

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Высшая школа техносферной безопасности

**Ульянов А.И., Полюхович М.А.,
Логвинова Ю.В., Каченкова В.Д., Житникова Т.С.**

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

СОДЕРЖАНИЕ

РАБОТА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ВОДЫ	3
1. Источники загрязнения воды.....	3
2. Методы водоподготовки и очистки сточных вод	13
2.1. Методы очистки сточных вод	13
2.2. Методы водоподготовки.....	22
3. Порядок выполнения лабораторной работы «Определение параметров качества воды»	28
3.1. Определение значения pH жидкостей.....	28
3.2. Определение прозрачности и мутности воды	32
3.3. Определение общей жёсткости воды	30
4. Расчетное задание «Загрязнение и очистка воды от промышленных выбросов»	36
4.1. Условные обозначения	36
4.2. Методика для расчета	36
4.3. Варианты задания.....	39
РАБОТА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА	43
1. Классификация загрязнений атмосферного воздуха.....	43
1.1. Воздействие производства на атмосферу	43
1.2. Основные загрязнители атмосферного воздуха	45
1.3. Загрязнение атмосферного воздуха твёрдыми частицами и их воздействие на живые организмы	45
2. Основные методы очистки воздуха	49
2.1. Основные способы очистки воздуха от взвешенных частиц.....	49
2.2. Основные способы очистки воздуха от посторонних газов	53
3. Порядок выполнения лабораторной работы «Определение параметров качества воздуха»	56
3.1. Определение концентрации O ₂ в воздухе.....	56
3.2. Определение концентрации CO ₂ в воздухе	60
4. Расчетное задание «Загрязнения и очистка воздуха от промышленных выбросов»	66
4.1. Условные обозначения	66
4.2. Методика для расчета	67
4.3. Варианты задания.....	71
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ	76

РАБОТА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Цель работы: провести качественный анализ жидкостей для определения показателя pH, прозрачности и общей жесткости жидкостей.

1. Источники загрязнения воды

Источник, вносящий в поверхностные или подземные воды различные вредные вещества, микроорганизмы или тепло, называется источником загрязнения, вещество, нарушающее нормы качества воды — загрязняющим.

Природные воды могут быть загрязнены самыми различными примесями, которые разделяют с учетом их биологических и физико-химических свойств на группы.

1. К первой группе относятся вещества, растворяющиеся в воде и находящиеся там в молекулярном или ионном состоянии. В природной воде могут присутствовать в растворенном виде различные газы (кислород, азот, диоксид углерода, сернистый газ и др.), а также растворимые соли (натрия, калия, кальция, аммония, алюминия, железа, магния, марганца и др.). Можно установить их наличие с помощью химического анализа, потому что растворенные примеси не задерживаются ни песчаными, ни бумажными фильтрами.
2. Вторая группа примесей — те, что образуют с водой коллоидные системы и взвеси. Коллоидные системы образуются из практически нерастворимых веществ. Они задерживаются мембранами — тонкими пленками из коллодия или бычьего пузыря. В коллоидном состоянии могут находиться вещества минерального и органического происхождения. При длительном отстаивании частицы песка, глины, образующие в воде взвеси, способны оседать.

Вода может иметь загрязнения биологического характера: бактерии, вирусы, водоросли, простейшие, черви и т. д.

В 90-х гг. XX в. антропогенное загрязнение природных вод стало носить глобальный характер и существенно сократило доступные эксплуатационные ресурсы пресной воды на Земле.

Основными источниками загрязнения являются промышленные и коммунальные канализационные стоки, смыв с полей части почвы, содержащей различные агрохимикаты, дренажные воды систем орошения, стоки животноводческих ферм, попадание в водоемы с осадками и ливневыми стоками аэрогенных загрязнений.

Среди загрязнителей воды наибольшую опасность представляют фенолы, нефть и нефтепродукты, соли тяжелых металлов, радионуклиды, пестициды и другие органические яды, биогенная органика, насыщенная бактериями, минеральные удобрения и т. д.

Наибольшая нагрузка из крупных речных бассейнов как по водопотреблению, так и по загрязнению приходится на Волгу, Днепр, Дунай и Рейн в Европе; Урал. Миасс, Исеть, Тобол на Урале; Ганг, Хуанхэ и Янцзы в Азии; реки Св. Лаврентия, Колорадо и Миссисипи в Америке.

Изменение pH водной среды в результате загрязнения оказывает отрицательное влияние на организмы. Подкисление озер и рек влияет и на сухопутных животных, так как многие птицы и звери входят в состав пищевых цепей, начинающихся в водных экосистемах.

Сброс канализационных стоков, особенно неочищенных или недостаточно очищенных, оказывает отрицательное влияние на круговорот органического вещества в водоеме, грозит опасностью инфекционных заболеваний, в первую очередь человека.

Сточные воды – дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные воды, сточные воды централизованной системы водоотведения и другие воды, отведение (сброс) которых в водные объекты осуществляется после их использования или сток которых осуществляется с водосборной площади. Сточные воды подразделяются на три главные категории:

- бытовые;
- производственные (технологические);
- атмосферные, иначе – дождевые (ливневые).

В зависимости от категории эти воды имеют различные происхождение, вид и качественную характеристику загрязнений. Соответственно, есть и специфика в реализации их очистки.

Биогены (вещество, представляющее собой остатки отмерших организмов или продукты жизнедеятельности и линьки живых организмов), поступающие в водоемы со сточными водами и смываемыми с полей удобрениями, стимулируют рост фитопланктона, водорослей. Данный процесс называют эвтрофикацией. Водоросли окрашивают воду в различные цвета и поэтому данный процесс называют и «цветением» водоемов. Под влиянием водорослей изменяется вкус воды, приобретает неприятный запах. В водоеме при отмирании водорослей развиваются гнилостные процессы. Бактерии, окисляющие органические вещества водорослей, потребляют кислород, создавая тем самым его дефицит в водоеме. Вода начинает гнить, испускать аммиачное и метановое зловоние, на дне скапливаются черные липкие сероводородные отложения. В процессе разложения отмирающие водоросли выделяют также фенол, индол и другие ядовитые вещества. От недостатка

кислорода, пищи и убежищ гибнут рыба, моллюски, ракообразные. Вода в таких водоемах становится непригодна для питья и даже для купания.

К одному из видов загрязнения природных вод относится и тепловое загрязнение. Промышленные предприятия, электростанции нередко сбрасывают в водоемы (водохранилища) подогретую воду, приводящую к повышению в них температуры. В водоемах с повышением температуры уменьшается содержание кислорода, увеличивается токсичность загрязняющих воду примесей, нарушается биологическое равновесие, происходит смена видового состава организмов, например водорослей. С повышением температуры в загрязненной воде наблюдается бурное размножение болезнетворных вирусов и микроорганизмов.

Важным источником пресной воды в ряде регионов России являются подземные воды. Однако подземные воды в последние годы так же подвергаются техногенному загрязнению из-за сильного загрязнения почвы и наземных водотоков. Нередко это загрязнение настолько велико, что вода из них непригодна для питья.

Рассмотрим воздействие на человека наиболее распространенных загрязнителей воды.

ФЕНОЛ. Фенолы являются одним из наиболее распространенных загрязнений. В водоемы поступают фенолы различного происхождения: компоненты промышленных сточных вод; соединения, образующиеся в ходе процессов вторичного загрязнения; биогенные фенолы, образуемые гидробионтами. В токсикологическом и органолептическом отношении фенольные соединения значительно отличаются друг от друга. Некоторые из них (пирокатехин, гидрохинон и др.) являются предшественниками еще более токсичных хинонов. Токсический эффект фенолов проявляется на клеточном (нарушение дыхания, пигментогенеза, биосинтеза белков; барьерных функций мембран) и на организменном (подавление роста и размножения у водорослей, нарушение рефлекса равновесия, дыхания, потеря двигательной активности у рыб и т. д.) уровнях. Сброс фенольных вод в водоемы и водотоки резко ухудшает их общее санитарное состояние, оказывая влияние на живые организмы не только своей токсичностью, но и значительным изменением режима биогенных элементов и растворенных газов (кислорода, углекислого газа). Природные белки теряют присущие им специфические свойства, становятся нерастворимыми. Процесс самоочищения водоемов от фенола протекает относительно медленно и его следы могут уноситься течением реки на большие расстояния. В водоемах ПДКв для фенола установлена 0,001 мг/л (лимитирующий показатель вредности – органолептический), ПДКвр – 0,001 мг/л (лимитирующий показатель вредности — рыбохозяйственный).

НЕФТЕПРОДУКТЫ. Нефть и нефтепродукты являются наиболее опасными загрязнителями водной среды, которые затрудняют все виды водопользования, оказывают отрицательное воздействие на трофические связи и круговороты веществ, загрязняют берега рек и озер, побережья морей и океанов – места обитания многих растений и животных, приводят к ухудшению физических (цвет, pH, вязкость) и органолептических (вкус, запах) свойств воды. В токсикологическом отношении нефть — это неспецифический групповой токсикант переменного состава, который относится к категории слаботоксичных и/или умеренно токсичных веществ. Наибольшую опасность для живых организмов представляют растворимые моноциклические ароматические углеводороды и устойчивые высокомолекулярные полиароматические углеводороды (ПАУ). В целом, тяжесть биологических последствий нефтяных разливов зависит от типа (легкая, средняя, тяжелая) и количества нефти, природной характеристики района, где произошла авария (геоморфология побережья, климат, глубина, тип осадков и пр.), текущей гидрометеорологической ситуации (температура, скорость течения, ветер, время года и др., а также видового состава, распределения, численности и других показателей состояния местной фауны и флоры. К числу наиболее характерных проявлений вредного влияния нефти на водные организмы относят: поражающие эффекты при непосредственном физическом контакте нефти с организмами, которые наиболее ярко проявляются при соприкосновении птиц и млекопитающих с пленкой нефти, а также в условиях хронического нефтяного загрязнения донных осадков; прямую и быструю интоксикацию при сильном нефтяном загрязнении, что характерно для легких типов нефти с повышенным содержанием растворимых низкомолекулярных аренов; сублетальные (стрессовые) нарушения физиолого-биохимических, поведенческих и других жизненно важных процессов; накопление углеводородов в промысловых организмах с появлением в них нефтяных запахов и привкусов. На сегодняшний день существует два ключевых нормированных показателя содержания нефтепродуктов: питьевая вода – до 0,1 мг/л; воды рыбохозяйственной акватории – до 0,05 мг/л.

ЖЕЛЕЗО. Биологическое значение железа очень велико, например, данный элемент входит в состав гемоглобина. Суточная потребность взрослого человека составляет 10-15 мг, детей до 6-12 мг. Количества железа более 1 мг/л в воде считается нежелательными из-за ухудшения физических свойств воды (появление мутности и желто-бурой окраски) и вяжущего привкуса. Однако исходя из его большой значимости для организма, как биоэлемента, наличие небольших количеств следует считать полезным. ПДК железа при выдаче воды потребителю 0,3 мг/л.

ФТОР. Содержание фтора в природных водах колеблется от сотых долей до 5-12 мг/л. Физиолого-гигиеническое значение фтора определяется его влиянием на формиро-

вание костного аппарата, в первую очередь, на ткани зубов; увеличивается их прочность, кислотоустойчивость и противодействие заболеванию кариесом. Считается, что избыточное количество фтора в воде (свыше 2-5 мг/л) нежелательно и может приводить к развитию флюороза, которое характеризуется очаговым разрушением эмали зубов, проявляющимся сначала в виде мелких матовых пятнышек с превращением в черные пятна с деструкцией эмали и всего зуба. Болезнь носит эндемический характер (заболевание, характерное для определённой местности).

ЙОД. Йод в природных пресных водах содержится в очень незначительных концентрациях: 3-9 мкг/л. Оптимальной концентрацией йода в воде является 20-25 мкг/л. При недостатке йода в воде (меньше 1 мкг/л) развивается эндемический зоб. Это связано с недостатком выработки гормона щитовидной железы - тироксина, что ведет к атрофии железистых клеток с последующим разрастанием стромы железы, из-за чего она увеличивается в объеме. Недостаточное образование тироксина обуславливает снижение окислительных процессов, накопление жира и воды в тканях и развитие слизистого отека кожи и подкожной клетчатки - микседемы. Возникновение болезни в раннем детском возрасте ведет к задержке роста и умственной отсталости, то есть к кретинизму. Для нормальной жизнедеятельности организма требуется 0,1-0,2 мг йода в день. Эндемичные по зобу местности чаще всего располагаются в глубине континентов, нередко имеют горный рельеф, обилие осадков и маломинерализованную воду. На территории РФ к ним можно отнести Ленинградскую, Московскую, Костромскую области, районы Среднего Поволжья, Бурятию, Иркутскую область, Карелию и другие.

МАРГАНЕЦ. Марганец активно влияет на обмен белков, углеводов и жиров. Важной также считается его способность усиливать действие инсулина и поддерживать определенный уровень холестерина в крови. В присутствии марганца организм полнее использует жиры, повышается усвояемость меди. Также микроэлемент регулирует процессы кроветворения, усиливает синтез гормонов щитовидной железы — тироксина и трийодтиронина, участвует в синтезе интерферона и укрепляет иммунитет и поддерживает нормальную свёртываемость крови. При его недостатке появляется задержка развития костного аппарата, умственная отсталость, стерильность и др. расстройства. Возможно развитие так называемого «марганцевого рахита». В отличие от «стронциевого рахита» излечивается применением витамина D. Поступает в организм от 1 до 22 мг/сутки из них с водой 4-5%, всасывается 3%. В больших количествах изменяет окраску воды, придает ей вязущий привкус. ПДК марганца при выдаче воды потребителю 0,1 мг/л. Переизбыток марганца может привести к серьёзным последствиям, после которых даже молодой организм

очень тяжело восстанавливается: ухудшению всасывания железа и возникновению развития анемии, ухудшению состояния нервной системы, нарушению всасывания кальция.

МЕДЬ. Медь входит в состав сплава латуни сантехнической арматуры и вследствие этого переходит в питьевую воду. При дефиците меди возникает анемия, задержка роста, остеопороз, атаксия (нарушение согласованности движений различных мышц при условии отсутствия мышечной слабости), альбинизм, слабоумие, потеря эластичности стенок крупных сосудов. Суточная потребность 2-2,5 мг. Токсичность меди невелика. Концентрация 15-20 мг/л в организме никаких изменений не вызывает, но в воде появляется неприятный металлический привкус. ПДК меди в воде 1 мг/л.

МЫШЬЯК. Содержание мышьяка в большинстве природных вод крайне незначительно – около 0,5 мкг/л. Применяется в фармацевтической промышленности, микроэлектронной промышленности (производство полупроводников), в производстве и использовании биоцидов, пестицидов, гербицидов, средств защиты древесины и др. В организм человека поступает в основном с питьевой водой. Поступление с продуктами питания значительно меньше. Хронические интоксикации мышьяком проявляются поражением кожи (экзема, гиперкератоз, меланоз, алопеция, кератомы), периферической нервной системы (сенсомоторная нейропатия с последующим развитием мышечной атрофии), центральной нервной системы (токсическая энцефалопатия), системы крови (апластическая анемия, миелогенная лейкемия), печени и почек. ПДК мышьяка в воде 0,05 мг/л [3].

СЕЛЕН. Селен - микроэлемент, обладающий высокой биологической и кумулятивной активностью. Недостаток селена вызывает дистрофию мышц и печени, экссудативный диатез. В избыточной концентрации селен может проявлять токсические свойства. Симптомы токсического воздействия избытка селена проявляются в возникновении чесночного запаха при выдохе и от мочи, металлическом вкусе, головных болях, тошноте, потере волос и повреждении ногтей. Возможны потеря чувствительности, судороги, пневмония, отёк лёгких и сердечно-сосудистый коллапс. В России имеются биогеохимические селеновые провинции, например, на Южном Урале, в Тувинском крае. ПДК селена установлена на уровне 0,001 мг/л.

СТРОНЦИЙ. При повышении содержания стронция в воде увеличивает активность щелочной фосфатазы, происходит задержка прорезывания зубов и застания родничка у детей. Значительное поступление в организм основного антагониста стронция - кальция - способствует выведению стронция и наоборот. Витамин D ускоряет всасывание стронция из кишечника. Высокие концентрации стронция в крови приводят к развитию так называемого «стронциевого рахита», не излечивающегося ни витамином D, ни оптимальным соотношением в рационе кальция/фосфора. С высокой концентрацией стронция и низкой

концентрацией кальция в почве и воде связывают развитие эндемической «уровской болезни». ПДК стронция в потребляемой воде ограничено 7 мг/л.

КАДМИЙ. Накопление кадмия связано с дегенеративными изменениями слизистой носа, глотки, разрушением обонятельного эпителия, тяжелыми поражениями почек. В питьевую воду кадмий поступает, как правило, в результате коррозии гальванизированных труб, из красителей и стабилизаторов полихлорвиниловых труб, а также вследствие загрязнения источников водоснабжения сточными водами предприятий сталелитейной промышленности и производства пластмасс. В питьевой водопроводной воде уровни содержания кадмия не превышают 1 мкг/л, однако в подземных водах иногда обнаруживается кадмий в концентрациях 10 мкг/л и выше. Кадмий довольно хорошо всасывается из желудочно-кишечного тракта. На всасывание влияет целый ряд факторов: химическая форма потребляемого кадмия, возраст и дефицит кальция, железа, цинка, белка.

РТУТЬ. Ртуть и ее соединения, в особенности органические, причисляют к опаснейшим, высокотоксичным веществам, аккумулирующимся в организме человека и длительно циркулирующим в биосфере. Наибольшее практическое значение в экологической патологии представляет локальное загрязнение ртутью, связанное с производственной деятельностью человека (сжигание топлива, электротехническая и целлюлозная промышленность). Значительное количество ртути попадает в донные отложения, где она может сохраняться десятки лет. Здесь под воздействием микроорганизмов ртутные соединения постепенно превращаются в органические хорошо растворимые соединения (метилртуть), вторично загрязняющие воду и легко включающиеся в пищевые цепи. Длительное поступление в организм малых количеств ртути вызывает хроническую интоксикацию. У больного могут проявляться дерматит, стоматит, саливация, понос, анемия, лейкопения, гепатопатия, нефропатия, головная боль, боли и скованность в мышцах, тремор, психическое угнетение, галлюцинации. Для хронической интоксикации ртутью особенно характерно состояние, называемое «ртутным эретизмом». При этом наблюдаются разнообразные нарушения со стороны вегетативной нервной системы, психики и своеобразный тремор. ПДК для неорганических соединений ртути - 0,005 мг/л, органических - 0,0001 мг/л.

СВИНЕЦ. Содержание свинца в природной воде невелико (~ 0,005 мг/л). Но с промышленными стоками в воду поступает значительное его количество. Период полувыведения свинца из организма составляет около 5 лет. Наиболее характерными являются изменения в ЦНС, в крови (снижение гемоглобина, уменьшение числа эритроцитов), в желудочно-кишечном тракте (спастический хронический колит, свинцовая колика), в костной ткани (развитие кариеса зубов), поражение почек (почечная недостаточность). Содержание свинца в воде не должно превышать 0,03 мг/л. По данным эпидемиологических ис-

следований, существует прямая корреляция между концентрацией свинца в питьевой воде (если она больше 0,8 мг/л) и частотой психической отсталости детей, а также смертностью от рака почек и всех видов лейкозов. Существует два пути проникновения свинца в питьевую воду:

- через загрязнение свинцом почвы;
- через водопроводную сеть.

Основным источником загрязнения почвы свинцом являются выхлопные газы автомобилей. Попадая на поверхность почвы, свинец смывается дождевой или талой водой, впитывается в почву, достигает водоносных горизонтов, попадая в воду колодцев и систему централизованного водоснабжения. Особую опасность в этом плане представляют открытые водоемы, которые все чаще используются в качестве источников водоснабжения крупных городов. Свинец также вымывается из водопроводных труб, которые содержат латунь.

НИКЕЛЬ. Применяется в металлургической промышленности в составе различных сплавов, специальных сортов стали, в машиностроительной – для покрытия металлических поверхностей, в производстве щелочных аккумуляторов и в других областях. Из солей никеля широко используется сернокислый никель, важное значение также имеет карбонил никеля. Никель и его соединения обладают высокой токсичностью. В условиях длительного контакта с малым количеством никеля развивается хроническая интоксикация, которая характеризуется особым дерматитом – «никелевой экземой». У подвергавшихся воздействию карбонила никеля часто возникает рак легких.

ХРОМ. Довольно широко используется в металлургической промышленности, химическом синтезе, машиностроении, при производстве керамических изделий. Острые отравления возможны при попадании соединений хрома внутрь в желудочно-кишечный тракт. В организме человека хром накапливается в волосах и ногтях, в меньшей степени – в гипофизе, надпочечниках, поджелудочной железе, легких и крови. После поступления хрома внутрь желудочно-кишечного тракта возникают боли в животе; рвота, головокружение, нестерпимая жажда, шок, анурия. Смерть наступает вследствие уремии.

ЦИНК. Содержится в выбросах производств электродов, химических источников тока, металлургических, металлообрабатывающих и машиностроительных предприятий. Количество цинка в организме человека практически равно содержанию железа и в 5 раз больше меди. При избытке цинка развивается анемия, которая хорошо излечивается препаратами, содержащими цинк. Суточная потребность в цинке 10-15 мг. Употребление воды, содержащей до 30 мг/л цинка, никакого отрицательного действия на людей не оказы-

вают. Токсическое действие наступает при концентрациях порядка сотен и даже тысяч мг/л. ПДК цинка в воде 5 мг/л.

АЛЮМИНИЙ. В воде возможно содержание только малых количеств алюминия. Попадание трехвалентного иона алюминия (так же, как и ионов ртути и свинца) в сеть водоснабжения городов с кислотными дождями приводит к более высоким уровням микроэлемента, которые уже становятся угрожающими. Увеличение алюминия в воде приводит к возрастанию смертности от болезни Альцгеймера. Есть данные о его мутагенности и кумулятивных свойствах.

НИТРАТЫ И НИТРИТЫ. Нитраты и другие азотсодержащие соединения (нитриты, нитрозамины) могут накапливаться в сельскохозяйственной продукции выше предельно допустимых уровней при несоблюдении правил, регламентов и технологий использования различных средств химизации, в первую очередь азотных удобрений. Поступление повышенных количеств нитратов в организм может привести к существенному нарушению здоровья, в первую очередь у лиц из крайних возрастных групп. Всасывание нитратов происходит главным образом в желудке. В течение 8 ч до 90 % введенных нитратов выделяется с мочой. Нитраты сами по себе не обладают выраженной токсичностью. Нитраты, как известно, могут довольно легко превращаться в нитриты. В то же время нитриты в дальнейшем соединяются с поступающими с пищей аминами и амидами. В результате образуются нитрозамины с выраженными канцерогенными свойствами. Этот процесс активно протекает при нормальной кислотности в желудке. Нитрозамины оказывают также токсическое действие на печень, а некоторые из них обладают мутагенными и тератогенными свойствами. Предельно допустимой концентрацией нитратов в воде является 45 мг/л.

ХЛОР. Хлор широко используется для обеззараживания воды от бактерий, вирусов и других микроорганизмов. Его использование привело к тому, что такие болезни, как холера и тиф, которые легко распространяются через зараженную воду, практически не встречаются в развитых странах. Тем не менее, существует несколько проблем, которые касаются присутствия хлора в питьевой воде. Во-первых, это проблема качества воды. Присутствие в воде избыточного количества хлора придает ей неприятный вкус. Во-вторых, это заболевания, которые может вызывать сам хлор. Показано, что люди, которые пьют хлорированную воду, имеют риск возникновения рака мочевого пузыря на 21% больше и риск возникновения рака прямой кишки на 38% больше, чем те, кто пьет воду с небольшим содержанием хлора. В-третьих, образование хлорорганических соединений. Эти соединения образуются в питьевой воде под воздействием хлора, даже когда в ней имеются безвредные органические соединения, в том числе и летучие. Действие хлорор-

ганических веществ также связывают с возможностью индуцировать онкологические заболевания.

ИОНЫ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ. Они представляют катионную основу солевого состава воды. Более половины катионов представлено натрием, затем следуют ионы кальция, магния, калия, рубидия, лития. Основное гигиеническое значение имеют ионы кальция и магния. Установлено, что кальций, начиная с 250 мг/л, магний - со 125 мг/л, вызывают изменение вкуса воды. Однако значение их этим не исчерпывается. Они являются эссенциальными веществами, участвующими в обмене веществ. С водой может поступать до 20 % магния и до 30 % кальция.

ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ. Различают временную, постоянную и общую жесткость. Временная жесткость обусловлена ионами кальция и магния, находящимися в соединении с гидрокарбонатными анионами (HCO_3). Временной она называется потому, что при кипячении воды происходит разрушение гидрокарбонатов с образованием карбонатов кальция и магния, выпадающих в осадок. Постоянная жесткость обусловлена соединениями кальция и магния со всеми другими анионами, кроме гидрокарбонатного: Cl , SO_4 , CO_3 , NO_3 , PO_4 и т.д. Общая жесткость складывается из временной (устраимой) и постоянной. Общую жесткость воды выражают в единицах СИ - мг-экв/л. Вода с общей жесткостью до 3,5 мг-экв/л считается мягкой, от 3,5 до 7 мг-экв/л - умеренно жесткой, от 7 до 10 мг-экв/л - жесткой и свыше 10 мг-экв/л - очень жесткой. Жесткость питьевой воды установлена 7 мг-экв/л. По данным ВОЗ, сообщения из ряда стран свидетельствуют о существовании обратной статистической корреляции между жесткостью питьевой воды и уровнем смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы. В зонах, обеспечиваемых мягкой питьевой водой, почти повсеместно более широко распространены атеросклероз, дегенеративные поражения сердца, гипертоническая болезнь или сочетания перечисленных заболеваний, а также чаще отмечаются случаи внезапной смерти от поражения сердечно-сосудистой системы. В районах с низкой жесткостью (мало ионов магния) наблюдается рост числа заболеваний сердечно-сосудистой системы.

СУЛЬФАТЫ. Высокоминерализованные воды с высоким содержанием сульфатов оказывают воздействие на желудок в виде значительного торможения секреторной деятельности начиная уже с концентрации 1000 мг/л, при более высокой концентрации оказывают послабляющее действие на кишечник. Поступая с водой в организм в повышенных количествах, сульфаты, особенно в сочетании с ионами магния, подавляют желудочную секрецию, ухудшают всасывание кишечного содержимого и оказывают послабляющее действие, вызывая диарею у людей, впервые использующих для питья такую воду. С течением времени наступает адаптация и диспепсические явления прекращаются.

ХЛОРИДЫ. Эпидемиологические наблюдения показали, что употребление воды с содержанием хлорида натрия более 1000 мг/л увеличивает частоту гипертензивных состояний у населения вдвое. Развитие гипертонической болезни в значительной мере обусловлено состоянием электролитного обмена. Повышенное употребление хлорида натрия способствует уменьшению диуреза, задержке в организме натрия и усилению выведения калия. Обследование населения в районах с различным содержанием хлоридов в питьевой воде показало, что сдвиги ряда биохимических критериев, а также показания артериального давления и реактивности сосудов дают основание считать длительное употребление высокоминерализованной хлоридно-натриевой воды одним из факторов риска по гипертензивным состояниям. При этом отмечено, что повышается в основном систолическое артериальное давление. При выдаче воды потребителю нормативное содержание хлоридов – не более 350 мг/л.

ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ. Природные воды делятся на пресные, содержащие не более 1 г/л солей, минерализованные, в которых солей от 1 до 50 г/л, и рассолы, где минерализация превышает 50 г/л. В свою очередь минерализованные воды можно разделить на солоноватые (количество минеральных веществ от 1 до 2,5 г/л) и соленые (количество солей более 2,5 г/л). Длительное использование для питья высокоминерализованных вод приводит к ряду изменений в организме. Так, у населения, постоянно потребляющего солоноватые подземные воды, содержащие хлоридно-сульфатно-натриевые соли, отмечается снижение диуреза, задержка воды в тканях, отеки, нарушение водно-электролитного баланса и секреторной деятельности желудочно-кишечного тракта. Наиболее выраженные патологические изменения в организме проявляются при употреблении для питьевых целей морской воды, минерализация которой составляет от 10 г/л (Балтийское море) до 37 г/л (тропические широты мирового океана). Даже при кратковременном употреблении такой воды, имеющей повышенные концентрации хлоридов и сульфатов натрия, калия, кальция и магния, происходит прогрессирующее обезвоживание организма, нарушается кислотно-щелочное равновесие и повышается остаточный азот в крови, ухудшается сердечная деятельность.

2. Методы водоподготовки и очистки сточных вод

2.1. Методы очистки сточных вод

Сточные воды – любые воды и атмосферные осадки, отводимые в водоёмы с территорий промышленных предприятий и населённых мест через систему канализации или самотёком, свойства которых оказались ухудшенными в результате деятельности человека.

Выбор системы и метода очистки

Существует большое количество систем очистки сточных вод, и выбор наиболее оптимальной необходимо проводить с учётом их токсичности и экономической целесообразности.

Известно три основных типа очистных сооружений:

1. Локальные – устанавливаются непосредственно после технологических установок и являются частью технологической схемы. Непосредственно на этих установках извлекаются ценные примеси. На данном типе очистных сооружений применяются методы отстаивания, экстракции, фильтрования, сорбции, коагуляции.

2. Заводские – это установки по биологической очистке и дезинфекции.

3. Районные или городские – на них осуществляется механическая (фильтрация, отстаивание), либо биологическая очистка бытовых сточных вод.

Применяются различные методы очистки сточных вод: механические, физико-химические, химические, биохимические, термохимические и термические.

Механические методы очистки сточных вод.

Механические методы основаны на разделении примесей и воды при действии на них гравитационного поля. Данные методы являются наиболее старыми, но по-прежнему не утратили своей актуальности из-за простоты и низкой стоимости. Механические методы позволяют отделять взвешенные частицы, для этой цели применяют решётки и сита.

Одним из распространённых механических методов является процеживание. Технологическая схема данного метода проста и состоит из нескольких этапов. На первом этапе происходит задерживание крупных частиц и волокнистых соединений, затем на следующем этапе мелкие сита улавливают более мелкие частицы, на последнем этапе происходит очистка микроскопических нерастворённых элементов.

На практике применяется также метод отстаивания. Он основан на разделении веществ различной плотности, содержащихся в сточных водах. Для этой цели используются отстойники, этот метод нашёл применение в закрытых системах водоснабжения, в металлургической и химической промышленности. Для реализации метода отстаивания используются различные установки, например песколовки, маслоуловители, нефтеловушки, шламоотстойники и т.д. Отстаивание происходит в отстойниках, которые в зависимости от направления движения воды могут быть горизонтальными, вертикальными или радиальными.

В целом конструкции отстойников имеют ряд недостатков:

- из-за больших размеров требуется значительный расход материалов для их изготовления, вследствие этого стоимость их строительства очень значительна;

- продолжительность отстаивания занимает значительное время;
- по сравнению с другими методами они имеют низкий коэффициент очистки сточных вод;
- процесс осаждения тормозится из-за турбулентного режима движения воды.

Перечисленные недостатки могут быть устранены при помощи применения тонкослойных и трубчатых отстойников, где происходит разделение отстойной зоны при помощи пластин и трубок. Достоинство такой конструкции заключается в том, что происходит уменьшение продолжительности процесса отстаивания и уменьшение размеров отстойника. Применяют их при очистке сточных вод с высокой концентрацией взвесей. Недостаток тонкослойных отстойников заключается в сложности удаления осадка. Помимо общих способов очистки сточных вод, существуют специальные.

Сточные воды промышленных предприятий могут содержать всплывающие примеси (нефть, масла, смолы и т.д.). Очистка их от примесей происходит путём изъятия с поверхности сточных вод. Данный принцип используется в нефтеловушках. Они представляют собой сооружения прямоугольной формы, в которых происходит разделение нефти и воды. Метод основан на разности плотностей. Нефть всплывает на поверхность воды в отстойной камере и затем удаляется при помощи скребкового транспортёра. При этом степень очистки от нефтепродуктов составляет 96 – 98%.

В настоящее время применяются методы очистки сточных вод от нерастворимых примесей под действием центробежных сил. Для этого применяются гидроциклоны, центрифуги и сепараторы.

Гидроциклоны представляют собой аппараты для осветления сточных вод. Принцип их действия основан на осаждении частиц под действием центробежных сил, которые многократно превышают гравитационные. В рабочей зоне гидроциклона происходит вращательное движение потока, которое обеспечивается двумя впускными патрубками. По сравнению с другими методами механической очистки гидроциклоны имеют ряд преимуществ:

- высокое качество разделения воды и твёрдых частиц;
- компактность устройства;
- низкая себестоимость и дешевизна эксплуатации установок;
- нет необходимости в применении механизмов, создающих центробежные силы.

Реже применяется метод центрифугирования, что связано с большим потреблением электроэнергии. В центрифугах центробежные силы создаются за счёт вращения корпуса. Центрифуги применяются в следующих случаях:

- если осадок является ценным продуктом и может быть в дальнейшем использован;
- в случае если необходимо отделить от воды мелкодисперсные загрязнения;
- при ограниченных площадях – центрифуги занимают незначительную площадь.

Для разделения жидких дисперсных систем применяют также сепараторы. Они представляют собой устройства, производящие очистку по принципу центрифугирования. Сепараторы нашли применение в нефтяной промышленности для очистки водонефтяных эмульсий. Эмульсия подвергается сепарации, при этом на нее действуют две силы – одна направлена к центру, другая к периферии. Обе фракции после сепарации непрерывным потоком выводятся из барабана в соответствующие приемные емкости.

Наиболее оптимальным способом извлечения частиц из сточных вод является фильтрование. Основным элементом в устройствах, осуществляющих фильтрование, являются фильтры. На практике применяются фильтры с пористыми перегородками. Перегородки изготавливаются из хлопчатобумажных, шерстяных, стеклянных, керамических, углеродных и металлических материалов.

В последнее время, в связи с развитием нанотехнологий стали активно внедряться наноматериалы в разные сферы деятельности человека, в том числе и в методы очистки сточных вод. Обладая высокими адсорбирующими свойствами, наноматериалы способны отфильтровывать наночастицы, а также снижать микробную и вирусную активность. Из используемых нанозагрузок в настоящее время можно отметить наночастицы серебра. Они характеризуются высокой антимикробной активностью. Аналогичным действием обладают наночастицы из гафрена и графита.

Механическая очистка, основанная на процеживании, фильтровании, отстаивании сточных вод, а также инерционном разделении различных примесей является наиболее дешёвой по сравнению с другими методами, однако ее применение не всегда эффективно.

Химические методы очистки сточных вод.

Химическая очистка сточных вод применяется в тех случаях, когда выделение примесей невозможно механическими методами.

Методы химической очистки сточных вод применяются в следующих случаях:

- перед спуском их в городскую водоотводящую сеть;
- перед биологической очисткой;
- осуществление дезинфекции сточных вод.

Метод химической очистки основан на протекании химической реакции между содержащимися в сточной воде примесями и реагентом.

При этом протекают различные типы реакций: нейтрализация, окисление, восстановление.

Реакция нейтрализации применяется тогда, когда в сточных водах присутствуют щёлочи или кислоты. Этот способ очистки применяется для избегания нарушений биохимических процессов на следующем этапе очистки, помимо этого нейтрализация кислот и щелочей предотвращает коррозию систем водоотведения.

На практике находят применение различные виды нейтрализации, при этом выбор конкретного метода зависит от состава сточных вод. Например, в химической промышленности применяется взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод. Как правило, сбросы кислых и щелочных вод происходят в разное время. Сточные воды, содержащие кислоты сбрасываются постоянно, тогда как щелочные воды сбрасываются с определённой периодичностью. Для щелочных вод существуют специальные емкости, из которых они поступают равномерно. При смешивании с кислыми водами происходит взаимная нейтрализация.

В тех случаях, когда взаимная нейтрализация невозможна, применяется нейтрализация с помощью реагентов (гашёная, негашёная известь, каустическая сода). Время контакта сточных вод и реагента должно быть не менее 30 мин.

Помимо этого, нейтрализация кислых сточных вод осуществляется путём фильтрования. Оно осуществляется через нейтрализующие материалы (известняк, мел, магнезит, доломит). Данный метод применяется не всегда, поскольку фильтры чувствительны к присутствию солей тяжёлых металлов – они при взаимодействии с кислотами в сточных водах выпадают в осадок, забивая фильтры.

Заключительным этапом очистки городских сточных вод является уничтожение микроорганизмов. Для дезинфекции сточных вод применяют различные окислители, такие как хлор, озон, а также ультрафиолетовое облучение.

Одним из распространённых методов обеззараживания является хлорирование. Применение хлора для обеззараживания сточных вод имеет гигиенические и экологические ограничения. Это связано с высокой токсичностью хлора.

Для обеззараживания питьевой воды и устранения запахов, а также для очистки сточных вод от фенолов, нефтепродуктов, соединений мышьяка, пестицидов, поверхностно-активных веществ (ПАВ) применяют метод озонирования. Озон является одним из самых сильных окислителей, что обеспечивает высокую степень очистки и обезвреживания от токсичных соединений.

По сравнению с методом хлорирования, озонирование имеет ряд преимуществ:

- озон обладает сильными бактерицидными свойствами;
- при озонировании воды она не загрязняется побочными продуктами, поскольку избыток озона превращается в кислород.

К недостаткам метода озонирования можно отнести дороговизну и высокую токсичность озона для организма человека.

Более молодым методом обеззараживания сточных вод является ультрафиолетовое облучение. Для реализации этого метода используют бактерицидные ртутно-кварцевые лампы.

Этот метод имеет ряд преимуществ:

- ультрафиолетовое излучение оказывает бактерицидное действие на широкий спектр микроорганизмов;
- метод не требует введения в воду химических реактивов, соответственно исключена опасность передозировки;
- для обеззараживания необходимо мало времени.

Немаловажным условием является сохранение органолептических свойств воды.

Физико-химические методы очистки сточных вод.

К физико-химическим методам относятся коагуляция, флокуляция, сорбция, флотация, экстракция, ионный обмен, обратный осмос, термическая обработка и другие.

Методы коагуляции и флокуляции применяются при очистке нефтесодержащих сточных вод и обычно используются на второй стадии очистки с применением коагулянтов. При механической очистке (первая стадия) удаляются относительно крупные фракции, тогда как мелкодисперсные и коллоидные частицы не удаляются. При коагуляции частицы дестабилизируются и склеиваются в более крупные агрегаты и в результате их осаждения происходит осветление сточных вод.

Разновидностью коагуляции является флокуляция. Процесс коагуляции происходит под действием высокомолекулярных органических и минеральных соединений - флокулянтов. Эти крупные молекулы адсорбируют коллоидные частицы из сточной воды, образуя хлопьевидный осадок. Метод флокуляции нашёл применение в химической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности.

Одним из наиболее эффективных методов глубокой очистки от растворенных органических веществ является сорбция. Она основана на извлечении вещества из сточных вод сорбентом.

Метод сорбции применяется в различных отраслях промышленности и направлен на извлечение из сточных вод ценных растворенных веществ. Данный вид очистки может

применяться как самостоятельно, так и в комплексе с биологической очисткой. Преимущество сорбции заключается в возможности связывания многокомпонентных смесей. Процесс сорбции основан на физическом сцеплении молекул с сорбентом без протекания химической реакции. Сорбционные методы используются для глубокой очистки сточных вод, в частности от пестицидов, гербицидов, красителей, ПАВ.

Наиболее эффективными сорбентами являются активные угли. Особенно хорошо они подходят для извлечения органических соединений.

Уголь имеет ряд преимуществ:

- механическую прочность;
- химическая и термическая стойкость;
- гидрофобность;
- способность сорбировать многие органические вещества.

Эффективность сорбционной очистки лежит в диапазоне от 80 до 95%.

Для очистки сточных вод от нефтепродуктов, ПАВ, жиров и масел используется процесс флотации. Он основан на прилипании частиц флотируемого материала к поверхности раздела фаз и всплывании их вместе с пузырьками воздуха. Затем всплывший пенный слой удаляется с поверхности.

Разновидностью этого метода является барботажная флотация. Она основана на подаче воздуха через пористые материалы пластин. К недостаткам этого метода можно отнести засорения и зарастания пор пластин в процессе эксплуатации.

Одним из распространенных способов физико-химической очистки является ионный обмен. Этот метод применяется при небольшой концентрации загрязняющих веществ в растворе и обычно на завершающих этапах очистки. Он позволяет извлекать из сточных вод ценные примеси, такие как соединения мышьяка, фосфора, хром, ПАВ, тяжелые, цветные металлы, радиоактивные вещества. Извлечение веществ происходит при помощи процесса обмена ионами на поверхности ионообменных материалов. В настоящее время в качестве ионитов применяются синтетические материалы, прежде всего смолы. Важнейшим свойством смол является их поглотительная способность.

Ионный метод имеет ряд преимуществ, которые включают в себя экологичность и возможность получения воды с низкой концентрацией примесей. Вместе с тем, есть и недостатки метода, заключающиеся в дефиците смол и большом расходе реагентов.

Биологические методы очистки сточных вод.

Наиболее широкое распространение получил метод очистки сточных вод при помощи микроорганизмов. Биологический метод заключается в использовании жизнедеятельности микроорганизмов.

тельности микроорганизмов, для которых взвеси органики в сточных водах являются источником питания. При этом в последующем происходит минерализация органических соединений, которые удаляются затем сорбционными методами. Различные органические вещества окисляются с разной скоростью и требуют разного количества кислорода.

Биологическая очистка сточных вод может происходить в естественных и искусственных условиях.

Для очистки бытовых сточных вод используются естественные условия, так называемые почвенные методы. В этих целях используются поля орошения, фильтрации и биологические пруды.

Поля орошения представляют собой участки земли, предназначенные для приёма сточных вод, где под действием микроорганизмов, воздуха идёт их очистка. Затем по истечении определённого времени эти участки земли могут быть использованы для выращивания сельскохозяйственных растений.

Другим биологическим методом является использование биопрудов. Они представляют собой искусственно созданные водоёмы, в которые поступает биологически очищенная сточная вода. Биологические пруды применяют при отсутствии достаточного количества площадей и хорошо фильтрующих почв.

Пруды используют на второй стадии биологической очистки и в них происходят те же процессы, что и в природных водоёмах.

В качестве искусственных методов биологической очистки используют биофильтры и аэротенки.

Биофильтры представляют собой слои фильтрующего материала, через которые поступает вода. На полуочищенной воде поселяются микроорганизмы и начинается процесс минерализации органики.

Аэротенки представляют собой сооружения в виде железобетонных прямоугольных резервуаров длиной до 100 м, которые делятся на секции. Главным составляющим аэротенков является активный ил. Он включает в себя микроорганизмы и твёрдые частицы. Сточные воды после отстойников поступают в аэротенки, где происходит окисление и минерализация органических соединений.

Время пребывания сточных вод в аэротенках составляет от 8 до 10 ч.

Заключительным этапом обработки городских сточных вод является их обеззараживание, способы которого описаны выше.

Биологическая очистка сточных вод является самой экологически чистой и химически безопасной по сравнению с другими методами.

Биологические методы водоподготовки.

Некоторые живые организмы обладают способностью поглощать или разлагать органические и неорганические загрязнения. В настоящее время применяются следующие биологические методы и системы очистки воды:

- пруды биологические;
- поля фильтрации;
- биофильтры;
- аэротенки (окситенки);
- метатенки.

В них используются простейшие микроорганизмы, а также некоторые виды червей и насекомых. Означенные технологии водоочистки применяются преимущественно для очистки стоков на коммунальных предприятиях и производствах.

Биологические пруды. Этот метод очистки загрязненной воды реализуется в естественных или в искусственных водоемах. В биологических прудах на дне образуется активный ил либо зооглей, содержащие следующие разновидности микроорганизмов:

- бактерии;
- простейшие водоросли и грибы;
- многоклеточные черви и личинки насекомых.

Бактерии разлагают токсичные соединения, разрушают азотосодержащие вещества и поглощают фосфаты. Пруд биологический имеет сравнительно низкую производительность и занимает большие площади.

Поля фильтрации. Один из самых эффективных способов водоочистки предусматривает использование многослойного сооружения, сквозь которое просачиваются стоки. Поля фильтрации содержат значительное количество микроорганизмов, которые разлагают и связывают вредные вещества и соединения. Главное достоинство означенного метода – низкие затраты на устройство и содержание водоочистных сооружений; недостаток – низкая производительности и невозможность использования для очистки сильнозагрязненных стоков.

Биофильтры. На очистных станциях активно используются биологические методы очистки воды от органических загрязнений. Современные биофильтры имеют многослойную структуру, насыщенную аэробными микроорганизмами. Для обеспечения их жизнедеятельности создается система естественной или принудительной вентиляции. Вода пропускается сквозь активный загрузочный слой, где происходит окисление или разложение загрязнений.

Аэротенки (окситенки). Инновационные методы и технологии очистки воды предполагают использование сложнейших комплексов с принудительной аэрацией. Аэротенк представляет собой очистную систему, работающую в автоматическом режиме. Вода в ней очищается при помощи аэробных бактерий, обитающих в активном иле. Жидкость смешивается с ним непосредственно перед загрузкой в сооружение, где происходит биоразложение органики и других вредных и токсичных примесей.

Метатенки. Установки анаэробного брожения предназначены для переработки сильнозагрязненных стоков. Метатенк – это один из самых перспективных методов очистки воды без использования кислорода и воздуха. В процессе жизнедеятельности особых видов бактерий выделяется биогаз, который частично используется для поддержания необходимой температуры. Мезофильное сбраживание протекает при 30-35 °С, а термофильное – в диапазоне от 50 до 55 °С. Образующийся при этом избыток метана используется в качестве автомобильного или технологического топлива.

2.2. Методы водоподготовки

Водоподготовкой (водоочисткой) называется комплекс мер, направленных на повышение качества жидкости из природных источников путем ее освобождения от солей, примесей и биологических агентов.

подавляющее большинство природных источников и открытых, и подземных не обеспечивают водоснабжение надлежащего качества. Основная цель всех способов очистки воды – доведение показателей и свойств жидкости до требуемого уровня, удовлетворяющего потребителя. Водоподготовка осуществляется предприятиями коммунального хозяйства и промышленности, а также автономными системами для частных домовладений и отдельно стоящих объектов.

Подготовка воды и методы очистки представляют собой сложный комплекс технологических процессов и мероприятий, целью которых является:

- удаление растворимых и нерастворимых примесей;
- нормализация минерального состава;
- доведение комплекса физико-химических показателей и свойств до требуемых.

Современные методы, применяемые для очистки воды, успешно справляются с решением перечисленных задач. Важно правильно определить, какие из существующих технологий будут наиболее эффективными для каждого конкретного случая.

Водоемы и геологические водоносные горизонты содержат всю периодическую таблицу элементов, а также их неорганические и органические соединения. Отсюда берет-

ся и широкое многообразие примесей, которые и определяют критерии классификации методов очистки воды. По используемым в них принципам действия они подразделяются на четыре группы:

- физические;
- химические;
- физико-химические.

Все перечисленные методы очистки воды в свою очередь имеют внутреннюю классификацию в зависимости от конкретного способа удаления тех или иных загрязнителей. Соответственно для каждого из них разрабатывается и изготавливается оборудование с необходимыми техническими характеристиками. Обычно для решения проблем водоподготовки используется комплекс из нескольких различных технологий.

Физические методы водоподготовки.

Такие способы очистки воды рассчитаны преимущественно на удаление нерастворимых механических примесей. В их основе лежат различные физические факторы воздействия на жидкость и находящиеся в ней загрязнители:

- гравитационные;
- центробежные;
- излучение.

Физические методы очистки в среде специалистов принято называть грубыми, и они используются на предварительных стадиях водоподготовки. Применение их позволяет снизить нагрузку и сохранить ресурс более сложных и дорогостоящих систем удаления мелкодисперсных, растворимых и иных примесей.

В водоемах открытых и подземных содержится значительное количество твердых примесей и микроорганизмов. Для удаления нерастворимых загрязнителей используются физические методы водоподготовки:

- процеживание;
- отстаивание;
- фильтрование.

Процеживание. Сетки и решетки с ячейками разных размеров, а также ткани обладают способностью задерживать достаточно крупные примеси. Современные методы очистки воды на предварительных этапах широко используют процеживание, что обеспечивает существенное снижение затрат на водоподготовку. Основным преимуществом такого способа является технологичность и простота, к числу недостатков следует отнести необходимость регулярной промывки фильтрующих устройств.

Отстаивание. К числу первичных методов очистки воды относят также и отстаивание. Суть его состоит в том, что под воздействием силы тяжести (гравитации) твердые частицы постепенно оседают на дно. В нижней части отстойников постепенно скапливается значительное количество загрязнителей разного вида, которые сбрасываются в дренаж при помощи специальных устройств. Производительность таких систем существенно ограничена длительностью процесса и объемом резервуаров.

Фильтрация. Данный способ водоочистки по принципу действия аналогичен процеживанию и предусматривает пропускание потока жидкости через пористые материалы. Фильтрацией задерживаются частицы, чьи размеры превышают определенные значения (до нескольких микрон): окалина, песок, ил и другие.

Некоторые из фильтров для воды по способу и эффективности очистки приближаются к самым современным системам. Они способны в числе прочих улучшать ее органолептические свойства и вкусовые качества. Метод фильтрации универсальный и применяется в крупных станциях водоподготовки и в небольших бытовых установках.

Ультрафиолетовая обработка. Наиболее эффективный способ очистки воды от различных видов микроорганизмов предполагает ее облучение при помощи специальных ламп с длиной волны от 200 до 400 нм. Обеззараживание жидкости ультрафиолетом осуществляется после предфильтрации и удаления механических частиц, снижающих проницаемость жидкости для световых лучей. Жесткое излучение вызывает фотохимические реакции в наследственных структурах клетки, что приводит к нарушению процессов ее жизнедеятельности и гибели. Главным преимуществом такого способа дезинфекции в системах очистки воды является сохранение ее исходного минерально-химического состава и иных свойств. При этом ее органолептические качества также не изменяются. Данный метод широко используется для обработки питьевой воды.

Химические методы водоподготовки.

Технологии реагентной обработки в системах водоочистки применяются уже много лет и доказали свою эффективность. Химические методы и вещества, используемые для очистки воды, позволяют разлагать токсичные и вредные соединения на безопасные. Различают следующие типы реакций:

- нейтрализующие;
- окисляющие;
- восстанавливающие.

В большинстве случаев загрязнители в результате воздействий переходят нерастворимое состояние. Твердые частицы в свою очередь либо отфильтровываются, либо выпадают в осадок.

Нейтрализация. Данный метод очистки воды предполагает использование специальных реагентов и дозирующего оборудования. Технология предусматривает нормализацию кислотно-щелочного баланса pH при помощи следующих соединений:

- водного раствора аммиака;
- гидроксида натрия или калия;
- соды кальцинированной.

Данный метод обеспечивает быстрое восстановление уровня pH или позволяет добиться нужной реакции: кислотной или щелочной. В процессе обработки помимо твердых или жидких реагентов, могут использоваться газообразные. Кислые газы при пропускании через воды дополнительно очищаются от механических примесей и нейтрализуют щелочные соединения.

Окисление. В процессе окисляющих реакций сводится к минимуму токсичность некоторых водных растворов, и уничтожаются многие виды опасных микроорганизмов. Для реализации таких инновационных способов очистки воды используют сильнодействующие вещества и соединения:

- хлорсодержащие: газообразный хлор, диоксиды, гипохлориты натрия, кальция и калия;
- перекись водорода;
- перманганат и дихромат калия;
- кислород и озон.

При применении описываемого метода окисления необходимо соблюдать крайнюю осторожность. Избыточное хлорирование воды может привести к образованию токсичных соединений, а высокая концентрация озона взрывоопасна.

Восстановление. Восстановительные реакции, по сути, противоположны окислительным и в совокупности являются частью процессов нейтрализации. Этот передовой метод очистки воды позволяет с минимальными затратами удалять из нее примеси, которые в обычных условиях выявляются с большими сложностями. В процессе восстановления происходит образование нетоксичных соединений, не представляющих опасности для человеческого организма и животных.

Физико-химические методы водоподготовки.

Комплексные системы водоподготовки исключительно эффективны и имеют широкий спектр применения. К физико-химическим относят специальные методы очистки воды, которые реализуются посредством:

- использования свойств тонкодисперсных сред;
- воздействия растворенных в жидкости газов;
- изменения состояния входящих в состав примесей ионов.

К данной группе технологий водоочистки относятся флотация, сорбция, экстракция, ионообмен, электродиализ, обратный осмос и термическая обработка. Применение означенных способов возможно как на предварительных стадиях водоподготовки, так и на завершающих для удаления сложных видов загрязнений.

Флотация. В настоящее время во многих источниках водоснабжения наблюдается повышенное содержание нефтепродуктов. Для их удаления применяется флотация – метод очистки воды с уникальными характеристиками. Для удаления из жидкости твердых и гидрофобных примесей сквозь нее пропускается воздух или инертный газ. В результате прохождения пузырьков сквозь толщу воды на ее поверхности образуется пена, содержащая загрязнители. Некоторые разновидности примесей из-за особенностей процесса смачивания закрепляются на границе раздела жидкой и газообразной среды. Образующаяся при этом пена легко удаляется при помощи несложных приспособлений. В водоподготовке используют следующие разновидности флотаций:

- механическая;
- напорная;
- пенная;
- пневматическая;
- химическая;
- электрическая.

Названия технологий напрямую связано со способом формирования воздушных пузырьков. В варианте электрофлотации для этой цели используются электроды, по которым пропускается ток. Напорная технология предполагает добавление в очищаемую воду перенасыщенной газом жидкости, смесь буквально взрывается при попадании в камеру с пониженным давлением.

Сорбция. Пористые материалы обладают способностью поглощать некоторые виды примесей при поверхностном контакте или пропускании сквозь них. Сорбционные методы по очистке воды обеспечивают надежное удаление поверхностно-активных веществ, ядохимикатов и фенольных соединений. В качестве фильтрующих веществ используются

активированный уголь, силикагели и другие вещества. Технология применяется преимущественно на завершающих стадиях глубокой очистки.

Экстракция. Данный способ очистки воды состоит в том, что в нее добавляются связывающие загрязнения вещества. Для ускорения процессов экстракции жидкость перемешивается, а затем отстаивается в специальных емкостях. Примеси переходят в экстрагент, который легко отделяется от рафината – чистой воды. Впоследствии концентрат примесей утилизируется или поступает на переработку для дальнейшего использования. Экстракция обеспечивает надежное удаление различных видов органики, в том числе фенольных соединений.

Ионообмен. Новые методы в очистке воды, основанные на изменении состояния заряженных частиц, получают все более широкое распространение. Ионообменные технологии применяются в основном для снижения жесткости и обезжелезивания. В процессе водоподготовки происходит обмен ионами между примесями и специальными веществами: катионитами и анионитами. Последние могут иметь природное происхождение: сульфогли и цеолиты, а также синтетические: специальные высокомолекулярные смолы.

Электродиализ. Этот способ очистки воды представляет собой комбинацию электрического воздействия и мембранного метода. Очищаемая жидкость пропускается последовательно через две камеры, в первой из них происходит процесс деминерализации во второй – накопление концентрированных растворов загрязнителей. Метод электродиализа применяется для снижения жесткости и восстановления стоков на химических и нефтехимических производствах.

Обратный осмос. Полупроницаемая мембрана в обратном осмосе обеспечивает эффективное удаление практически всех видов загрязнений из жидкости. В процессе очистки методом обратного осмоса загрязненная вода подается на установку, где разделяется на пермеат и концентрат. Последний обычно сбрасывается в дренаж или из него извлекаются полезные вещества. Получившаяся в результате особо чистая вода после дополнительной обработки используется для хозяйственно-бытовых нужд или в некоторых высокотехнологичных производствах.

Термические методы. Данная группа технологий водоподготовки основана на изменениях агрегатного состояния жидкости. К таким исключительно эффективным методам очистки воды относятся:

- выпаривание (дистилляция);
- вымораживание;
- термическое окисление.

Термические методы обеспечивают удаление или нейтрализацию сложных примесей, в том числе слабо разлагающихся и токсичных. Основной их недостаток – высокие энергозатраты.

3. Порядок выполнения лабораторной работы «Определение параметров качества воды»

3.1. Определение значения pH жидкостей

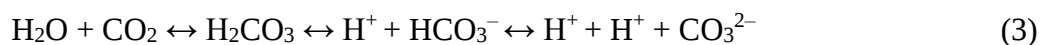
Один из важных параметров воды и водных растворов – водородный показатель pH (лат. pondus Hydrogenii – «вес водорода»). Значение pH характеризует концентрацию ионов водорода H^+ в растворе. При комнатной температуре небольшая часть молекул воды (примерно одна на каждые 10 миллионов (10^7) молекул) распадается, образуя ионы: катионы водорода H^+ и гидроксид-ионы OH^- :



Получается, что концентрация ионов H^+ будет 10^{-7} моль/л:

$$C[H^+] = 10^{-7} \text{ моль/л.} \quad (2)$$

Если вода абсолютно чистая, то гидроксид-ионов OH^- будет столько же. Показатель степени в выражении (2), взятый с обратным знаком, и есть значение pH. Таким образом, для абсолютно чистой воды $pH = 7$. Однако при растворении многих веществ в воде концентрации ионов H^+ и OH^- изменяются. Если увеличивается концентрация катионов водорода, то среда становится кислотной: $pH < 7$. Часто pH воды понижается при растворении в ней углекислого газа:



При увеличении концентрации гидроксид-ионов среда становится щелочной и $pH > 7$. В речных водах pH обычно находится в пределах $6,5 \div 8,5$, в атмосферных осадках – $4,6 \div 6,1$, в болотах – $5,5 \div 6,0$, в морских водах – $7,9 \div 8,3$. Известно, что при низком pH вода обладает высокой коррозионной активностью, а при высоком ($pH > 11$) вода приобретает характерную мылкость, неприятный запах, способна вызывать раздражение глаз и кожи. Именно поэтому для питьевой и хозяйственно-бытовой воды оптимальным считается уровень pH в диапазоне от 6 до 9. У здорового человека pH крови равен $7,36 \div 7,45$, т. е. кровь имеет слабощелочную реакцию. Сдвиг pH крови на $0,4 \div 0,5$ (особенно в кислую сторону) приводит к тяжёлым нарушениям функций организма. В большинстве клеток организма pH чуть больше 7,0. Ткани живого организма также весьма чувствительны к колебаниям показателя pH – за пределами допустимого диапазона разрушаются клетки, ферменты теряют способность выполнять свои функции, возможна гибель организма. Поскольку в пищу мы часто потребляем продукты с низким pH, в организме есть системы (их называют буферными), которые отвечают за поддержание значений pH в необходимых диапазонах.

Параметры pH кожи человека сдвинуты в кислотную сторону: в области кожного покрова головы $pH = 4,5 \div 5,5$. На подошвах и в области ладоней уровень pH около 6,5. Нормальный кожный покров обладает значением pH в 5,5. Поэтому использование мою-

щих средств (мыло, шампуни и т.п.) с высокими значениями рН (9÷11) негативно сказывается на состоянии кожи.

Используемые в работе материалы и инструменты:

1. Набор лакмусовой бумаги.
2. рН-метр.
3. Емкости с жидкостями.

С помощью лакмусовой бумаги рН определяется грубо, а с помощью рН-метра более точно.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений.

В работе предлагается измерить рН для 5 образцов воды. Измерения проводятся с использованием рН-метра и лакмусовой бумаги.

Порядок измерения рН с использованием рН-метра:

1. Снять защитную крышку с прибора. Включить прибор.
2. Опустить датчик рН-метра в емкость с образцом воды.
3. Выдержать датчик в образце воды в течение 90 с.
4. Записать полученный показатель рН в отчет (см. таблицу 1) по истечении времени измерения (90 с.)
5. После измерения ополоснуть датчик рН-метра в дистиллированной воде.
6. Повторить пункты 2-5 для оставшихся образцов воды.
7. По окончании опыта закрыть защитную крышку прибора.

Порядок измерения рН с использованием лакмусовой бумаги:

1. Опустить лакмусовую бумагу в образец воды и удерживать ее в воде в течение 2 с.
2. Выложить смоченную водой лакмусовую бумагу на стол.
3. Сравнить окрас смоченной лакмусовой бумаги со шкалой и определить по шкале рН воды. Занести результаты в отчет (таблица 1).
4. Повторить пункты 1-3 для всех образцов воды.

Результаты измерения рН заносятся в отчет (таблица 1). По результатам измерения рН воды двумя способами сделать выводы о состоянии образцов воды (используя критерии таблицы 2).

5. Для образца с кислой (щелочной) водой рассчитать концентрацию веществ, которыми вызвана повышенная кислотность (щелочность). Принимается, что повышенная кислотность вызвана уксусной кислотой (CH_3COOH молярной массой 60,052 г/моль), а повышенная щелочность едким натром (NaOH молярной массой 39,997 г/моль).

Примеры расчета:

1. Рассчитайте концентрацию серной кислоты (H_2SO_4) если рН раствора равен 2,8 полагая, что кислотность определяется только серной кислотой.

Запишем уравнение диссоциации серной кислоты: $\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$.

Значение рН определяется по следующей формуле:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+].$$

Так как pH раствора равен 2,8 то: $-lg[H^+]=2,8$. Следовательно, так как каждая молекула серной кислоты содержит по 2 иона H^+ , то искомая концентрация вычисляется следующим образом:

$$C(H^+) = 10^{-2,8} = 0,0016 \text{ моль/л.}$$

$$C(H_2SO_4) = 0,0016/2 \text{ моль/л} = 0,0008 \text{ моль/л.}$$

Молярная масса серной кислоты $M = 98,08 \text{ г/моль}$, то $C(H_2SO_4) = 0,0008 \cdot 98,08 = 0,08 \text{ г/л}$.

2. Рассчитайте концентрацию гидроксида калия (KOH) если pH раствора равен 11 полагая, что щелочность определяется только гидроксидом калия.

$$\text{Ионное произведение воды } K_w = [H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$$

Запишем уравнение диссоциации гидроксида калия: $KOH = K^+ + OH^-$.

$$\text{Рассчитаем } pOH = 14 - pH = 14 - 11 = 3$$

$$\text{Рассчитаем концентрацию } C[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-3} = 0,001 \text{ моль/л.}$$

Молярная масса гидроксида калия $M = 56,1 \text{ г/моль}$, то $C(KOH) = 0,001 \cdot 56,1 = 0,0561 \text{ г/л}$.

Таблица 1. Результаты измерения pH воды

Образец воды	pH, определённый лакмусовой бумагой	pH, определённый pH-метром	Характеристика воды
1			
2			
3			
4			
5			

Таблица 2. Характеристика вод по pH

Тип воды	Величина pH
сильнокислые воды	< 3
кислые воды	3 - 5
слабокислые воды	5 - 6,5
нейтральные воды	6,5 - 7,5
слабощелочной воды	7,5 - 8,5
щелочные воды	8,5 - 9,5
сильнощелочные воды	> 9,5

3.2. Определение общей жёсткости воды

Определить общую жёсткость можно с помощью прибора – солемера. Принцип его действия основан на измерении проводимости воды. Возможен также химический метод определения жёсткости воды.

Существует несколько единиц измерения жёсткости воды. В системе СИ используется моль на кубический метр (моль/м³), однако, на практике для измерения жёсткости используются градусы жёсткости и миллиграмм-эквиваленты на литр (мг-экв/л).

По степени жёсткости вода бывает (табл. 3):

- мягкая, если общая жёсткость её до 10° или до 3 мг-экв/л;
- средней жёсткости, если общая жёсткость её до 20° или до 7 мг-экв/л;
- жёсткая, если общая жёсткость её до 40° или до 14 мг-экв/л;
- очень жёсткая, если общая жёсткость её выше 40° или выше 14 мг-экв/л.

Очень жёсткая вода имеет неприятный вкус, может ухудшать течение почечнокаменной болезни.

Таблица 3. Соотношение единиц жёсткости

Градусы жесткости (Ж)	Концентрация, ppm (мг/дм³) CaCO₃	Концентрация, г/л CaCO₃	Характеристики жесткости воды
Единицы жёсткости			
>10°	>500 ppm	>0,5 г/л	жёсткая, постоянное употребление воды опасно для здоровья
>7°	>350 ppm	>0,35 г/л	жёсткая, неочищенная вода из источника или природного водоёма
>5°	>250 ppm	>0,25 г/л	жёсткая, неочищенная водопроводная вода
>3°	>150 ppm	>0,15 г/л	удовлетворительное состояние воды, после очистки фильтром или с родника
>1,5°	>75 ppm	>0,075 г/л	питьевая вода/ водопроводная вода
<1,5°	<75 ppm	<0,075 г/л	дистиллированная вода

Примечание: 1° = 50 ppm; 1 ppm = 0,001 г/л

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Снять крышку прибора. Включить прибор.
2. Пользуясь солемером (TDS-метром) и таблицей, определите общую жёсткость образцов воды.

2. Запишите результат в отчет (табл. 4).

3. Определить характеристику воды по показателям жесткости.

Результаты измерения жесткости воды заносятся в отчет (табл. 4). Используя табл. 3 сделайте вывод о жесткости образцов воды.

Таблица 4. Результаты измерения жесткости воды

Образец воды	Жесткость, ppm	Жесткость, Ж °	Жесткость, г/л	Характеристика воды
1				
2				
3				
4				
5				

3.3. Определение прозрачности и мутности воды

В случаях, когда вода имеет незначительные окраску и мутность и их определить трудно, пользуются показателем «прозрачность». Под прозрачностью воды понимается её

способность пропускать свет и делать видимыми предметы, находящиеся на определённой глубине. Прозрачность воды определяется количеством содержащихся в ней механических и химических примесей.

Мутная вода всегда подозрительна в эпидемиологическом отношении, т. к. в ней создаётся питательная среда для различных микроорганизмов, а значительная мутность препятствует свободному проникновению вглубь водоема солнечных ультрафиолетовых лучей и их бактерицидному действию на микроорганизмы.

Мерой прозрачности служит высота столба воды, при которой можно различать на белой бумаге шрифт (высота 3,5 мм, ширина 0,35 мм, либо чёрный крест). Результаты выражаются в сантиметрах.

Используемые в работе материалы и инструменты:

1. Емкости с водой.
3. Шприц 20 мл для отбора воды из цилиндрической колбы.
4. Цилиндрическая колба.
5. Образец шрифта.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Проверьте, чтобы в цилиндрической колбе вода была налита до уровня в 30 см.
2. Используя рН-метр, измерьте рН образца воды.
3. После измерения ополоснуть датчик рН-метра в дистиллированной воде.
4. Занесите результаты измерения в отчет (табл. 5)
5. Установите цилиндр на образец шрифта.
6. Наблюдая сверху через столб воды, определите высоту столба, позволяющего чётко видеть шрифт (необходимо, если при столбе жидкости в 30 см шрифт отчетливо не наблюдается, то надо, последовательно отбирая по 20 мл воды с помощью шприца, найти высоту столба жидкости позволяющую отчетливо увидеть образец шрифта). Измеренное значение прозрачности (т. е. высота столба воды) записывается в отчет с точностью до 1 см (табл. 5).
7. По табл. 6 определите мутность воды.

Результаты измерения прозрачности и мутности воды заносятся в отчет (табл. 5). Используя табл. 7 сделайте вывод о прозрачности образцов воды. По рН образца воды сделайте вывод, что может являться причиной повышенной мутности воды.

Таблица 5. Результаты измерения прозрачности и мутности

Образец воды	Прозрачность, см	Мутность, мг/л	рН	Вывод о прозрачности воды
1				

Такие параметры как «Прозрачность» и «Мутность», очевидно, коррелируют друг с другом. Примерная корреляция представлена в табл. 6.

Таблица 6. Перевод прозрачности в мутность

Прозрачность, см	Мутность, мг/л
2	745
4	360
6	250
8	190
10	140
12	100
14	70
16	48
18	34
20	22
22	14
24	10
26	8
28	6
30	3

Таблица 7. Критерии прозрачности

Прозрачность	Единица измерения, см
Прозрачная	Более 30
Мало-мутная	Более 25 до 30
Средней мутности	Более 20 до 25
Мутная	Более 10 до 20
Очень мутная	Менее 10

Примечание: прозрачность питьевой воды должна быть не менее 30 см, а воды плавательных бассейнов – 20 см.

Форма отчета лабораторной работы «Определение параметров качества воды»

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Лаборатория безопасности жизнедеятельности

Работа принята _____ Отчёт студента(ов) _____ Гр. _____
 " " _____ 20__ г. _____ Гр. _____
 Подпись преподавателя: _____ Гр. _____

РАБОТА № Э1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ВОДЫ

1. Определение значения pH образцов воды

Образец воды	pH, определённый лакмусовой бумагой	pH, определённый pH-метром	Характеристика воды
1			
2			
3			
4			
5			

2. Определение общей жёсткости воды

Образец воды	Жесткость, ppm	Жесткость, Ж°	Жесткость, г/л	Характеристика воды
1				
2				
3				
4				
5				

3. Определение прозрачности и мутности воды

Образец воды	Прозрачность, см	Мутность, мг/л	pH	Вывод о прозрачности воды
1				

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

4. Расчетное задание «Загрязнение и очистка воды от промышленных выбросов»

Цель - провести расчет концентрации загрязнителя в контрольном створе при сбросе сточных вод с промышленного объекта.

Исходные данные для расчета представлены в табл. 8.

4.1. Условные обозначения

Q – расход воды в водотоке, $\text{м}^3/\text{с}$.

q – максимальный расход сточной воды, $\text{м}^3/\text{ч}$. **Перевести в $\text{м}^3/\text{с}$.**

$C_{\text{ств}}$ – концентрация в створе, мг/л .

$C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация примеси в водном объекте, г/м^3 .

φ – коэффициент извилистости реки.

D – коэффициент турбулентной диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$.

L – расстояние по фарватеру от створа выпуска сточных вод до расчетного створа. $L=1000$ м для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования; $L=500$ м для объектов рыбохозяйственного водопользования.

ξ – коэффициент, учитывающий условия выпуска сточных вод. $\xi=1$ (выпуск у берега) или $\xi=1,5$ (выпуск в стрежне – наиболее быструю часть течения реки).

n – кратность общего разбавления.

$n_{\text{н}}$ – кратность начального разбавления, $n_{\text{н}} = 1$.

$n_{\text{о}}$ – кратность основного разбавления.

α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешивания.

$L_{\text{пр}}$ – расстояние от створа выпуска сточных вод до расчетного створа по прямой.

$V_{\text{ср}}$ – средняя скорость течения реки.

$h_{\text{ср}}$ – средняя глубина реки на участке от створа выпуска сточных вод до расчетного створа.

γ – коэффициент смешения.

4.2. Методика для расчета

Согласно действующим правилам, санитарно-гигиенические требования к качеству воды относятся только к местам или створам водопользования, а не ко всей акватории водного объекта. В водотоках контрольный створ, в котором состав и свойства воды должны соответствовать нормативным, расположен на расстоянии 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (рис. 2).

Для водоемов рыбохозяйственного назначения контрольный створ устанавливается на расстоянии 0,5 км от выпуска сточных вод. В непроточных водоемах контрольная зона должна соответствовать нормативам в радиусе 1 км от пункта водопользования (рис. 2).

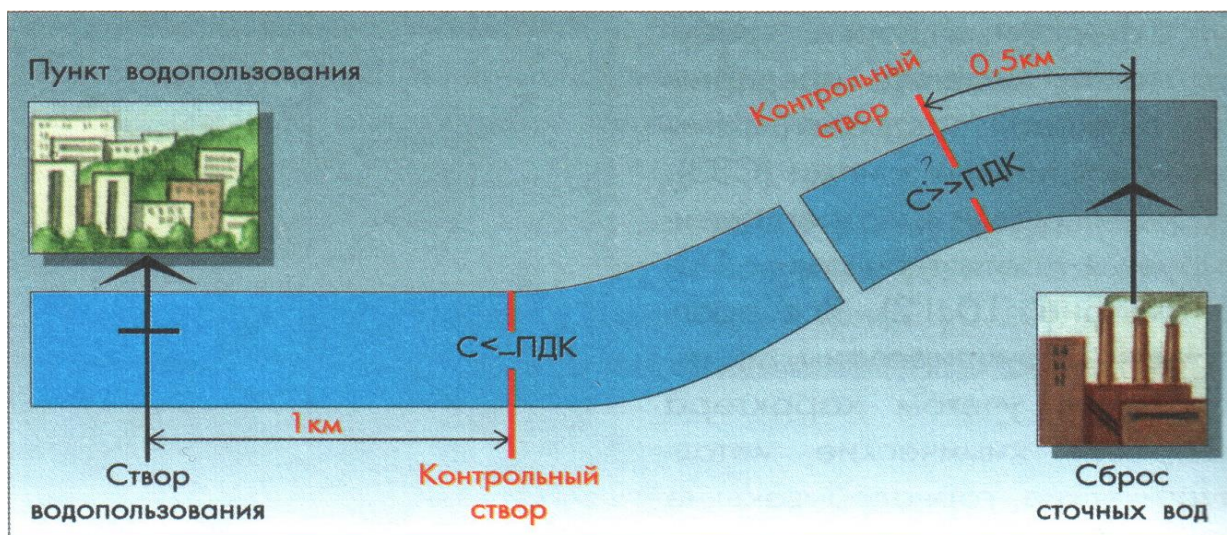


Рис. 2. Расположение контрольного створа в водотоках

1. Нахождение предельно допустимого сброса (ПДС):

$$\text{ПДС} = C_{\text{ПДС}} \cdot q. \quad (4)$$

2. Нахождение концентрации предельно допустимого сброса:

$$C_{\text{ПДС}} = n \cdot (\text{ПДК} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}}. \quad (5)$$

3. Нахождение фоновой концентрации в растворе

$$C_{\text{ф}} = 0,5 \cdot \text{ПДК}. \quad (6)$$

4. Расчет кратности общего разбавления

$$n = n_{\text{н}} \cdot n_0, \quad (7)$$

где $n_{\text{н}} = 1$;

$$n_0 = \frac{q + \gamma \cdot Q}{q}. \quad (8)$$

5. Расчет коэффициента смешения

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + (Q/q) \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}; \quad (9)$$

$$\alpha = \phi \cdot \xi \sqrt[3]{D/q};$$

$$\phi = L/L_{\text{ПР}};$$

$$D = \frac{V_{\text{ср}} \cdot h_{\text{ср}}}{200}.$$

6. Расчет концентрации загрязняющего вещества в контрольном створе.

$$C_{\text{р}} = \frac{C_{\text{ств}} \cdot q + C_{\text{ф}} \cdot \gamma \cdot Q}{\gamma \cdot Q + q}. \quad (10)$$

7. Проверка правильности расчета:

$$n_{01} = \frac{C_{\text{ств}} - C_{\text{ф}}}{C_{\text{р}} - C_{\text{ф}}}. \quad (11)$$

$n_0 \approx n_{01}$, разница между этими значениями должна быть не более 10%.

Так как для разбавления сточной воды до значений ПДК [3] необходимо очень большое количество воды, то необходимо установить оборудование для очистки сточных вод. После установки очистного оборудования концентрация в створе $C_{\text{ст}}$ уменьшится на процент очистки.

8. Расчет C_p^1 (массы выброса после очистки).

Запишем пропорцию

$$C_p - 100\%$$

$$X - 80\% \text{ (например, эффективность биологической очистки)}$$

Из пропорции выражаем значение X:

$$X = \frac{C_p \cdot 80\%}{100\%}; \quad (12)$$

Вычисляем концентрацию в створе C_p^1 при применении технологий для очистки сточных вод:

$$C_p^1 = C_p - X. \quad (13)$$

Сравниваем значение C_p и C_p^1 с ПДК:

$$C_p \leq \geq \text{ПДК};$$

$$C_p^1 \leq \geq \text{ПДК}.$$

Делаем выводы.

4.3. Варианты задания

Таблица 8. Данные для расчета

№ варианта	Вещество	Место сброса	$V_{ср}$, м/с	$h_{ср}$, м	$L_{пр}$, м	Q , м ³ /с	q , м ³ /ч	$C_{ств}$, мг/л	ПДК, мг/л	Вид водопользования	Источник загрязнения
1	Сероводород	У берега	0,1	4	430	50	50	50	0,005	р.х.	Производство колбасных изделий
2	Этиловый спирт	В стрежне	0,2	3,5	840	55	42	53	1,2	к.б.	Вино-водочное производство
3	Нитраты (по азоту)	У берега	0,3	4	450	40	48	47	0,3	р.х.	Предприятие по переработке фруктов и овощей
4	Бензол	В стрежне	0,4	3,7	930	45	52	42	0,05	к.б.	Сахарный завод
5	Дихлорфенол	У берега	0,5	2,8	480	43	55	48	0,0001	р.х.	Предприятие по переработке картофеля
6	Окись кальция	В стрежне	0,35	4,2	950	42	63	52	2,0	к.б.	Производство макаронных изделий
7	Уксусная кислота	У берега	0,28	3,8	920	38	60	55	0,5	х.п.	Кондитерское производство
8	Железо	В стрежне	0,1	5	910	52	59	63	0,8	к.б.	Мукомольное производство
9	Аммонийный азот	У берега	0,15	4,5	470	37	47	59	0,4	р.х.	Мясоперерабатывающее производство
10	Аммиак	В стрежне	0,25	2,5	900	57	51	62	0,3	к.б.	Молочное производство
11	Нефтепродукты	У берега	0,15	4,8	915	60	62	47	0,5	х.п.	Нефтеперерабатывающий завод
12	Жиры	В стрежне	0,23	4,3	490	59	44	40	2,0	р.х.	Жиркомбинат
13	Смолы	У берега	0,43	2,7	880	62	58	44	0,07	к.б.	Маслоэкстракционные заводы
14	Капролактамы	В стрежне	0,31	3,3	890	47	65	64	0,05	х.п.	Производство спирта
15	ПАВ	У берега	0,18	2,2	390	48	40	58	0,5	р.х.	Производство моющих средств
16	Муравьиная кислота	В стрежне	0,22	4,8	940	39	43	53	0,3	к.б.	Табачное производство
17	Анилин	У берега	0,4	2,2	960	63	64	43	0,3	х.п.	Производство глицерина
18	Жировые вещества	В стрежне	0,38	2,8	400	65	53	51	0,5	р.х.	Производство майонеза

р.х. – водоемы рыбохозяйственного назначения, х.п. – хозяйственно-питьевого назначения, к.б. – культурно-бытового назначения, ПАВ- поверхностно-активные вещества

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое водородный показатель pH?
2. Какая среда считается кислотной, а какая щелочной?
3. Почему pH воды не равен точно 7?
4. В каких диапазонах изменяется pH крови?
5. В каких диапазонах изменяется pH кожи?
6. Что такое буферная система?

Форма отчета для расчетного задания «Загрязнение и очистка воды от промышленных выбросов»

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Лаборатория безопасности жизнедеятельности

Отчёт студента _____ Гр. _____

РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ

ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ

1. Исходные данные

Вариант № _____

Вещество	Место сброса	$V_{\text{ср}}, \text{ м}^3/\text{с}$	$h_{\text{ср}}, \text{ м}$	$L_{\text{пр}}, \text{ м}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$q, \text{ м}^3/\text{ч}$

$C_{\text{ств}}, \text{ мг/л}$	ПДК, мг/л	Вид водопользования	Источник загрязнения	$L, \text{ м}$	ξ	$q, \text{ м}^3/\text{с}$

2. Расчет

2.1. Нахождение фоновой концентрации в растворе

$$C_{\text{ф}} = 0,5 \cdot \text{ПДК} =$$

2.2. Расчет коэффициента смешения

$$\phi = L/L_{\text{пр}} =$$

$$D = \frac{V_{\text{ср}} \cdot h_{\text{ср}}}{200} =$$

$$\alpha = \phi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{D/q} =$$

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + (Q/q) \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} =$$

2.3. Расчет кратности общего разбавления

$$n_0 = \frac{q + \gamma \cdot Q}{q} =$$

$$n = n_{\text{н}} \cdot n_0 =$$

2.4. Нахождение концентрации предельно допустимого сброса

$$C_{\text{ПДС}} = n \cdot (\text{ПДК} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}} =$$

2.5. Нахождение предельно допустимого сброса (ПДС)

$$\text{ПДС} = C_{\text{ПДС}} \cdot q =$$

2.6. Расчет концентрации загрязняющего вещества в контрольном створе

$$C_p = \frac{C_{\text{ств}} \cdot q + C_{\text{ф}} \cdot \gamma \cdot Q}{\gamma \cdot Q + q} =$$

2.7. Проверка правильности расчета

$$n_{01} = \frac{C_{\text{ств}} - C_{\text{ф}}}{C_p - C_{\text{ф}}} =$$

$n_0 \approx n_{01}$, разница между этими значениями должна быть не более 10%.

$n_0 =$ _____

$n_{01} =$ _____

разница составляет _____

2.8. Расчет C_p^1 (массы выброса после очистки)

Запишем пропорцию

$$C_p - 100\%$$

$$X - 80\% \text{ (например, эффективность биологической очистки)}$$

Из пропорции выражаем значение X:

$$X = \frac{C_p \cdot 80\%}{100\%} =$$

Вычисляем концентрацию в створе C_{p1} при применении технологий для очистки сточных вод:

$$C_p^1 = C_p - X =$$

Сравниваем значение C_p и C_p^1 с ПДК (выбрать знак сравнения):

$$\text{ПДК} = \text{_____}$$

$$C_p = \text{_____}$$

$$C_p^1 = \text{_____}$$

$$C_p \leq \text{ПДК};$$

$$C_p^1 \leq \text{ПДК}.$$

3. Изобразить расположение контрольного створа в водотоках



ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

РАБОТА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА

1. Классификация загрязнений атмосферного воздуха

Основные примеси воздуха по агрегатному состоянию загрязнения атмосферного воздуха разделяют на газообразные, жидкие, твёрдые, смешанные.

Источники загрязнения воздуха:

- естественные (внеземные и земные);
- искусственные (антропогенные).

Остатки сгоревших метеоритов представляют собой внеземные загрязнения. Ежегодно на нашу планету попадает 5–7 млн тонн космической пыли.

Пылевые частицы, размером 10^{-3} – 10^{-6} см, минерального или органического происхождения, являются земными загрязнениями. Частицы размером $5 \cdot 10^{-5}$ см являются центрами конденсации влаги или кристаллизации льдинок. Пыль возникает из-за извержения вулканов, лесных и степных пожаров. Выносятся в атмосферу и пыль пустынь. Над поверхностью морей и океанов из-за испарения брызг в воздухе присутствуют соединения натрия, калия, кальция, магния и других элементов. Органическая пыль — это споры различных растений, остатки и продукты брожения и гниения органических веществ растительного или животного происхождения.

Природная пыль не опасна для жизни. Все процессы эволюции жизни на Земле проходят в условиях переноса пыли в атмосфере. Эта пыль защищает планету от излучения Солнца. Органическая пыль служит источником возникновения жизни на вулканических островах.

1.1. Воздействие производства на атмосферу

Промышленные выбросы в атмосферу — это соединения серы, азота, зола, пыль, силикаты, углеводороды, фтористый водород, озон и др. Промышленные выбросы классифицируют по следующим признакам:

- по организации отвода и контроля (организованные и неорганизованные);
- по режиму отвода (периодические и непериодические);
- по температуре (холодные и нагретые);
- по локализации (в основном, вспомогательном и подсобных производствах);
- по дальности распространения (внутриплощадочные, внеплощадочные);
- по признакам очистки (на выбрасываемые без очистки и после очистки).

Выбросы без очистки могут быть организованные и неорганизованные. После очистки идёт организованный выброс. Под очисткой газа подразумевается отделение загрязняющего вещества от газа или его превращение в безвредное состояние.

Организованный промышленный выброс — это выброс, поступающий в атмосферу через специально сооружённые газоходы, воздуховоды, трубы.

Неорганизованный выброс — это ненаправленные потоки загрязнённого газа, возникающие из-за нарушения герметичности, отсутствия или плохой работы оборудования по отсосу газа в местах выгрузки, обработки и хранения дисперсных материалов.

Источники промышленного загрязнения воздуха классифицируют по нижеследующим признакам.

1. По назначению:

- технологические, содержащие хвостовые газы после улавливания пыли на установках;
- вентиляционные выбросы (местные отсосы от оборудования).

2. По месту расположения:

- незатенённые (высокие), находящиеся в зоне недеформированного воздушного потока (высокие трубы, удаляющие загрязнения на высоту, в 2,5 раза превышающую высоту зданий);
- затенённые (низкие), расположенные на высоте меньше высоты зданий в 2,5 раза;
- наземные, находящиеся вблизи земной поверхности (технологическое оборудование вне зданий, сбросы, отходы производства, промышленные жидкие и твёрдые токсичные вещества).

3. По геометрической форме:

- точечные (трубы, шахты, вентиляторы);
- линейные (аэрационные фонари на крышах цехов, несколько соседних открытых окон, близко расположенные вытяжные шахты и факелы);
- площадные (несколько источников на небольшой территории).

4. По режиму работы:

- непрерывного действия;
- периодического действия;
- залповые выбросы — возникают при авариях, при сжигании отходов;
- мгновенные выбросы — при взрывных работах и взрывах при авариях.

5. По дальности распространения:

- внутриплощадочные, создающие вредную концентрацию вредных веществ над территорией предприятия;
- внеплощадочные (высокие дымовые трубы), загрязняющие воздух за пределами предприятия

2.2. Основные загрязнители атмосферного воздуха

Из более чем тысячи примесей воздуха, на которые установлены ПДК, выделяют пять основных: оксиды серы, азота, углерода, углеводороды, твёрдые частицы.

Для большинства промышленных регионов данные примеси составляют по массе 90–98% от всех примесей воздуха. При этом характерно следующее соотношение их содержания в воздухе (табл. 9).

Таблица 9. Содержание примесей воздуха

Примесь воздуха	Содержание, мас. %	ПДК _{мр} *, мг/м ³
Оксид углерода СО	≈ 50	5
Оксиды серы	≈ 20	0,5
Твердые частицы	≈ 16–20	0,5
Оксиды азота	≈ 6–8	0,085
Углеводороды	≈ 2–5	-

*Предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в воздухе населённых мест, мг/м³.

С учётом более высокой токсичности оксидов азота их вклад в загрязнение воздуха оценивается примерно в 30–35%. За ними следуют оксиды серы, оксиды углерода и твёрдые частицы, также относят аммиак, сульфидную кислоту, сероуглерод, фториды, соединения свинца, калия, ртути. Существенная часть токсичных веществ поступает в атмосферу с продуктами горения топлива. Работы, направленные на снижение выбросов вредных веществ из тепловых агрегатов (дающих более одной трети общего валового выброса), показали, что эти вещества можно разбить на две основные группы: 1) вещества, количество которых определяется в основном составом топлива: диоксид серы, летучая зола, токсичные примеси, содержащиеся в золе, соединения ванадия; 2) вещества, образование которых зависит от технологии, в том числе от режима сжигания топлива: оксиды азота, оксид углерода, канцерогенные вещества. Внедрение средств, контролирующих вредные вещества второй группы, позволяет достичь оптимальных режимов горения и экономить топливо при одновременном снижении выбросов в атмосферу.

2.3. Загрязнение атмосферного воздуха твёрдыми частицами и их воздействие на живые организмы

Основными источниками выбросов твёрдых частиц являются тепловые электростанции, плавильные, обжиговые печи, цементные заводы. По воздействию на человеческий организм пыль делится на три группы:

- 1) пыль преимущественно фиброгенного действия;
- 2) токсичная пыль;
- 3) нейтральная или нетоксичная пыль, вызывающая чисто механическое действие.

Основными твёрдыми частицами, образующимися при горении, являются зола и сажа.

Зола — нейтральный остаток, образующийся из минеральных примесей топлива при его полном сжигании. Зола используется при производстве некоторых видов бетона, а также как удобрение. Из золы добывают редкие и рассеянные элементы, например германий и галлий.

Сажа — дисперсный продукт чёрного цвета, образующийся при неполном сгорании или термическом разложении углеводородов. Состоит из сферических частиц размером 10–350 нм, сформированных из атомов углерода. Используется как наполнитель при производстве резины, пластмасс.

Ущерб здоровью является самым грозным последствием загрязнения воздуха, так как большинство вредных веществ поступает в организм через органы дыхания, за которыми нет химического заслона. Кроме того, необходимо учитывать, что человек ежедневно потребляет значительное количество воздуха. Реакция организма на воздействие атмосферных загрязнений будет зависеть от индивидуальных особенностей, возраста, пола, состояния здоровья, метеоусловий. Наиболее уязвимыми являются пожилые люди, дети, больные, люди, работающие во вредных производственных условиях, курильщики.

Все описанные случаи вредного действия атмосферных загрязнений на здоровье по времени проявления эффекта можно разделить на две основные группы:

- 1) острое действие, когда эффект наступает непосредственно за периодом повышения концентраций;
- 2) хроническое действие, являющееся результатом длительного резорбтивного влияния атмосферных загрязнений и выявляемое как эффект за какой-то период, необходимый для его проявления.

Острое воздействие загрязнения атмосферного воздуха проявляется только в особых ситуациях, связанных с неблагоприятными метеорологическими условиями или с аварией на предприятии — источнике загрязнения воздуха. Острое воздействие может сопровождаться повышением смертности от хронических заболеваний, общей заболеваемости, частоты обращаемости по поводу обострения хронических сердечно-сосудистых, легочных и аллергических заболеваний, а также физиологическими и биохимическими сдвигами в организме неспецифического характера. В периоды резкого повышения уровня загрязнения острота этих нарушений резко возрастает. Компоненты загрязнения воздуха в этих случаях, как правило, играют роль не этиологических, а провоцирующих факторов, способствующих повышению заболеваемости.

Загрязнители атмосферы, оказывающие хроническое воздействие, могут быть разделены на две подгруппы:

- оказывающие хроническое специфическое действие, когда загрязнитель атмосферы играет роль *этиологического* фактора;
- оказывающие хроническое неспецифическое действие, когда загрязнитель атмосферы играет роль *провоцирующего* фактора.

К группе загрязнителей с хроническим специфическим действием относятся фтор, бериллий, кадмий. Описан флюороз при ингаляционном поступлении соединений фтора у населения, проживающего в зоне влияния выбросов алюминиевых и суперфосфатных заводов. В сырье этих заводов (бокситы, нефелины, апатиты) содержатся соединения фтора, которые в больших количествах присутствуют в выбросах предприятий в атмосферный воздух. Случаи бериллиоза среди населения, не имевшего профессионального контакта с бериллием, также описаны исследователями. Это хроническое заболевание, проявляющееся характерным узелковым процессом в легких.

К группе загрязнителей, оказывающих хроническое специфическое действие, следует отнести также метилртуть и асбест. Метилртуть является этиологическим фактором болезни Минамата, протекающей по типу центрального паралича. Большое внимание в последние годы уделяется присутствию в воздухе пыли асбеста и развитию в связи с этим продуктивного узелкового процесса в легких.

Хроническое воздействие загрязнений атмосферы является наиболее частым и неблагоприятным. Также выделяют:

- раздражающее действие. Могут поражаться верхние дыхательные пути с развитием ларингитов, трахеитов, ринитов. Поражаются легкие – хронические бронхиты, пневмонии с развитием эмфиземы, дыхательной и сердечно-сосудистой недостаточностью. Наблюдается поражение слизистой оболочки глаз с возникновением конъюнктивитов, кератитов, а также заболевания кожи (дерматиты);
- рефлекторные реакции. Загрязнение атмосферного воздуха может вызывать различные рефлекторные реакции, обусловленные раздражением рефлекторных зон. Эти реакции проявляются кашлем, тошнотой, головной болью, выраженность которых коррелирует с уровнем загрязнения воздуха. Рефлекторные реакции влияют на регуляцию дыхания, деятельность сердечно-сосудистой системы и других систем. Раздражение рецепторов слизистой оболочки носа может вызывать сужение бронхов и голосовой щели, брадикардию, приводить к снижению объема сердечного выброса. Рефлексы с глотки могут обуславливать сильное сокращение диафрагмы, наружных межреберных мышц. При раз-

дражении гортани и трахеи возникает кашлевой рефлекс, происходит сокращение гладких мышц бронхов, а раздражение рецепторов внутрилегочных бронхов может вызывать гипервентиляцию лёгких, бронхokonстрикцию (серьёзное нарушение проходимости бронхов), сокращение мышц гортани;

- алергенное действие. Возникают заболевания органов дыхания (бронхиальная астма, алергический бронхит), кожи (алергодерматозы), слизистой оболочки глаз (алергический конъюнктивит). В качестве алергенов выступают органические, неорганические вещества, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ);

- канцерогенное действие. Канцерогенами являются 3,4-бенз(а)пирен, мышьяк, асбест, бензол, никель и другие соединения. При поступлении данных веществ в организм у человека могут возникать злокачественные новообразования различной локализации;

- тератогенное действие. Вещества, загрязняющие воздух, могут провоцировать возникновение у плода врожденных дефектов развития;

- мутагенное действие. Возникают генеративные (происходят в половых клетках и в этом случае передаются последующим поколениям) и соматические (происходят в соматических клетках, наследуются при вегетативном размножении и могут явиться причиной развития злокачественных опухолей) мутации;

- эмбриогенное действие. Атмосферные загрязнения могут быть причиной невынашивания беременности и её прерывания на ранних сроках;

- общетоксическое действие. В результате воздействия атмосферных загрязнений у человека повышается общая заболеваемость, в том числе заболеваниями сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, опорно-двигательного аппарата, эндокринной системы, уменьшается продолжительность жизни;

- фотосенсибилизирующее действие. Вещества, загрязняющие воздух, повышают чувствительность кожи к ультрафиолетовому излучению. Избыточное поступление ультрафиолетовых лучей может оказывать канцерогенный, мутагенный, общетоксический эффект, вызвать фотоофтальмию и фотохимический ожог.

2. Основные методы очистки воздуха

Стоит сразу отметить, что универсального способа не существует, поэтому на предприятиях нередко используются многоступенчатые методы очистки воздуха, когда применяется несколько способов для достижения лучшего эффекта.

Виды очистки воздуха можно классифицировать как по способу работы:

- химические методы очистки загрязнённого воздуха (каталитические и сорбционные методы очистки);
- механические методы очистки воздуха (центробежная очистка, очистка водой, мокрая очистка);
- физико-химические методы очистки воздуха (конденсация, фильтрование, осаждение).

Так и по типу загрязнения:

- аппараты для очистки воздуха от пылевого загрязнения;
- аппараты для очистки от газового загрязнения.

Теперь рассмотрим сами методы.

2.1. Основные способы очистки воздуха от взвешенных частиц

Осаждение – посторонние частицы отсеиваются от основной массы газа за счёт воздействия определенной силы:

- силы тяжести в пылеосадительных камерах (рис. 3);
- инерционных сил в аппаратах-циклонах, в инерционных пылеуловителях в механических сухих пылеуловителях;
- электростатические силы, которые используются в электрофильтрах.

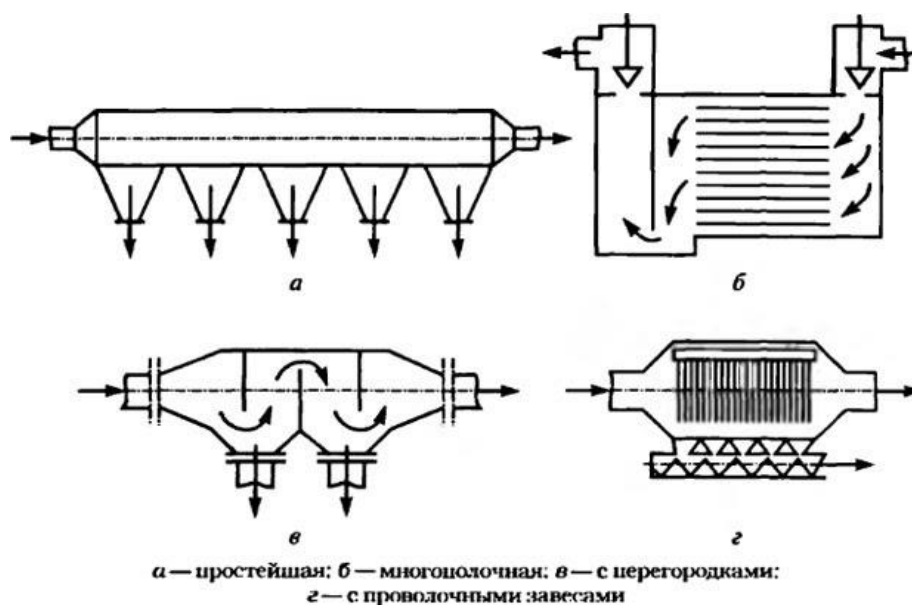


Рис. 3. Примеры пылеосадительных камер

Фильтрация – посторонние частицы отсеиваются при помощи специальных фильтров, которые пропускают основную массу воздуха, но задерживают взвешенные частицы. Основные типы фильтров:

- рукавные фильтры – в корпусе таких фильтров расположены рукава из ткани (чаще всего используется орлон, байка или стекловолоконная ткань), через которые проходит поток загрязнённого воздуха из нижнего патрубка (рис. 4). Грязь оседает на ткани, а чистый воздух выходит из патрубка в верхней части фильтра. В качестве профилактики рукава периодически встряхиваются, грязь с рукавов падает в специальный отстойник;
- керамические фильтры – в таких устройствах используют фильтрующие элементы из пористой керамики;
- масляные фильтры – такие фильтры представляют собой набор отдельных ячеек-кассет. Внутри каждой ячейки располагаются насадки, которые смазываются специальной смазкой с высокой вязкостью. Проходя через такой фильтр, частицы грязи прилипают к насадкам;

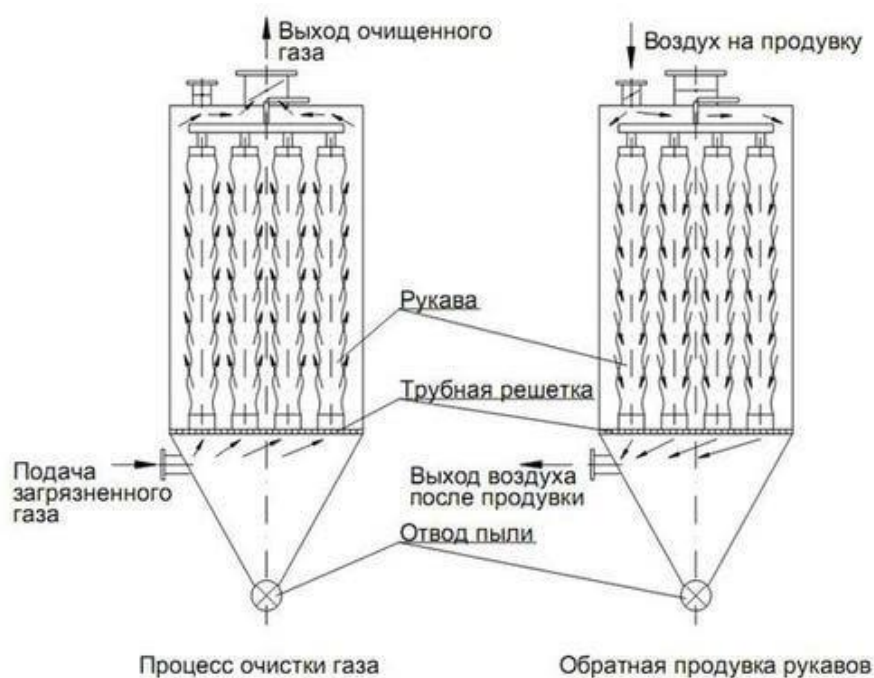


Рис. 4. Пример рукавного фильтра

- электрические фильтры – в таких устройствах газовый поток проходит через электрическое поле, мелкодисперсные частицы получают электрический заряд, после чего оседают на заземленных осадительных электродах (рис. 5).

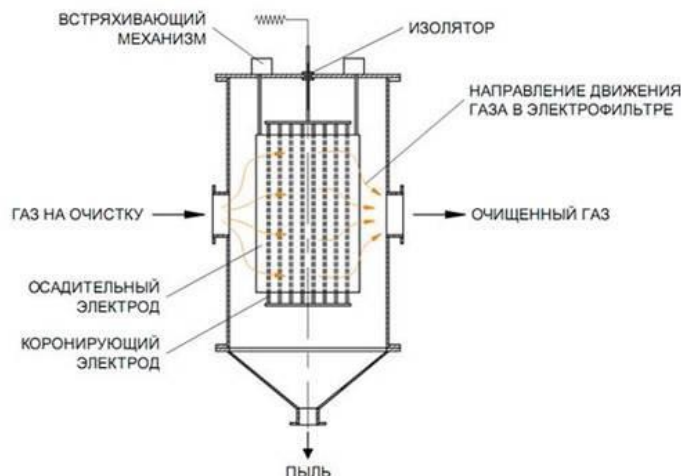


Рис. 5. Пример электрического фильтра

Мокрая очистка – посторонние частицы в газовом потоке осаждаются при помощи водяной пыли или пены – вода обволакивает пыль и с помощью силы тяжести стекает в отстойник.

Чаще всего для мокрой очистки газа используются скрубберы — в этих устройствах поток загрязнённого газа проходит через поток мелкодисперсных капель воды, они обволакивают пыль и под действием силы тяжести оседают и стекают в специальный отстойник в виде шлама.

Существует около десяти типов скрубберов, различающихся по конструкции и принципу работы, отдельно стоит выделить:

1. Скрубберы Вентури – имеют характерную форму в виде песочных часов. В основе работы таких скрубберов – уравнение Бернулли: увеличение скорости и турбулентности газа происходит вследствие уменьшения площади потока. В точке максимальной скорости, в центральной части скруббера, газовый поток смешивается с водой (рис. 6).

2. Форсуночные полые скрубберы – конструкция такого скруббера представляет собой полую цилиндрическую емкость, внутри которой расположены форсунки для распыления воды (рис. 7). Капли воды захватывают частицы пыли и под действием силы тяжести стекают в отстойник.

3. Пенно-барботажные скрубберы – внутри таких скрубберов расположены специальные барботажные насадки в форме решетки или тарелки с отверстиями, на которой находится жидкость (рис. 8). Поток газа, проходя через жидкость на большой скорости (более 2 м/с), образует пену, которая успешно очищает поток газа от посторонних частиц.

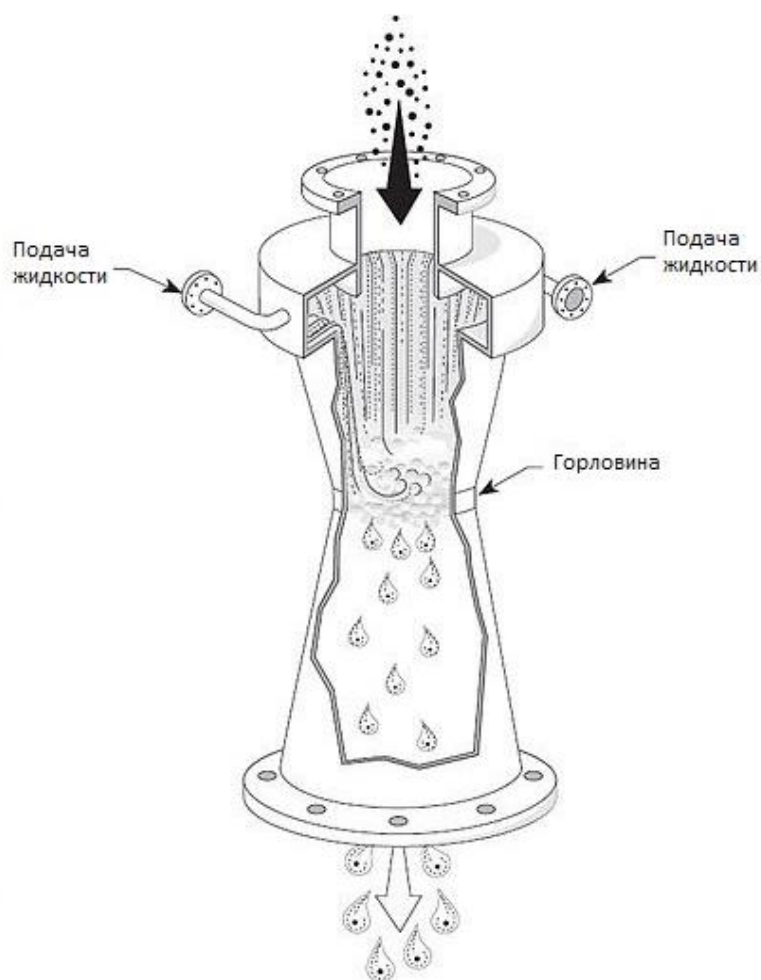


Рис. 6. Скруббер Вентури

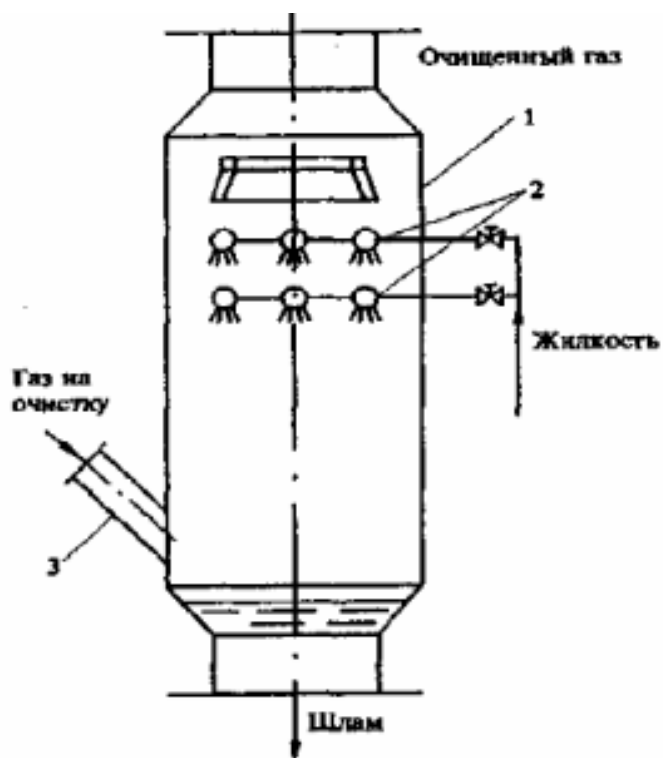


Рис. 7. Схема форсуночного полого скруббера

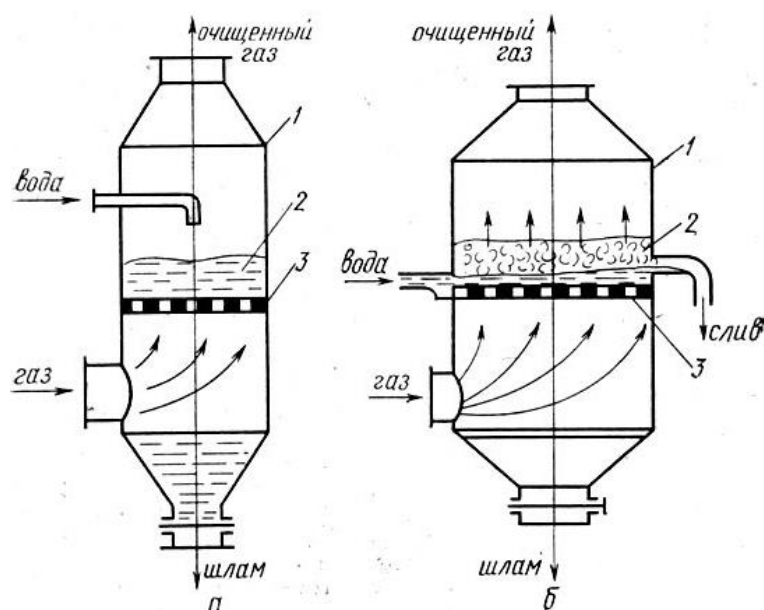


Рис. 8. Пенно-барботажные скрубберы

4. Насадочные скрубберы, они же башня с насадкой – внутри таких скрубберов расположены различные насадки (сёдла Берля, кольца Рашига, кольца с перегородками и т.д.), которые увеличивают площадь соприкосновения загрязнённого воздуха и очищающей жидкости (рис. 9). Внутри корпуса также расположены форсунки для орошения потока загрязнённого газа.

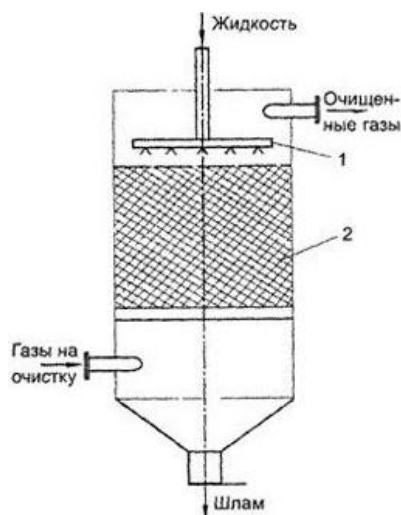


Рис. 9. Пример насадочного скруббера

2.2. Основные способы очистки воздуха от посторонних газов

Абсорбция – поглощение газа жидкостью с помощью растворения или же избирательной химической реакции.

Абсорбция бывает полной (газ растворяется полностью) или частичной (растворяется только часть газа). На уровень абсорбции влияют как химические факторы – тип по-

глощающей жидкости и газа, так и физические факторы – площадь соприкосновения газа и жидкость, температура и давление в рабочей камере.

Процесс абсорбции протекает в специальных устройствах – абсорберах, которые представляют собой вертикальный корпус, внутри которого располагаются тарелкообразные насадки, на которые поступает жидкость (рис. 10). Газ, контактируя с жидкостью, абсорбируется, после чего очищенный воздух выводится в атмосферу.

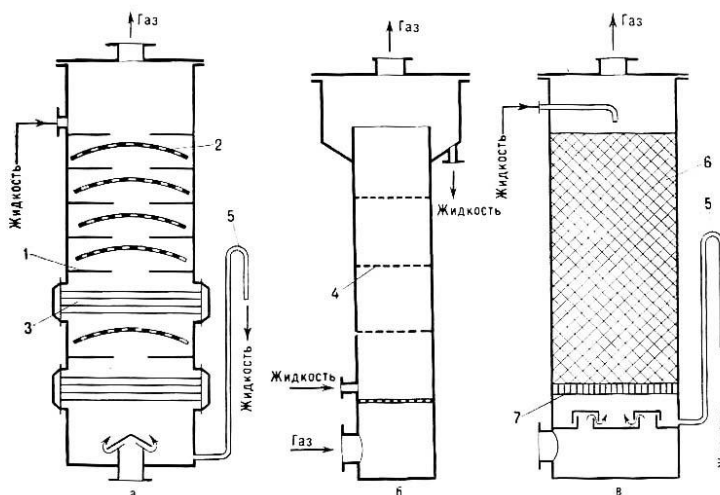


Рис. 10. Пример абсорбера

Адсорбция – процесс поглощения газа из воздушного потока твердым веществом (адсорбентом). На сегодняшний день самыми популярными адсорбентами являются активированный уголь и оксидные адсорбенты. Как и в случае с абсорбцией, качество очистки зависит от исходного материала, применяемого адсорбента, а также от физических показателей – температуры и давления (идеальные условия – низкая температура и высокое давление в рабочей камере).

Адсорбционная установка – аппарат для очистки воздуха путём адсорбции, представляет собой ёмкость, заполненную адсорбентом. Загрязнённый поток газа подаётся под давлением на рабочую поверхность, очищенный газ выводится через патрубок в верхней части аппарата. Стоит отметить, что поглощающая способность адсорбера ограничена, тут можно провести аналогию с фильтром, который со временем забивается. Для достижения непрерывной работы существуют двойные адсорбционные установки, которые состоят из двух емкостей, работающих поочередно – пока в одной емкости очищается газ, в другой регенерирует адсорбент и наоборот (рис. 11).

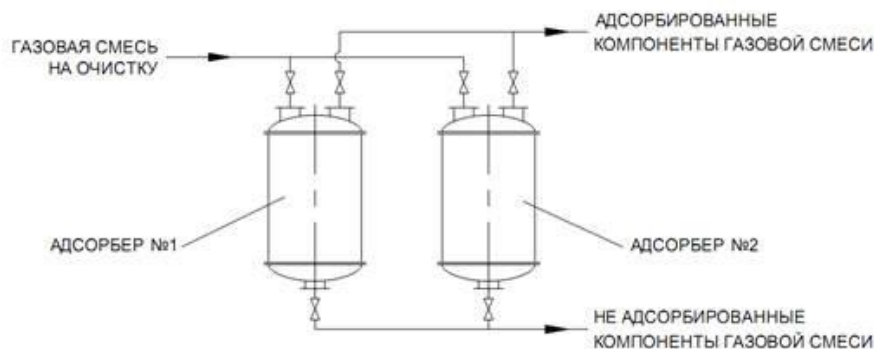


Рис. 11. Пример двойной адсорбционной установки

Сжигание – способ очистки газа путём термической обработки. Очень эффективен для удаления горючих органических компонентов из газовой среды (например, попутного газа). Способ простой и действенный, но имеющий свои недостатки: в процессе горения выделяется углекислый газ, оксид серы, хлористый водород и оксид азота, поэтому для полной очистки исходного материала требуются дополнительные очистные средства.

Сжигание газа происходит в специальных печах, температура в рабочей камере примерно 600-800 градусов Цельсия (рис. 12). Для предотвращения образования сажи в рабочую камеру подают водяной пар, который улавливает мелкодисперсные частицы.

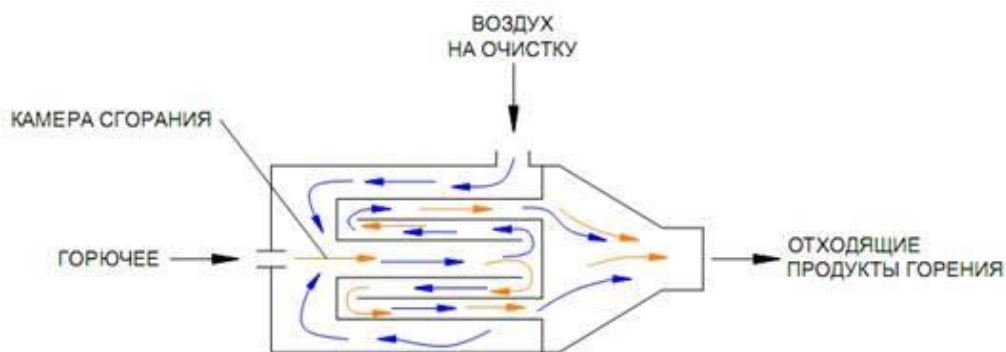


Рис. 12. Пример печи для сжигания

Конденсация – метод очистки воздуха путём конденсирования необходимой газовой фракции. В основе метода – свойство вещества менять своё агрегатное состояние под воздействием температуры (самый простой пример – вода, которая в зависимости от температуры существует в трёх агрегатных состояниях – лёд, жидкость, пар).

Способ не является универсальным в силу своей специфичности – необходимо, чтобы температура конденсации отделяемого газа была ниже, чем температура конденсации газа носителя. Если же температура конденсации газов близка, то их разделение с помощью конденсации невозможно.

Очистка происходит в специальных конденсаторах, внутри которых располагаются охлаждающие трубки, заполненные хладагентом (рис. 13). Поток воздуха проходит через конденсатор, газ конденсируется на трубках, а очищенный воздух выводится из аппарата.

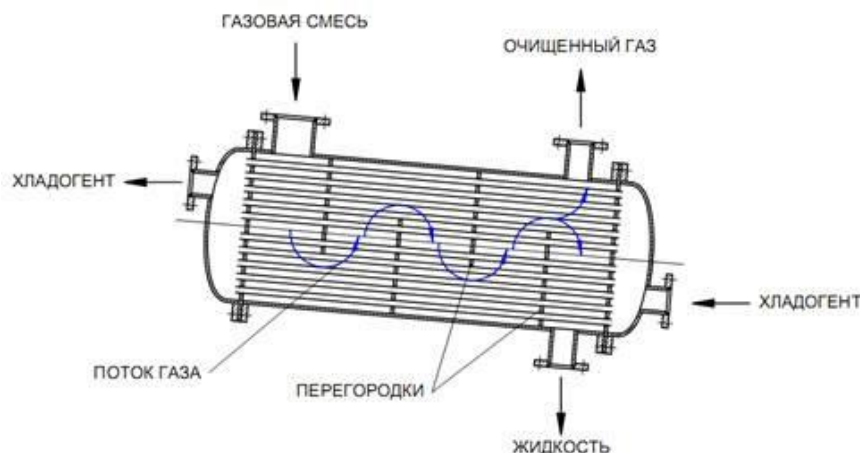


Рис. 13. Пример конденсатора

Катализация – процесс очистки воздуха путём использования катализаторов — активных веществ, которые при взаимодействии с газами в воздушном потоке в ходе химической реакции преобразуют вещество в менее вредное или же полностью безвредное. К примеру, на предприятиях используют окись хрома для превращения опасной окиси углерода (угарный газ) в менее вредную двуокись углерода (углекислый газ).

Каталитическая очистка происходит в каталитических реакторах, которые представляют из себя вертикальные ёмкости, внутри которых находится тарелкообразная насадка, где располагается химический катализатор. Реактор также может быть оснащён дополнительными устройствами для нагрева или охлаждения газа (если каталитическая реакция проходит при определённой температуре), отвода тепла (если каталитическая реакция – экзотермическая) и т.д.

3. Порядок выполнения лабораторной работы «Определение параметров качества воздуха»

3.1. Определение концентрации O_2 в воздухе

Качество воздуха, необходимого для поддержания жизненных процессов всех живых организмов на Земле, определяется содержанием в нем кислорода.

Зависимость качества воздуха от процентного содержания в нем кислорода рассмотрим на примере рисунка 1.

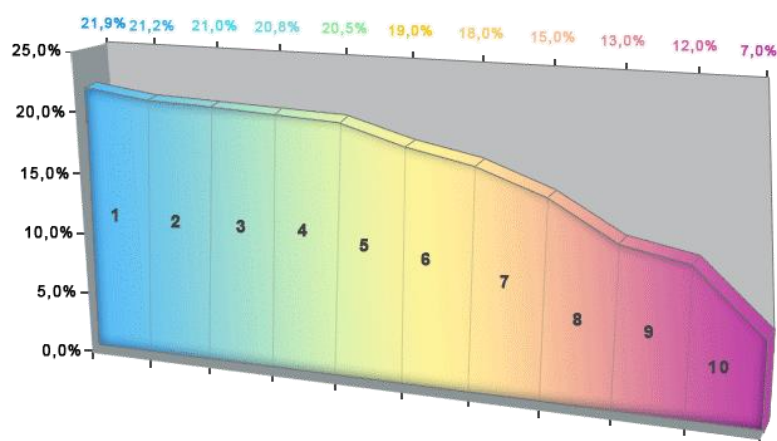


Рис. 1. Процентное содержание кислорода в воздухе

Благоприятный уровень содержания кислорода в воздухе

Зона 1-2: такой уровень содержания кислорода характерен для экологически чистых районов, лесных массивов. Содержание кислорода в воздухе на берегу океана может достигать 21,9%.

Уровень комфортного содержания кислорода в воздухе

Зона 3-4: ограничена законодательно утвержденным стандартом минимального содержания кислорода в воздухе для помещений (20,5%) и "эталоном" свежего воздуха (21%). Для городского воздуха нормальным считается содержание кислорода 20,8%.

Недостаточный уровень содержания кислорода в воздухе

Зона 5-6: ограничена минимально допустимым уровнем содержания кислорода, когда человек может находиться без дыхательного аппарата (18%).

Пребывание человека в помещениях с таким воздухом сопровождается быстрой утомляемостью, сонливостью, снижением умственной активности, головными болями.

Длительное пребывание в помещениях с такой атмосферой опасно для здоровья.

Опасно низкий уровень содержания кислорода в воздухе

Зона 7 и далее: при содержании кислорода 16% наблюдается головокружение, учащенное дыхание, 13% - потеря сознания, 12% - необратимые изменения функционирования организма, 7% - смерть.

Непригодная для дыхания атмосфера также характеризуется не только превышением предельно-допустимых концентраций вредных веществ в воздухе, но и недостаточным содержанием кислорода.

В связи с различными определениями, которые даются понятию «недостаточное содержание кислорода» газоспасатели очень часто допускают ошибки при описании газоспасательных работ. Это происходит, в том числе и в результате изучения уставов, инструкций, стандартов и других документов, содержащих указание на содержание кисло-

рода в атмосфере.

Используемые в работе материалы и инструменты:

Измеритель концентрации кислорода «Мегеон 08081».

Меры предосторожности при использовании прибора

- Чтобы обеспечить надлежащее измерение концентрации углекислого газа, необходимо прогреть датчик прибора, (10 секундный отсчёт после включения прибора).
- Проводить измерения, соблюдая температурный и влажностный диапазон (Температура: -10...50 °С, Влажность: 20...70 %).
- Не допускайте попадания на датчик – влаги, пыли, растворителей – он не разборный и не подлежит чистке.
- При необходимости измерения концентрации углекислого газа в ветреную погоду или в помещениях, где присутствует перемещение воздуха (сквозняк) – необходимо использовать противоветровый экран, ветер (сквозняк) может значительно исказить показания.
- Защитите прибор от попадания внутрь корпуса влаги, пыли, высокоактивных растворителей, и газов, вызывающих коррозию. Поддерживайте поверхность прибора в чистом и сухом виде.
- Эксплуатация с повреждённым корпусом или зондом строго запрещена.
- Выключайте прибор при длительных перерывах между работой, и по окончании измерений наденьте на датчик защитный колпачок
- Если во время работы индикатор заряда аккумулятора будет указывать на недостаточный уровень («пустая батарейка») – следует немедленно прекратить работу, выключить прибор и зарядить аккумулятор

Органы управления

На рисунке 2 представлен внешний вид прибора «Мегеон 08081».



Рис. 2 Внешний вид «Мегеон 08081»

Таблица 1 Описание органов управления

№ на рисунке	Описание органа управления
1	Кнопка для включения и выключения прибора
2	- Кнопка увеличения в режиме настройки - Включение - отключение звука в режиме измерения
3	- Кнопка переключение единиц измерения температуры в режиме измерения - Перемещение по разрядам в режиме настройки
4	- Кнопка уменьшения в режиме настройки - Включение - отключение подсветки в режиме измерения
5	Кнопка переключение в режим настройки и обратно (сохранение параметров)
6	Разъем для зарядки
7	Крепление для штатива
8	Отсек для аккумулятора
9	Индикатор зарядки
10	Индикатор тревоги
11	Дисплей
12	Датчик

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений.

Измерение необходимо проводить стоя против движения воздуха и держать газо-анализатор в вытянутой руке. Точки замера задает преподаватель перед началом проведения опыта.

1. Укажите температуру наружного воздуха (°C) и давление (мм. рт. ст.).
2. Подготовьте прибора к использованию: снимите кожух с датчика (12); включите прибор кнопкой (1), путем нажатия и удерживания ее **3 с**, подождите, пока закончится обратный отсчет – это необходимо для прогрева датчика. Прибор готов к измерениям.
3. Производите измерения в помещении в точках, указанных преподавателем (встаньте на точку измерения и выждите **30 с** для установления показаний). В верхней строке дисплея будет отображаться концентрация кислорода, %.
4. Запишите полученное значение в бланк отчета.
5. Далее проведите измерения концентрации кислорода на территории кампуса университета во всех точках, указанных преподавателем на карте кампуса, расположенной на обратной стороне отчета. Порядок работы с прибором на улице аналогичен п. 3.
6. После окончания работы на улице проведите повторное измерение концентрации кислорода в аудитории.
7. Все результаты измерений заносятся в отчет (табл. 2).
8. В отчете сделайте выводы, соответствует или не соответствует концентрация кислорода установленным критериям (рис. 1).

Таблица 2. Результаты опыта

Зона замеров	Концентрация O ₂ в воздухе, %				Итоговое значение, %	Вывод
	1	2	3	4		

По результатам измерения концентрации кислорода в аудитории сравните полученные данные и сделайте выводы, как изменяется концентрация O₂ в помещении. На карте кампуса определите характерные зоны по содержанию кислорода. В выводах укажите, какая зона на карте кампуса с наибольшим содержанием кислорода, и сделайте предположение о причинах данного явления.

3.2. Определение концентрации CO₂ в воздухе

Углекислый газ (оксид углерода (IV), диоксид углерода, CO₂) – газ, выделяемый в воздух всеми живыми существами. Кроме того, огромные количества этого газа выбрасываются в воздух при сгорании топлива, при пожарах и т.п. Содержание CO₂ в атмосфере непрерывно повышается в результате деятельности человека, что обуславливает, в числе других факторов, потепление климата (парниковый эффект).

Нормальное содержание CO₂ в атмосфере составляет 0,03–0,04% (300-400 ppm). Диоксид углерода не оказывает токсического действия на живые организмы: растения усваивают его в процессе фотосинтеза. Однако, находясь в избыточном количестве в воздухе рабочего пространства, он вызывает у человека снижение активности, повышенную утомляемость. А при концентрации CO₂ на уровне 5% уже нельзя нормально работать и появляются признаки удушья (повышение концентрации углекислого газа в данной ситуации сопровождается соответствующим снижением концентрации кислорода, израсходованного при дыхании).

Таблица 3. Критерии содержания CO₂ в воздухе

Концентрация, ppm	Концентрация, %	Характеристика воздушной среды
15000	1,5	смертельно опасная концентрация
5000	0,5	предельная концентрация в течение 8 часов
1000	0,1	рекомендованная концентрация в помещении
300-400	0,03-0,04	уличный воздух

Используемые в работе материалы и инструменты:

Измеритель концентрации углекислого газа «Мегеон 08082»

Меры предосторожности при использовании прибора

- Чтобы обеспечить надлежащее измерение концентрации углекислого газа, необходимо прогреть датчик прибора, (10 секундный отсчёт после включения прибора).

- Проводить измерения, соблюдая температурный и влажностный диапазон (Температура: -10...50 °С, Влажность: не более 95 %)
- Не допускайте попадания на датчик – влаги, пыли, растворителей – он не разборный и не подлежит чистке.
- При необходимости измерения концентрации углекислого газа в ветреную погоду или в помещениях, где присутствует перемещение воздуха (сквозняк) – необходимо использовать противоветровый экран, ветер (сквозняк) может значительно исказить показания.
- Защитите прибор от попадания внутрь корпуса влаги, пыли, высокоактивных растворителей, и газов вызывающих коррозию. Поддерживайте поверхность прибора в чистом и сухом виде.
- Эксплуатация с повреждённым корпусом или зондом строго запрещена.
- Выключайте прибор при длительных перерывах между работой, и по окончании измерений наденьте на датчик защитный колпачок
- Если во время работы индикатор заряда аккумулятора будет указывать на недостаточный уровень («пустая батарейка») – следует немедленно прекратить работу, выключить прибор и зарядить аккумулятор

Органы управления

На рисунке 3 представлен внешний вид прибора «Мегеон 08082».



Рисунок 3. Внешний вид «Мегеон 08082»

Таблица 4. Описание органов управления

№ на рисунке	Описание органа управления
1	Кнопка для включения и выключения прибора
2	- Кнопка увеличения в режиме настройки - Включение - отключение звука в режиме измерения
3	- Кнопка переключение единиц измерения температуры в режиме измерения - Перемещение по разрядам в режиме настройки
4	- Кнопка уменьшения в режиме настройки - Включение - отключение подсветки в режиме измерения
5	Кнопка переключение в режим настройки и обратно (сохранение параметров)
6	Разъем для зарядки

№ на рисунке	Описание органа управления
7	Крепление для штатива
8	Отсек для аккумулятора
9	Индикатор зарядки
10	Индикатор тревоги
11	Дисплей
12	Датчик

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений.

Измерение необходимо проводить стоя против движения воздуха и держать газоанализатор в вытянутой руке. Точки замера задает преподаватель перед началом проведения опыта.

1. Подготовьте прибора к использованию: снимите кожух с датчика (12); включите прибор кнопкой (1), путем нажатия и удерживания ее **3 с**, подождите, пока закончится обратный отсчет – это необходимо для прогрева датчика. Прибор готов к измерениям.

2. Производите измерения в помещении в точках, указанных преподавателем (встаньте на точку измерения и выждите **30 с** для установления показаний). В верхней строке дисплея будет отображаться концентрация углекислого газа, ppm.

3. Запишите полученное значение в бланк отчета.

4. Далее проведите измерения концентрации углекислого газа на территории кампуса университета во всех точках, указанных преподавателем на карте кампуса, расположенной на обратной стороне отчета. Порядок работы с прибором на улице аналогичен п. 2.

5. После окончания работы на улице проведите повторное измерение концентрации углекислого газа в аудитории.

6. Все результаты измерений заносятся в отчет (табл. 5).

7. В отчете сделайте выводы по работе.

Таблица 5. Результаты опыта

Зона замеров	Концентрация CO ₂ в воздухе				Вывод
	ppm	Итоговое значение, ppm	мг/м ³	% об.	
I					

По результатам измерения необходимо пересчитать концентрацию углекислого газа в мг/м³ и в % об. по следующим формулам:

$$C(\text{мг/м}^3) = \frac{0,12 \cdot 10^{-3} C(\text{ppm}) \cdot M \cdot P}{T}$$

$$C(\%) = \frac{8312,6 \cdot 10^{-4} C(\text{мг/м}^3) \cdot T}{M \cdot P}$$

где T – температура окружающей среды, К; M – молекулярная масса углекислого газа (принимается, что равна молярной массе CO_2 – 44,01 г/моль); P – общее давление газовой смеси, Па (атмосферное давление на момент проведения занятия).

Рассчитав концентрацию CO_2 в % об. в отчете сделайте вывод, соответствует или не соответствует концентрация углекислого газа установленным критериям (табл. 3).

По результатам измерения концентрации углекислого газа в аудитории сравните полученные данные и сделайте выводы, как изменяется концентрация CO_2 в помещении. На карте кампуса определите характерные зоны по содержанию углекислого газа. В выводах укажите, для какой зоны на карте кампуса характерно наибольшее содержание углекислого газа, и сделайте предположение о причинах данного явления.

Форма отчета лабораторной работы «Определение параметров качества воздуха»

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Лаборатория безопасности жизнедеятельности

Работа принята _____ Отчёт студента(ов) _____ Гр. _____
 " " _____ 20__ г. _____ Гр. _____
 Подпись преподавателя: _____ Гр. _____

РАБОТА № Э2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА

Температура окружающего воздуха _____ °С Давление _____ мм. рт. ст.

1. Определение содержания O₂ в воздухе

Зона замеров	Концентрация O ₂ в воздухе, %				Итоговое значение, %	Вывод
	1	2	3	4		
I						
II						
III						
IV						
119 ауд.						

2. Определение содержания CO₂ в воздухе

Зона замеров	Концентрация CO ₂ в воздухе				Вывод
	ppm	Итоговое значение, ppm	мг/м ³	% об.	
I					
II					
III					
IV					
119 ауд.					

(на обратной стороне бланка представлена карта кампуса для указания точек измерения)

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

Карта кампуса



4. Расчетное задание «Загрязнения и очистка воздуха от промышленных выбросов»

Цель - провести расчет загрязнения воздушной среды при выбросах с промышленного объекта в атмосферу.

Исходные данные для расчета представлены в табл. 13.

4.1. Условные обозначения

C – концентрация примеси в приземном слое атмосферного воздуха, мг/м.

C_m – максимальная приземная концентрация примеси, мг/м³, (рис. 16).

X – расстояние от источника до точки на оси факела выброса, м.

X_m – расстояние от источника до точки на оси факела выброса, где достигается максимально приземная концентрация, м (рис. 16).

M – мощность выброса – масса примеси, выбрасываемая в атмосферу из источника в единицу времени, **перевести в г/с.**

H – высота источника выброса, м.

H_i – средневзвешенная высота источников выброса, м.

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовойоздушной смеси T_1 и температурой окружающего атмосферного воздуха T_2 , °C.

V_1 – скорость выхода газовойоздушной смеси из устья источника, м³/с.

W_0 – линейная скорость выхода газовойоздушной смеси из устья источника, м/с.

D – диаметр устья источника выброса, м.

A – коэффициент, зависящий от температуры стратификации атмосферы. При расчете величину коэффициента A принимают для неблагоприятных метеорологических условий, при которых концентрации выбрасываемых вредных веществ в атмосферном воздухе достигают максимальных значений.

F – безразмерный коэффициент, учитывающий дисперсность выбрасываемой примеси. Величины коэффициента F имеют следующие значения:

а) $F=1$ – для газообразных веществ и мелкодисперсных аэрозолей, скорость упорядоченного оседания наиболее крупных фракций, которых не превышает 0,05 м/с;

б) $F=2$ – для крупнодисперсной пыли и золы при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки < 90%;

в) $F=2,5$ – для крупнодисперсной пыли и золы при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки в пределах от 75 до 90%;

г) $F=3$ – для крупнодисперсной пыли и золы при отсутствии очистки или при ее степени менее 75%, а также вне зависимости от степени очистки для производств, у кото-

рых выбросы сопровождаются выделением водяного пара в количестве, достаточном для интенсивной его конденсации в течение всего года сразу же после выхода в атмосферу, а также коагуляции влажных пылевых частиц.

m, n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса.

V – скорость ветра в приземном слое атмосферного воздуха, м/с.

$V_{\text{опас}}$ – опасная скорость ветра, м/с.

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примеси; $\eta=1$, если в радиусе 50 высот труб H от источника перепада отметок местности не превышает 50 м на 1 км (уклон менее 0,05).

$CЗЗ$ – санитарно-защитная зона.

$C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация, т. е. содержание вредных веществ в рассматриваемой зоне в результате выбросов других источников. Значения фоновых концентраций сообщаются предприятию территориальными органами Госкомгидромета.

4.2. Методика для расчета

Одной из мер защиты воздушного бассейна является рассеивание газообразных веществ и пыли в атмосфере при выбросе через высокие дымовые трубы. В результате рассеивания происходит снижение максимально возможной концентрации веществ в приземном слое атмосферы и удаление зоны максимального загрязнения.

Выбрасываемые в атмосферу вещества смешиваются с атмосферным воздухом и переносятся вместе с ним. Вблизи трубы основная масса выбрасываемых веществ сосредоточена в объеме факела, выходящего из трубы (рис. 16). По мере удаления от источника струя выброса расширяется и достигает земной поверхности. Начальная точка соприкосновения струи с поверхностью земли является началом зоны загрязнения. По мере удаления от источника выброса концентрация вредных веществ нарастает, достигает наибольшего значения C_m , а затем медленно убывает. На рис. 16 показано расстояние X до точки A , где наблюдается наибольшая загрязненность приземного слоя атмосферы. В соответствии с принятыми в нашей стране нормативными документами считается, что выброс вредных веществ не загрязняет атмосферу, если в точке A наибольшая возможная концентрация вредного вещества не будет превышать значения предельно допустимой концентрации $C_m \leq \text{ПДК м.р.}$

На процесс рассеивания веществ в атмосфере влияют такие факторы, как высота трубы, скорость ветра, рельеф местности, температура атмосферного воздуха и температура выброса, количество выбрасываемых в единицу времени веществ и др.

Расчет наибольшей ожидаемой концентрации загрязнителей $C_{\max}$ в приземном слое атмосферы проводят для неблагоприятных метеорологических условий, когда ухудшается рассеивание веществ в атмосфере.



Рис. 16. Схема рассеивания выбросов в атмосфере от одиночного стационарного источника: 1 – производственные здания; 2 – газопылеулавливающая установка; 3 – дымовая труба; I – очищаемый вентиляционный воздух; II – очищенный вентиляционный воздух

1. Определение величины максимально приземной концентрации C_m , мг/м³ для нагретых источников (источник считается нагретым, если $\Delta T > 0$):

$$\Delta T = T_1 - T_2, \quad (1)$$

где T_1 – температура выброса (см. табл. 8); T_2 – средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца года (для Саратовской области $T_2 = 23^\circ \text{C}$);

$$C_{m \text{ гор}} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T \cdot \mu}}, \quad (2)$$

где $\mu = 1$.

Безразмерный коэффициент m определяется по формуле:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}, \quad (3)$$

$$\text{где } f = 1000 \cdot \frac{W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (4)$$

Безразмерный коэффициент n определяется в зависимости параметра V_M , м³/с:

$$V_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}, \quad (5)$$

Для расчета V_M необходимо знать объемную скорость выхода газовойдушной смеси из источника V_1 , м³/с:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot W_0}{4}, \quad (6)$$

После вычисления V_M определяем коэффициент n :

- 1) $n = 1$, если $V_M \geq 2$;
- 2) $n = 0,532 \cdot V_M^2 - 2,13 \cdot V_M + 3,13$, если $0,5 \leq V_M < 2$;
- 3) $n = 4,4 \cdot V_M$, если $V_M < 0,5$.

2. Определение расстояния X_M от источника **горячего выброса** до той точки, на которой достигается величина максимально приземной концентрации вредных веществ C_M , м:

$$X_M^{\text{гор}} = \frac{5-F}{4} \cdot dH, \quad (7)$$

- 1) если $V_M \leq 0,5$, то $d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$
- 2) если $0,5 < V_M \leq 2$, то $d = 7 \cdot \sqrt{V_M} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$
- 3) если $V_M > 2$, то $d = 4,95 \cdot V_M \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$

3. Расчет предельно-допустимого выброса (ПДВ).

Значение коэффициентов рассчитаны ранее:

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

Сделать выводы о необходимости проведения мероприятий по защите атмосферы.

Разработка комплекса атмосферных мероприятий (установка пылегазоочистного оборудования, изменение режимов работы технологического оборудования, увеличение высоты источника выбросов) необходима для снижения уровня концентрации до значений ПДК [3].

Атмосферные мероприятия разрабатываются только для веществ, создающих концентрацию выше ПДК.

Выбор мероприятия зависит от уровня загрязнения, создаваемого источником выброса, и расстояния, на котором фиксируется максимальная концентрация. При уровне загрязнения от 1 до 1,5 ПДК и расстоянии до 400 м достаточно провести увеличение высоты источника выброса, способствующее лучшему рассеиванию примеси в атмосфере.

При уровне загрязнения выше 1,5 ПДК и расстоянии более 400 м необходимо оборудовать источник выброса пылегазоочистными установками.

При выборе пылегазоочистного оборудования необходимо учитывать эффективность очистки, а также исключить возможность образования нерастворимых соединений веществ, приводящих к закупорке выходных отверстий и выводу установки из действия.

Выбрать наиболее подходящее очистное оборудование, предоставить его схему и описать принцип работы с учетом коэффициента очистки, пересчитать значения M и C_M .

4. Расчет M^1 (массы выброса после очистки)

$$M^1 = M - X, \quad (9)$$

где M – масса выброса до очистки (см. табл.13); X – количество загрязнений, улавливаемых очистными сооружениями.

$$X = \frac{M \cdot \varepsilon \%}{100\%}, \quad (10)$$

где ε – эффективность очистки оборудования.

Расчет C_M с учетом эффективности очистки очистного оборудования:

$$C_M^{1 \text{ гор}} = \frac{A \cdot M^1 \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt{V_1} \cdot \Delta T \cdot \mu}. \quad (11)$$

5. Сравнение $C_M^{1 \text{ гор}}$ с ПДК

Если $C_M^{1 \text{ гор}} \leq \text{ПДК}$, то очистное оборудование достаточно и больше предлагать систему очистки нет необходимости. Если $C_M^{1 \text{ гор}} > \text{ПДК}$, то необходима еще дополнительная система очистки.

Приведем эффективность ряда основных пылегазоулавливающих аппаратов (для указанных в табл. 12 диаметров частиц):

- пылеосадительная камера – 80 %
- фильтры – 99 %
- циклоны – 95 %
- скрубберы с мокрой очисткой – 99,5 %
- электрофильтры – 99,99%

В случае недостаточности установки одного аппарата возможна установка несколько последовательно стоящих аппаратов, например: фильтры – циклон; фильтр – скруббер; циклон – пылеосадительная камера; батарейные циклоны. Эффективность таких установок определяется по формуле:

$$K = 1 - (1 - K_1) \cdot (1 - K_2) \cdot \dots \cdot (1 - K_n), \quad (12)$$

где $K_1; K_2; \dots K_n$ – эффективность первого, второго и последующих аппаратов.

В качестве атмосфероохранного мероприятия может быть использовано изменение режима работы технологического оборудования, например, не совместное, а последовательное выполнение ряда операций. Использование данного мероприятия не связано с затратами, но требует знаний техпроцесса, не подходит для непрерывного техпроцесса (например, химического производства).

4.3. Варианты задания

Таблица 13. Данные для расчета

№ варианта	Производство	Выбрасываемые вещества	Высота трубы, Н, м	Диаметр трубы D, м	Скорость выхода ГВС, W ₀ , м/с	Температура выброса T ₁ , °C	Масса выброса, М, т/ч	Скорость ветра V _в , м/с	Типовой диаметр частиц, D _г , мм	ПДК, мг/м ³	С _ф , мг/м ³	Безразмерный коэффициент, учитывающий дисперсность выбрасываемой примеси, F
1	Производство сухого молока (огневые калориферы)	Двуокись серы	20	0,3	26,8	85	2	2	—	0,5	0,018	1
2	Производство казеина	Пыль казеина	35	0,6	14,2	30	1	2,3	0,05	0,0005	0,0001 ₇	2
3	Мукомольное производство	Мучная пыль	40	3,5	52	33	1,8	1,5	0,001	6	0,48	2
4	Производство колбасного сыра	Оксид азота	18	3	8	50	4,3	4	—	5	0,048	1
5	Производство колбасных изделий (процесс копчения)	Бензапирен	45	2	8	55	4,3	4	—	0,0001 ₅	0,0000 ₅	1
6	Чайное производство	Чайная пыль	37	2	3,3	32	2,3	4	0,01	3	0,0011	2
7	Производство мороженого (печь для выпечки вафель)	Диоксид азота	65	2,5	6,2	100	6	3,6	—	5	0,076	1
8	Мясоперерабатывающее оборудование (неприятно пахнущие вещества)	Сероводород	59	3,2	8,7	83	4,7	4,2	—	3	0,003	1
9	Производство костного клея	Пыль костная	120	5	12,6	25	1,4	1,8	0,5	0,01	0,0005	2
10	Производство желатина	Пыль желатина	80	3,4	6,4	63	6	2,8	0,25	0,15	0,0005	2
11	Табачное производство	Фурфурол	90	4,3	10,5	67	8,3	2,5	—	10	0,02	1
12	Сахарная промышленность	Пыль сахара	50	5	8	43	3,2	8	0,2	4	0,02	2
13	Крахмально-паточная промышленность	Крахмал	53	1,3	5,5	38	2	3	0,0038	10	0,02	2
14	Производство подсолнечного масла (перера-	Смесь пыли SiO ₂ (1,8%), Fe ₂ O ₃ ,	60	2,5	15,6	58	3	5	—	4	0,2	1

№ варианта	Производство	Выбрасываемые вещества	Высота трубы, Н, м	Диаметр трубы D, м	Скорость выхода ГВС, W ₀ , м/с	Температура выброса T ₁ , °C	Масса выброса, М, т/ч	Скорость ветра V _в , м/с	Типовой диаметр частиц, D _т , мм	ПДК, мг/м ³	С _ф , мг/м ³	Безразмерный коэффициент, учитывающий дисперсность выбрасываемой примеси, F
	ботка семян подсолнечника)	MgO										
15	Хлебопекарное производство	Мучная пыль	35	0,8	7,2	45	1,5	2,8	0,005	6	0,48	2
16	Производство хлопкового масла (переработка семян хлопчатника)	Смесь пыли SiO ₂ (9%), Fe ₂ O ₃ , MgO	50	1,2	5,2	36	10	4	–	4	0,2	1
17	Табачное производство	Пыль табака	70	5	9,5	52	2,3	6	0,0009	3	0,085	2
18	Мясоперерабатывающее производство	Диоксид углерода	20	5	9,5	48	2,3	6	–	5	0,0023	1

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое органическая пыль?
2. Что такое промышленные выбросы?
3. По каким признакам классифицируются промышленные выбросы?
4. Что такое ПДК?
5. Перечислите негативное воздействие загрязнений атмосферы на человека.
6. Перечислите виды очистки воздуха.

Форма отчета для расчетного задания «Загрязнения и очистка воздуха от промышленных выбросов»

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Лаборатория безопасности жизнедеятельности

Отчёт студента _____ Гр. _____

РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ

ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ

1. Исходные данные

Вариант № _____

Производство _____

Выбрасываемые вещества	H, м	D, м	W ₀ , м/с	T ₁ , °C	M, т/ч	V _в , м/с

D ₀ , мм	ПДК, мг/м ³	C _ф , мг/м ³	F	T ₂ , °C	A	M, г/с	ΔT

2. Изобразить схему рассеивания выбросов в атмосфере от одиночного стационарного источника



3. Расчет

2.1. Определить безразмерные коэффициенты f и m

$$f = 1000 \cdot \frac{W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} =$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} =$$

2.2. Определить объемную скорость выхода газовой смеси из источника V₁

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot W_0}{4} =$$

2.3. Рассчитать параметр V_M

$$V_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} =$$

2.4. Определить коэффициент n

если $V_M \geq 2$, то $n = 1$;
 если $0,5 \leq V_M < 2$, то $n = 0,532 \cdot V_M^2 - 2,13 \cdot V_M + 3,13$;
 если $V_M < 0,5$, то $n = 4,4 \cdot V_M$.

$n =$

2.5. Определить коэффициент d

если $V_M \leq 0,5$, то $d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$;
 если $0,5 < V_M \leq 2$, то $d = 7 \cdot \sqrt{V_M} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$;
 если $V_M > 2$, то $d = 4,95 \cdot V_M \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$.

$d =$

2.6. Определить расстояние X_M от источника **горячего выброса** до той точки, на которой достигается величина максимально приземной концентрации вредных веществ C_M

$$X_M^{\text{гор}} = \frac{5-F}{4} \cdot dH =$$

2.7. Определить величину максимально приземной концентрации C_M для нагретых источников

$$C_{M \text{ гор}} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T} \cdot \mu} =$$

2.8. Рассчитать предельно-допустимый выброс (ПДВ)

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

2.9. Рассчитать количество загрязнений, улавливаемых очистными сооружениями X

$$X = \frac{M \cdot \Xi\%}{100\%} =$$

где Ξ – эффективность очистки оборудования.

$\Xi =$

2.10. Рассчитать M^1 (массы выброса после очистки)

$$M^1 = M - X =$$

2.11. Расчет C_M с учетом эффективности очистки очистного оборудования

$$C_M^{1 \text{ гор}} = \frac{A \cdot M^1 \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T} \cdot \mu} =$$

2.12. Сравнить $C_M^{1 \text{ гор}}$ с ПДК (выбрать знак сравнения):

ПДК = _____

$C_M^{1 \text{ гор}} =$ _____

$$C_M^{1 \text{ гор}} \leq \geq \text{ПДК}$$

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Степановских А.С. Экология: Учебник для вузов. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. - 703 с.
2. Гигиена питьевого водоснабжения: учебное пособие / Л. П. Игнатьева, М. О. Потапова; ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России, Кафедра коммунальной гигиены и гигиены детей и подростков. – Иркутск: ИГМУ, 2015 – 99 с.
3. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.
4. Дерябин В.А. Экология: учебное пособие / В.А. Дерябин, Е.П. Фарафонтова. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 136 с. ISBN 978-5-7996-1613-7.
5. Гигиена атмосферного воздуха: учебное пособие / Л. П. Игнатьева, М. В. Чирцова, М. О. Потапова; ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России, Кафедра коммунальной гигиены и гигиены детей и подростков. – Иркутск: ИГМУ, 2015. – 79 с.