – размер платы за ущерб, наносимый окружающей среде в результате загрязнения земель химическими веществами (руб.);

A – удельные затраты на ликвидацию последствий загрязнения земельного участка (в ЛНР значение принимается равным 0,5);

$D_{оз}$ – денежная оценка стоимости земель, руб./м²;

P_y – площадь земель, загрязненных i -м веществом (м²);

Таблица 5.2

Группа опасности и коэффициент опасности загрязнения

Класс опасности	Степень опасности	Перечень загрязняющих веществ, соответствующих группе опасности	К _о
I	Чрезвычайно опасные (ПДК/ОДК < 0,2 мг/кг)	бенз-а-перен, кадмий, мышьяк, селен, свинец, ртуть, цинк, фенол, нефть, нефтепродукты, стирол, фтор, кислоты, щелочи (в чистом виде) и др.	4,0
II	Очень опасные (ПДК/ОДК 0,2–0,5 мг/кг)	бензол, бор, кобальт, никель, сурьма, хром, медь, молибден, ксилолы, сероводород, толуол	3,0
III	Умеренно опасные (ПДК/ОДК > 0,5 мг/кг)	АПАР, нитраты, ацетальдегид, формальдегид, барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, сульфаты и др.	2,5
IV	Другие (равные ПДК/ОДК) или которые не установлены	аммоний, хлориды и др.	1,5

K_{xz} – коэффициент опасности загрязнения земельного участка, характеризующий количество загрязняющего вещества в объеме загрязненной земли в зависимости от глубины просачивания и определяется исходя из двух условий:

1) при наличии информации об объеме загрязняющего вещества, проникшего в землю, значение K_{xz} определяется по формуле:

$$K_{xz} = \frac{OЗВ}{ТЗС \cdot ПУ \cdot ИП} ,$$

где ОЗВ – объем загрязняющего вещества (m^3);

ТЗС – толщина земельного слоя, являющаяся размерной единицей для расчета затрат на ликвидацию загрязнения в зависимости от глубины просачивания и равная 0,2 м;

ПУ – площадь загрязненного земельного участка (m^2);

ИП – индекс поправки к расходам на ликвидацию загрязнения в зависимости от глубины просачивания загрязняющего вещества.

Если по имеющейся информации рассчитать коэффициент загрязнения земли (K_{xz}) невозможно (принимается 1,0).

При наличии информации только о массе загрязняющего вещества, которая проникла в землю, объем загрязняющего вещества (ОЗВ) рассчитывается по формуле:

$$OЗВ = ВЗВ / PЗВ,$$

где ОЗВ – объем загрязняющего вещества (m^3);

ВЗВ – масса загрязняющего вещества (т);

РЗВ – относительная плотность загрязняющего вещества (т/м^3), значение которого определяется по табличным данным.

2) если содержание загрязняющего вещества устанавливалось по результатам инструментально-лабораторного контроля, $K_{хз}$ определяется по формуле:

$$K_{хз} = \frac{СЗВ \cdot ГП}{ТЗС \cdot ИП \cdot КРАС} ,$$

где СЗВ – концентрация (массовая доля) загрязняющего вещества по результатам инструментально-лабораторного контроля (мг/кг);

ГП – толщина земельного слоя (глубина), на котором зафиксировано просачивание загрязняющего вещества (м);

ТЗС – толщина земельного слоя, который является размерной единицей для расчета затрат на ликвидацию загрязнения в зависимости от глубины просачивания и равная 0,2 м;

ИП – индекс поправки к затратам на ликвидацию загрязнения в зависимости от глубины просачивания загрязняющего вещества;

КРАС – расчетный коэффициент, равный 1000000 мг/кг .

Результат вычислений $K_{хз}$ по формулам округляют и записывают до одного знака после запятой. При рассчитанном значении $K_{хз} < 1$ его значение принимается равным 1,0.

Если по шкале эколого-хозяйственного значения земель загрязненный земельный участок может быть классифицирован по нескольким категориям земель или статусом охраны, для расчетов выбирается коэффициент эколого-хозяйственного значения земель ($K_{эж}$) с максимальным значением среди соответствующих коэффициентов.

В случае одновременного загрязнения земельного участка несколькими загрязняющими веществами (но одним субъектом хозяйствования или физическим лицом), общий размер возмещения убытков определяется по формуле:

$$PY_{\text{общ}} = PY_{\text{макс}} + 0,5 \cdot (PY_1 + PY_2 + \dots + PY_n),$$

где $PY_{\text{общ}}$ – общий размер ущерба от загрязнения земельного участка несколькими загрязняющими веществами (руб.);

$PY_{\text{макс}}$ – максимальный из всех рассчитанных отдельно для каждого загрязняющего вещества размеров ущерба от загрязнения земельного участка (руб.);

PY_1 , PY_2 и PY_n – рассчитанные размеры ущерба от загрязнения земельного участка другими загрязняющими веществами (руб.).

Расчет размера ущерба от засорения земель. Основой расчетов размера ущерба от засорения земель является нормативная денежная оценка земельного участка, который засорен. Отходы, повлекшие засорение земельного участка, классифицируются по 4 классам опасности в

соответствии с действующими нормативными документами в сфере обращения с отходами (таблица 5.3).

Таблица 5.3

Класс опасности отходов и значение коэффициента опасности отходов K_o

Класс опасности	Степень опасности	K_o
I	Чрезвычайно опасные	3,0
II	Высоко опасные	2,0
III	Умеренно опасные	1,5
IV	Мало опасные	1,0

Размер ущерба вследствие засорения земель определяется по формуле:

$$PY_3 = A \cdot B \cdot D_{O3} \cdot PY_3 \cdot K_{33} \cdot K_o \cdot K_{эx}$$

где PY_3 – размер ущерба от засорения земель (руб.);

A – удельные затраты на ликвидацию последствий засорения земельного участка, значение которого равно 0,5;

B – коэффициент перерасчета, при засорении земельного участка бытовыми, промышленными и другими отходами равен 10, а опасными (токсичными) отходами – 100.

D_{O3} – нормативная денежная оценка земельного участка, подвергшегося засорению (руб./м²);

PY_3 – площадь засоренного земельного участка (м²);

K_{33} – коэффициент засорения земельного участка, характеризующий степень засорения его отходами, который определяется по табличным данным.

Для земель, засоренных многотонными (>10000 т) отходами горнодобывающей промышленности, коэффициент засорения земельного участка (K_{33}) равен 1,0.

K_o – коэффициент опасности отходов, который определяется по табличным данным;

$K_{эx}$ – коэффициент эколого-хозяйственного значения земель принимается в соответствие с категорией земель, которые подверглись загрязнению, или их статусу как таковых, подлежащих особой охране (определяется по табличным данным).

? **Вопросы для обсуждения:**

1. В чем особенности «Методики расчета размера платы за ущерб, наносимый окружающей среде в результате загрязнения земель химическими веществами»?

2. В чем особенности «Методики расчета размера платы за ущерб, наносимый окружающей среде в результате загрязнения земель несанкционированными свалками отходов»?

**МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В СФЕРЕ
ОХРАНЫ ПРИРОДЫ**

Международное сотрудничество в области охраны природы и природопользования осуществляется обычно по схеме: *проведение международных совещаний – заключение договоров – создание международных правительственных и неправительственных организаций – разработка и координация программ экологической безопасности.*

Решение этого комплекса задач принципиально возможно только на основе согласованного международного сотрудничества в рамках ООН с рядом межправительственных и неправительственных организаций, участвующих в решении экологических проблем [1].

Значительные усилия иностранных партнеров, а также Российской Федерации и Украины в этой области в соответствии с Программой ООН по охране окружающей среды (UNEP) позволили разработать и принять важные международные конвенции, соглашения, договоры, касающиеся охраны окружающей среды: декларацию Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (1972 г.); Лимскую декларацию руководящих принципов контроля (IX конгресс Международной организации высших контрольных органов, 1977 г.); Всемирную стратегию охраны природы (1982 г.); Хартию предпринимательской деятельности в интересах устойчивого развития (2-я Всемирная промышленная конференция, 1991 г.); Международную конвенцию об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (Европейская экономическая комиссия ООН, 1991 г.); декларацию Конференции ООН по окружающей среде и устойчивому развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) и др., а также создать международные правительственные и неправительственные организации (программы) [4]:

- Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), с 1972 г., штаб-квартира в Найроби (Кения);
- Программа ЮНЕСКО «Человек и биосфера (МАВ)», с 1971 г., штаб-квартира в Париже;
- Люцернская декларация министров стран по формированию организационной инфраструктуры, 1993 г.;
- Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ);
- Всемирная метеорологическая организация (МВО);
- Международный Союз Охраны Природы (МСОП), с 1948 г., штаб-квартира в Гланде (Швейцария);
- Международный Зеленый Крест (МЗК), с 1993 г., штаб-квартира в Гааге и др.

Кроме ООН и ЮНЕСКО в области охраны окружающей среды работают Совет Европы, Европейское сообщество, Европейская экономическая комиссия, Сообщество северных стран и др.

Существуют также международные экологические фонды и финансовые учреждения. На рисунке 6.1 представлена структурно-информационная схема международных организаций – партнеров.



Рисунок 6.1 – Международный контроль управления качеством окружающей среды:

КУР – Комиссия ООН по устойчивому развитию; UNEP – Программа ООН по окружающей среде; ЭКАТО – Экономическая комиссия для Азии и Тихого океана; ПРООН – Программа развития ООН по промышленному развитию; ЕЭКООН – Европейская экономическая комиссия ООН; UNESCO – Комиссия ООН по науке и образованию; ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения; FAO – Всемирная продовольственная организация; IMO – Международная морская организация; ОБСЕ – Организация по безопасности и сотрудничеству в Европе; ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития; КОАФФ – Комиссия по охране арктической флоры и фауны; AMAP – Арктическая программа по мониторингу и оценке окружающей среды; PAME – Программа защиты арктической морской среды; НАТО – Северо-Атлантический военный блок; WNF – Фонд дикой природы; МСОП – Международный союз охраны природы; WLI – Международная организация по сохранению водно-болотных угодий; ACOPS – Консультативный комитет по защите морей; БАЛТИКА-21 – Программа на 21 век для региона Балтийского моря; МЭК – Межгосударственный экономический комитет; МЭС – Межгосударственный экологический совет; ПРОЦЕСС «ВОСЬМЕРКИ» – развитие договоренностей, достигнутых в рамках консультаций руководителей ведущих стран мира; МВФ – Международный валютный фонд; ЕБРР – Европейский банк реконструкции и развития; ГЭФ – Глобальный экологический фонд.

? **Вопросы для обсуждения:**

1. Почему необходимо международное сотрудничество в решении экологических проблем?

2. Какие Вы знаете межправительственные организации, участвующие в решении экологических проблем?

3. Какие Вы знаете неправительственные организации, участвующие в решении экологических проблем?

4. Какие Вы знаете Международные организации системы ООН, участвующие в решении экологических проблем?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщение, анализ и объективная оценка практического опыта, накопление знаний, выполнение комплекса научных исследований и совершенствование на этой основе технологии производственных процессов, является актуальной проблемой.

Естественно, что уровень развития промышленного производства не во всех странах одинаков, однако требования к экологической составляющей и установленные нормативы на выбросы, сбросы и складирование отходов являются обязательными для исполнения всеми промышленными предприятиями. Отношение к природной среде в конечном счете является мерой социальных и технических достижений человеческого общества, характеристикой уровня нравственного и инженерного развития человеческой мысли. Во всех странах мира рациональное природопользование стало составной неотъемлемой частью государственной политики, а экологизация, как 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, должны внедряться на локальном, региональном и глобальном уровнях.

И прежде всего необходимо экологизировать промышленные технологии (производства) путем разработки малоотходных (ресурсосберегающих) технологий, аппаратов и оборудования, дающих на выходе минимум вредных выбросов.

Данное учебное пособие направлено на изучение современного направления прикладной экологии – промышленной экологии, рассматривающей воздействие промышленности (от отдельных предприятий до техносферы) на природу и наоборот, – влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калыгин В.Г. Промышленная экология : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.Г. Калыгин. – 4-е изд., перераб. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 432 с.
2. Бедрій Я.І. Промислова екологія : навчальний посібник / Я.І. Бедрій, Б.О. Белінський, Р.М. Івах, М.М. Козяр. – 4-е вид., перероб. – К. : Кондор, 2010. – 374 с.
3. Калыгин В.Г. Безопасность жизнедеятельности. Промышленная и экологическая безопасность, безопасность в техногенных чрезвычайных ситуациях. Курс лекций / под ред. В.Г. Калыгина. – М. : Химия, Колос С, 2006. – 520 с.
4. Калыгин В.Г. Промышленная экология. Курс лекций. / В.Г. Калыгин. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 240 с.
5. Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник. / Н.Ф. Реймерс.– М. :Мысль, 1990. – 637 с.
6. Алябышева Е.А. Промышленная экология : учебное пособие / Е.А. Алябышева, Е.В. Сарбаева, Т.И. Копылова, О.Л. Воскресенская. – Йошкар-Ола : Марийский гос. унив., 2010. – 110 с.
7. Галактионова Н.А. Промышленная экология : учебное пособие. / под ред. Н.А. Галактионовой. – М. : МННПУ, 2002. – 133 с.
8. Основы безопасности в техносфере : учебное пособие / А.А. Дик, В.А. Иванов, В.Н. Макарова, А.А. Усов, Л.А. Харкевич. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с.
9. Большой экономический словарь / Сост. А.В. Борисов. – М. : Книжный мир, 2010. – 864 с.
10. Запольський А.К. Основи екології : Підручник \ За ред. К.М. Ситника. – К. : Вища школа, 2001. – 358 с.
11. Коробкин В.И. Экология в вопросах и ответах : учебное пособие. 2-е изд., доп. и перераб. / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский – Ростов-н/Д.: Феникс, 2005. – 384 с.
12. Вредные вещества в промышленности : справочник для химиков, инженеров и врачей. – Ленинград. : «Химия», 1969. – 532 с.
13. ГОСТ 12.1.007-76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [Текст]; введ. 1977-01-03–Переиздание (сентябрь 1999 г.) с Изменениями № 1, 2 (ИУС № 12-1981 г. и № 6-1990 г.). – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 30 с.
14. Стадницький Г.В. Экология / Г.В. Стадницький, А.М. Родионов – СПб. : Химия, 1996 – 240 с.
15. Основные расчеты загрязнений водных объектов: методические указания к практическим работам по дисциплине «Промышленная экология ч.2» / Сост. О.А. Бычков. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 27с.
16. Річна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Луганській області у 2012 році / [за ред. О. А. Арапова]. – Луганськ :

Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Луганській області, 2013. – 282 с.

17. Охрана окружающей среды: учеб. для горн. и геологич. спец. вузов / С.А. Брылов, Л.Г. Грабчак, В.И. Комашенко; Под ред. К. Шродки. – М. : Вышш.шк., 1985. – 272 с.

18. Зборщик М.П. Биогеохимическая теория самовозгорания горных пород, способы предотвращения возгорания и тушение горящих отвалов угольных шахт / М.П.Зборщик, В.В. Осокин // Матер. Международной научно-практической конф. «Экологические проблемы промышленных мегаполисов» (1–4 июня 2004 г., г. Донецк). – Донецк, 2004. Т.2. – 2004. – С.6 – 11.

19. Саранчук В.И. Борьба с горением породных отвалов / В.И. Саранчук – К. : Наукова думка, 1978. – 167 с.

20. Бурлака В.И. Шахты и экология / В.И. Бурлака // Топливо-энергетический комплекс. – 2006. – № 7. – С. 11–13.

21. Зубова Л.Г. Экологические и геохимические особенности антропогенных ландшафтов Донбасса: учебн. пособ. / Л.Г. Зубова, А.Р. Зубов. – Луганск : изд-во ВНУ им. В.Даля, 2008. – 120 с.

22. Информация о деятельности Министерства природных ресурсов и экологической безопасности Луганской Народной Республики за 2016 год (по состоянию на 27.10.2016 г). – Луганск : Министерство охраны природы и экологической безопасности ЛНР, 2016. – 36 с.

23. Річна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Луганській області у 2014 році / [за ред. О. А. Арапова]. – Северодонецьк: Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Луганській області, 2015. – 197 с.

24. Вронский В.А. Прикладная экология : учеб. пособ. / В.А. Вронский – Ростов н/Д. : Феникс, 1996. – 512 с.

25. Верех-Белоусова Е.И. Луганщина : региональные экологические проблемы : учеб. пособ. / Е.И. Верех-Белоусова. – Луганск: Ноулидж, 2017. – 113 с.

26. Жолудева І.Д. Модель саморозвитку профілю техногенних ґрунтів в Донбасі / І.Д. Жолудева, В.П. Філатов // Збірник наукових праць ЛНАУ. – Луганськ : Вид-во ЛНАУ, 2007. – С. 36 – 41.

27. Симененко С.Т. Природні ресурси Луганщини : Навчально-довідний посібник / С.Т. Симененко, В.Ф. Косенко. – Луганськ : Вид-во «Ноулідж», 2014. – 212 с.

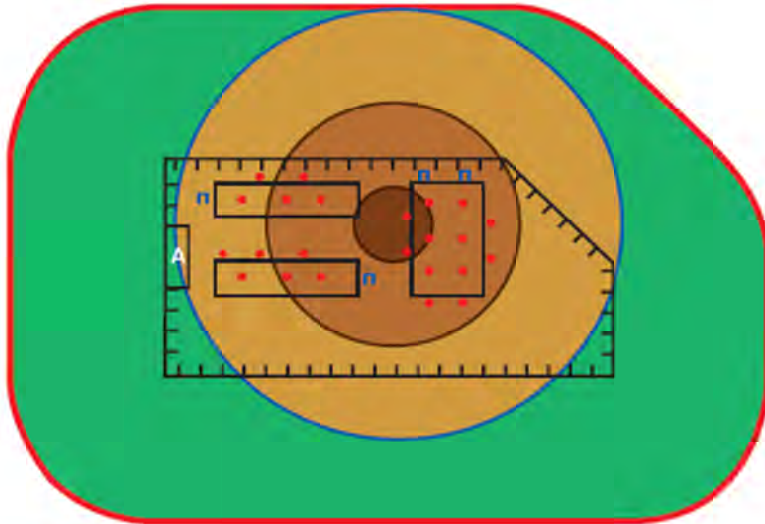
28. Ботарчуков А.В. Экология и здоровье населения Луганской области / под ред. д.м.н., проф. В.Т. Германова. – Луганск : Ноулидж, 2004. – 176 с.

29. Джигерей В.С. Экология и охрана окружающей природной среды : учеб. пособ. – 5-е изд., испр. и доп. – К. : Знание, КОО, 2007. – 422 с.

30. Афанасьев Ю.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды. Часть 1 / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин. – М. : Изд-во МНЭПУ, 1998. – 208 с.

31. Калыгин В.И. Экологическая безопасность в техносфере. Термины и определения. В.И.Калыгин / – М.: Химия, КолосС, 2008. – 368 с.
32. Мазур И.И. Инженерная экология / И.И. Мазур, О.И. Молдованов, В.Н. Шишов. – М.: Высшая школа, 1996. – 655 с.
33. Акимова Т.А. Экология / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
34. Квашнин И.М. Промышленные выбросы в атмосферу. Инженерные расчеты и инвентаризация. / И.М. Квашнин – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. – 328 с.
35. Хмелев В.Н. Ультразвуковая коагуляция аэрозолей: монография / [В.Н. Хмелев и др.] – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 241 с.
36. Бондарева Т.Н. Экология химических производств. /Т.Н. Бондарева – М.: Изд-во МИХМ, 1986. – 92 с.
37. Белов С.В. Охрана окружающей среды /С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков. – М.: Высшая школа, 1991. – 319 с.
38. Берне Ф. Водоочистка. Очистка сточных вод нефтепереработки. Подготовка водных систем охлаждения. / Ф. Берне, Ж. Кордонье. – М.: Химия, 1997. – 288 с.
39. Булатов М.А. Химические производства с замкнутым водооборотным циклом. / М.А. Булатов, Т.Н. Бондарева, А.М. Кутепов – М.: Изд-во МИХМ, 1991. – 80 с.
40. Мазур И.И. Инженерная экология. / И.И. Мазур, О.И. Молдованов, В.Н. Шишов – М.: Высшая школа, 1996. – 637 с.
41. Канализация / Н.Ф. Федоров, С.М. Шифрин. – М.: Высшая школа, 1986. – 365 с.
42. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: ДеЛипринт, 2004. – 328 с.
43. Будыкина Т.А. Процессы и аппараты защиты гидросферы: учеб. пособие для студ. высш. проф. образования. / Т.А. Будыкина, С.Г. Емельянов – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 288 с.
44. ГОСТ17.5.3.06-85 Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ [Текст]; введ. 1986-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 3 с.
45. Промышленная экология: конспект лекций. /Сост. Т.А. Кулагина, Е.П. Грищенко, Л.Н. Горбунова, В.П. Кутузова, Е.А. Рыбникова. – Красноярск: ФГОУ ВПО СФУ, 2007. – 222 с.
46. Реймерс Н.Ф. Азбука природы: микроэнциклопедия биосферы. / Н.Ф. Реймерс – М.: Знание, 1980. – 567 с.
47. Методика расчета размеров возмещения ущерба причиненных государству в результате нарушение законодательства об охране и рационального использования водных ресурсов» (от 30.06.2011). – К.: Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, 2011. – 25 с.

Схема санитарно-защитной зоны промышленного предприятия



- | | | | |
|---|----------------------------|---|-----------------------------------|
|  | Граница СЗЗ |  | Изолиния концентрации, равной ПДК |
|  | Эпцентр загрязнения |  | Источник загрязнения атмосферы |
|  | Наиболее загрязненная зона |  | Воздухозабор приточной вентиляции |
|  | Умеренно загрязненная зона |  | Граница территории |
|  | Чистая зона |  | Административное здание |

Промышленные циклоны



Рукавный фильтр с импульсной регенерацией



Фото применяемых в промышленности скрубберов Вентури



Горизонтальный отстойник с работой скребкового механизма

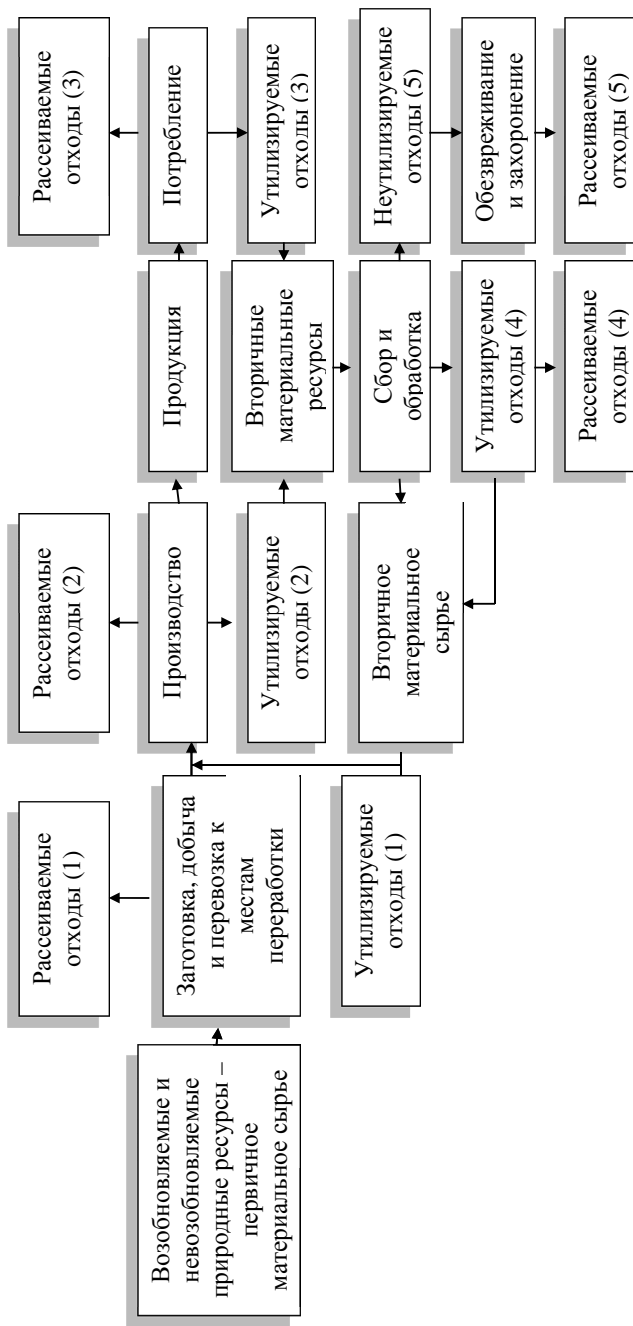


Радиальный отстойник



Приложение 6

Схема антропогенного ресурсного цикла



Учебное издание

ВЕРЕХ-БЕЛОУСОВА Екатерина Иосифовна

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

В авторской редакции

Дизайн обложки – Верех-Белюсова Е.И.

Подписано в печать 07.10.2019.

Формат 60x84 1/16. Бумага типогр. Гарнитура Times New Roman.

Печать лазерная. Тираж 50 экз. Усл. печ. л. 7,85. Уч.-изд. л. 8,93.

Изд. № 1396. Заказ № 1572. Цена договорная.

Издательство «Ноулидж»

(ФЛП Лазарев А.И.)

Свидетельство о регистрации: №11-0015382 от 26.07.2016

Адрес: 91000, г. Луганск, ул. Ватутина, д. 91, кв. 75.

Тел: +38(050) 475-35-13, email: nickvnu@gmail.com