

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерного проектирования

Кафедра экологии

И. А. Телеш

**ЗЕМЛЯ, ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА
И ЕЕ ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано УМО по образованию в области информатики
и радиоэлектроники в качестве пособия
для специальности 1-39 03 02
«Программируемые мобильные системы»*

Минск БГУИР 2017

УДК 502.5(076.5)
ББК 20.1я73
Т31

Рецензенты:

кафедра географической экологии
Белорусского государственного университета
(протокол №3 от 13.10.2015);

доцент кафедры географии и методики преподавания географии
учреждения образования «Белорусский государственный
педагогический университет имени Максима Танка»,
кандидат географических наук, доцент
О. Ю. Панасюк

Телеш, И. А.

Т31 Земля, окружающая среда и ее глобальные изменения. Лабораторный
практикум : пособие / И. А. Телеш. – Минск : БГУИР, 2017. – 72 с.
ISBN 978-985-543-239-6.

Пособие состоит из четырех лабораторных работ, тематика которых посвящена
оценке влияния природно-антропогенных воздействий на состояние окружающей
среды. Для выполнения лабораторных работ предусмотрено теоретическое
изложение материала, приводятся задания для лабораторно-практической части и
вопросы для самоконтроля.

УДК 502.5(076.5)
ББК 20.1я73

ISBN 978-985-543-239-6

© Телеш И. А., 2017
© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа №1. Эдафические факторы окружающей среды и оценка химического загрязнения почв.....	5
Лабораторная работа №2. Комплексная оценка качества атмосферного воздуха от загрязнения техногенными выбросами.....	21
Лабораторная работа №3. Сравнительная оценка методов очистки воды от загрязнений и определение параметров поверхностного стока от различных источников.....	34
Лабораторная работа №4. Анализ состояния окружающей среды с учетом антропогенного воздействия.....	56
Словарь терминов	63
Список использованных источников	70

Введение

Современные аспекты рационального природопользования и охраны окружающей среды являются одними из наиболее актуальных направлений в формировании экологической культуры и профессиональной экологической грамотности будущего специалиста. В связи с этим особую значимость и приоритетность приобретают знания в области естественнонаучных дисциплин. Изучение дисциплины «Земля, окружающая среда и ее глобальные изменения» предполагает тесную интеграцию знаний о природных особенностях компонентов окружающей среды, обусловленных влиянием антропогенной деятельности.

Данное пособие составлено в соответствии с типовой и рабочей программами по дисциплине «Земля, окружающая среда и ее глобальные изменения». Программа курса предусматривает наряду с лекционной частью и выполнением заданий для практических занятий проведение лабораторных работ. Основная цель пособия заключается в рассмотрении различных подходов к изучению изменений окружающей среды, происходящих в ходе естественных тенденций ее развития и антропогенного воздействия.

Для выполнения лабораторных работ приводятся сведения теоретического характера, ориентированных на изучение и закрепление знаний о базовых понятиях рационального природопользования, техногенного загрязнения окружающей среды и минимизации его возможных последствий, а также экологической оценки степени деградации компонентов окружающей среды под воздействием техногенных, антропогенных и природных факторов. Также содержатся методические указания для выполнения лабораторно-практической части. Кроме того, предусмотрены вопросы для самоконтроля. В конце пособия приводится словарь терминов.

Изучение дисциплины «Земля, окружающая среда и ее глобальные изменения» в рамках данного пособия будет способствовать повышению фундаментальной подготовки специалистов, способных в ходе профессиональной деятельности осуществлять интеллектуальное, образовательное и инженерное обеспечение сохранения устойчивого состояния окружающей среды, экологического разнообразия, национального природно-ресурсного потенциала, способствовать созданию ресурсосберегающих технологий.

Лабораторная работа №1

Эдафические факторы окружающей среды и оценка химического загрязнения почв

Цель работы: выполнить оценку степени опасности химического загрязнения почв с учетом суммарного показателя загрязнения (на примере города).

Общие теоретические сведения

Эдафические факторы окружающей среды (от греч. «эдаφος» – основание, почва) – совокупность физических и химических свойств почв, способных оказывать влияние на живые организмы, которые определяются минеральной составляющей (50–60 %), органическим веществом (до 10 %), воздухопроницаемостью (15–20 %), влагой (до 25–35 %), почвенными организмами. Рельеф местности и свойства грунта (почвы) существенно влияют на условия жизни наземных организмов, в первую очередь растений. От гидротермического режима почв, их аэрации, механического и химического составов зависят характер корневой системы (глубинная, поверхностная), а также образ жизни почвенной фауны.

В зависимости от эдафических факторов можно выделить ряд экологических групп растений. По реакции на кислотность почвенного раствора различают: *ацидофильные виды*, растущие при рН ниже 6,5 (растения торфяных болот, хвощ); *нейтрофильные*, предпочитающие почву с нейтральной реакцией (большинство культурных растений); *базифильные* – растения, которые лучше всего растут на субстрате, имеющем щелочную реакцию (растения меловых отложений) и *индифферентные* – могут произрастать на почвах с разным значением рН.

По отношению к химическому составу почвы растения делятся на *олиготрофные*, малотребовательные к количеству питательных веществ; *мезотрофные*, требующие умеренного количества минеральных веществ в почве (травянистые многолетники, ель), и *эвтрофные*, нуждающиеся в большом количестве доступных зольных элементов (дуб, плодовые).

Применительно к отдельным элементам питания существует другая классификация растений. Так, виды, особенно требовательные к высокому содержанию азота в почве, называются *нитрофилами* (крапива); требующие много кальция – *кальцефилами* (бук, лиственница); растения засоленных почв называются *галофитами* (солянка) и др.

Почва – это рыхлый поверхностный слой земной коры, который образуется и развивается в результате взаимодействия растительности, животных, микроорганизмов, материнской породы. Почва покрывает сплошной оболочкой всю сушу земного шара и дно мелководий по морским побережьям, в озерах и водохранилищах. Почвенную оболочку Земли называют *педосферой*.

Почвы формируются под воздействием почвообразующих (материнских) пород (материнская горная порода, исходная в образовании

почвенных горизонтов). Она определяет механический, минеральный, химический состав почвы, рельефа, климата, растительности, деятельности микро- и макроорганизмов, хозяйственной деятельности человека.

Почвообразующая порода. Минералогический состав почвы. Химические элементы и их соединения образуют минералы, которые при объединении образуют горные породы. В условиях Земли синтезируются сложные различные соединения, которые на ее поверхности под влиянием выветривания разрушаются, затем окисляются до устойчивых и простых по строению оксидов и гидроксидов. Наиболее распространены в почвах алюмосиликаты и силикаты, которые составляют около 85 % веса земной коры. По химическому составу они очень разнообразны, однако главные составные элементы в них – кремний, алюминий и кислород.

Горная порода у поверхности Земли в качестве *почвообразующей*, или *материнской* породы, выполняет роль фундамента для развития почвы и в значительной мере определяет ее химический, гранулометрический и минералогический состав, физические, водные, тепловые и некоторые физико-химические свойства. Порода определяет также строение и мощность профиля, структуру почвенного покрова, исходный уровень плодородия. Почвообразующие породы делятся на *глинистые, суглинистые, супесчаные, песчаные и торфяные*.

Гранулометрический (механический) состав породы влияет на водный режим и термические условия (теплопроводность). На песках вода быстро перемещается на глубину. Потери ее через испарение невелики из-за малого числа капилляров, поэтому создаются благоприятные условия для конденсации влаги, что обеспечивает почву незначительным запасом воды. В них малый мертвый запас влаги, вода находится в более подвижной форме. Высокая водопроницаемость песков приводит к большему выщелачиванию химических элементов. Глинисто-суглинистые породы являются слабо- и среднепроницаемыми для осадков, однако значительная влагоемкость пород создает благоприятные условия для развития растений. Глинистые породы содействуют поверхностному заболачиванию почв атмосферными осадками из-за их низкой водопроницаемости.

Минералогический состав породы определяет показатели физических свойств почвы: плотность сложения и плотность твердой фазы почвы.

Некоторые *физико-химические свойства почв* определяются горной породой. Например, на карбонатных породах почва имеет нейтральную реакцию, а на кислых породах – кислую.

В условиях Республики Беларусь глинистые породы встречаются преимущественно на севере, суглинистые – в пределах возвышенностей и моренных равнин центральной и северной частей страны. Супеси и пески шире представлены на юге и на водно-ледниковых равнинах центральной части страны. Наиболее крупные массивы торфяных пород связаны с Полесьем. Самыми распространенными в Республике Беларусь являются супесчаные почвообразующие породы (45 %).

Рельеф как почвообразующий фактор. Роль рельефа заключается в формировании разных по степени увлажненности почв: в пониженных местах – торфяно-болотных, на нижних частях склонов – периодически заболоченных, а на вершинах – дерново-подзолистых.

Рельеф определяет особенности и направление миграции растворимых химических элементов и механических частиц по уклону поверхности почвы, образуя отложения. Пологие склоны и ровные поверхности имеют нормально развитый гумусовый горизонт. На крутых склонах при их распашке гумусовый горизонт может быть сильно смытым (эродированным).

Развитие процессов почвообразования зависит от **климата**, также определяющего условия увлажнения и интенсивность почвенных процессов.

Климатическими параметрами, которые влияют на формирование почв, являются осадки, температура, влажность воздуха и ветер.

Химические и биохимические процессы в почве прекращаются, если в ней недостает влаги или она отсутствует. Чрезмерное *количество осадков* ливневого характера ускоряет эрозию почвы. Зимой снег охраняет почву от чрезмерного охлаждения, образует запас влаги и грунтовых вод на летний период.

При существенных суточных *колебаниях температур от отрицательных до высоких положительных*, что характерно для пустынь, происходит физическое выветривание (дробление) минеральных соединений. Положительные температуры содействуют ускорению химических реакций, биохимических процессов с участием микроорганизмов, что благоприятствует росту растений, гумусообразованию и минерализации растительного опада.

Влажность воздуха помогает удерживать влагу в почве, улучшая условия роста и развития растений. Сухой воздух ускоряет испарение влаги с поверхности почвы, что отражается на питании и общем состоянии растений.

Ветер обновляет газовый состав почвы и насыщает ее кислородом. При этом уменьшается количество углекислого газа, который выделяется корневой системой при дыхании. Сильный ветер может навредить почве, ускоряя испарение влаги и создавая условия для ветровой эрозии (дефляции), особенно на торфяных и песчаных почвах.

В глобальном масштабе климат создает различные гидротермические условия, с которыми связано формирование почвенных зон. Для каждой зоны создается характерный водный и температурный режимы почв. Например, сочетание умеренных температур с достаточным количеством осадков при незначительном испарении приводит к формированию почв лесных зон с промывным водным режимом. Наоборот, высокие температуры при недостатке влаги создают условия для травянистой растительности, а преобладание испарения воды с поверхности над осадками приводит к опустыниванию.

Существует и обратная связь – почва может влиять на климат. Она формирует микроклимат на поверхности почвы, регулирует приход и расход солнечной радиации, содействует созданию местного влагооборота.

Живые организмы формируют специфическую биохимическую среду, которая присуща только почве. Они участвуют в круговороте химических

элементов и энергии в почве. Живые организмы, синтезируя органическое вещество, после отмирания являются основой формирования гумуса, который влияет на химический состав почв, физические свойства, тепловой и водный режим.

Растительность и жизнедеятельность микро- и макроорганизмов. Организмы изменяют структуру почвы, оказывают влияние на ее плодородие. Растительность играет главную роль в формировании органического вещества почв, микроорганизмы – в преобразовании органических веществ в минеральные.

Благодаря растительности уменьшается поверхностный сток атмосферных осадков. Своей жизнедеятельностью *растения* также *вливают на почвы*, изменяют ее физические свойства, тепловой и водный режим. Путем разрастания корневой системы почва уплотняется, образуются комки – первооснова почвенной структуры. Корневая система образует ходы, увеличивая инфильтрацию воды в породе. Например, только одно растение озимой ржи образует суммарную длину корней до 600 м при каждодневном приросте до 5 м.

Основу зоомассы в почве образуют беспозвоночные животные, способствуя улучшению ее плодородия: ускоряют разложение растительных остатков, перемешивают и разрыхляют почву, способствуют формированию структуры. По типу пищевого потребления *почвенная фауна* делится на *фитофагов* (используют в пищу ткани живых растений) – нематоды, грызуны; *сапрофагов* (питаются тканями мертвых растений) – черви, муравьи, многоножки; *некрофагов* (поедают трупы животных) – жуки, личинки мух; *хищников* (питаются живыми особями) – клещи, скорпионы, простейшие; *копрофагов* (используют отходы других животных) – некоторые виды жуков. Черви на протяжении года могут переработать на 1 га площади 50–380 т почвы. Число нор грызунов может достигать 4 тыс. на 1 га благодаря их перемещению в почве в поисках пищи. Грызуны, многоножки, черви, насекомые (муравьи, жуки и др.) выделяют в почву за сутки десятки килограммов на 1 га продуктов своей жизнедеятельности – естественные органические удобрения.

Микро- и макроорганизмы в почве осуществляют синтез перегноя и минерализацию растительных остатков. Наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов создаются при температуре воздуха 25–30 °С и влажности почвы около 40–70 %. В почвах встречаются также бактериофаги и вирусы, которые воздействуют на микроорганизмы почвы.

Формирование почв под влиянием поверхностных грунтовых вод. *Поверхностные воды* содействуют эрозии почв, перемещая почвенные частицы с возвышенности в низины, где аккумулируются гумус и физическая глина. В поймах рек паводковые воды ежегодно аккумулируют частицы разных диаметров и таким образом формируют в почве тонкие послойные отложения, что является характерной чертой строения аллювиальных (пойменных) почв.

Более сложную работу в почве проводят *грунтовые и почвенно-грунтовые воды*, которые перемещаются по почвенному профилю. Прежде всего они переносят и откладывают химические элементы и коллоидные частицы,

формируя почвенные горизонты и новообразования в них. Грунтовые воды, воздействуя на почвенный покров и растительность, могут повышать плодородие почв при оптимальном содержании или понижать при переувлажнении или засолении.

Между водой и почвенными частицами постоянно протекает обмен катионов или анионов. Из воды они улавливаются корневой системой для роста растений. При существенном увлажнении почвы вода движется в глубь профиля и выносит за пределы корневой системы растений как полезные, так и токсичные химические элементы и соединения. Вода выполняет важную экологическую функцию, участвуя в самоочищении почвы.

Застой воды в почвенном профиле приводит к его заболачиванию, развитию болотного процесса почвообразования.

Почва также влияет на грунтовые воды. Она трансформирует поверхностные воды в грунтовые, изменяя их химический состав. Почва участвует в формировании речного стока, выступает как фактор биопродуктивности водоемов за счет привнесения почвенных соединений, а также выполняет роль сорбционного и механического барьера, охраняя водоемы совместно с растительностью от чрезмерного и быстрого загрязнения.

Почва отличается от всех похожих на нее глинистых и песчаных образований тем, что обладает плодородием (богатством почвы).

Плодородие почвы – способность почвы удовлетворять потребность растений в питательных веществах, воздухе, биотической и физико-химической среде, включая тепловой режим, и на этой основе обеспечивать урожай сельскохозяйственных культур, а также биологическую продуктивность естественных фитоценозов.

Различают следующие виды плодородия: *естественное* – обусловлено природными экологическими факторами почвы; *искусственное* (эффективное) – обусловлено внесением удобрений и проведением агротехнических мероприятий (мелиорация, севообороты и др.).

Почва состоит из твердой, жидкой и газообразной компонент.

Твердая компонента преобладает в почве и представлена органической и минеральными частями. Основу твердой части почвы составляют: O₂ (47,0 %), Si (33,0 %), Al (7,13 %), Fe (3,8 %), Ca (1,37 %), K (1,36 %), H (1,0 %), Na и Mg (по 0,63 %), сумма которых составляет 95,92 % от общей массы. На остальные химические элементы приходится 4,08 %. В эту часть входят химические элементы, которые необходимы для образования гумуса, – C (0,023 %), N (0,002 %), P (0,081 %), S (0,085 %). Химические элементы почвы C, O, H, N используются растениями для построения клеток и тканей, а Cu, Mn, Mo, Zn, B и другие – для ускорения физиологических процессов. Количественное описание химического состава почв называют *химической характеристикой почв*. Она используется для диагностики и классификации, оценки генетических и мелиоративных особенностей, плодородия почв.

Процентное содержание в почве способных легко растворяться в воде минералов-солей характеризует ее степень засоления. Органическая часть

представлена **гумусом** – сложным органическим веществом, образовавшимся в результате физико-химического разложения отмершей органики (остатки растительного и животного происхождения). Самые богатые гумусом почвы – черноземы.

Жидкая компонента – вода, может быть свободной, связанной, капиллярной и парообразной. *Свободная вода* перемещается по порам под действием силы тяжести, *связанная* адсорбируется поверхностью частиц и образует на них пленку, *капиллярная* удерживается в тонких порах под действием менисковых сил, а *парообразная* находится в той части пор, которая свободна от воды.

Газообразная компонента почвы состоит из смеси различных газов: *кислорода*, который поступает в почву из атмосферного воздуха (содержание его может меняться в зависимости от свойств самой почвы (ее рыхлости, например), от количества организмов, использующих кислород для дыхания и процессов метаболизма); *углекислоты*, которая образуется в результате дыхания организмов почвы, т. е. в результате окисления органических веществ; *метана* и его гомологов (пропана, бутана), которые образуются в результате разложения более длинных углеводородных цепей; *водорода*; *сероводорода*; *азота* (более вероятно образование азота в виде более сложных соединений, например мочевины).

Цвет почвы зависит главным образом от наличия в ней тех или иных химических соединений. Так, наиболее важными соединениями, которые определяют черный цвет почвы, являются гумусовые вещества, белая окраска почвенного горизонта свидетельствует о том, что почти все химические элементы из него вымыты, за исключением соединений кремния (SiO_2), или о том, что в данном горизонте присутствует большое количество углекислой извести, кварца, гипса. Красный (оранжево-желтый) цвет почвы обуславливается наличием в ней оксидов железа (Fe_2O_3), а серовато-синяя окраска – результат наличия закисей железа (FeO).

Под **новообразованиями почвы** следует понимать остатки различных веществ, которые накопились в ней в процессе почвообразования. Новообразования имеют важное значение, т. к. с их помощью можно определить характер и направление почвообразовательных процессов. Например, налеты белого цвета образуются при наличии карбонатных пород, обогащенных кальцием. При периодическом переувлажнении почвы образуются железистые бурые плотные прослойки (ортзанды). В заболоченных почвах отмечается большое количество закисных соединений железа в виде серовато-синих пятен или целых горизонтов. Для почв степных и засушливых районов характерны скопления легкорастворимых солей в виде белых налетов на поверхности и в почвенной массе.

Структурность почвы, или способность ее распадаться на устойчивые к воде комки, является важнейшим условием ее плодородия, существенной оценкой, по которой окультуренная почва отличается от неокультуренной.

Физические свойства почв. Плотность почвы увеличивается с глубиной. Величина плотности твердой фазы зависит от минералогического (количество тяжелых минералов) и химического состава почвы. Теплоемкость почвы определяется количеством тепла, которое необходимо для нагревания 1 г или 1 см³ почвы на 1 °С. Теплопроводность почвы – это способность почвы проводить тепло. Она измеряется количеством тепла в джоулях, которое проходит через сантиметровый слой сухой почвы площадью 1 см² при разнице температур верхнего и нижнего слоев почвы в 1° (Дж/см² в 1 с). Наибольшую теплопроводность имеет минеральная часть почвы, наименьшую – воздух. Влажность, а точнее доступная влажность для растений, зависит от сосущей силы корневой системы растений и от физического состояния воды. Доступность влаги зависит от водоудерживающей способности почв. Сила водоудерживающей способности тем выше, чем почва глинистее. Температура почвы зависит от внешней температуры, но благодаря низкой теплопроводности почвы, температурный режим довольно стабилен, и уже на глубине 0,3 м амплитуда колебания температуры составляет менее 2 °С. Температурные колебания в почве сглажены по сравнению с приземным воздухом и на глубине 1–1,5 м уже не прослеживаются. Пористость почвы обеспечивает ее хорошую аэрацию. В плотных почвах затрудняется аэрация и кислород может стать лимитирующим фактором (лимитирующий (ограничивающий) фактор – фактор, наиболее отклонившийся от своего оптимального значения по сравнению с другими факторами и определяющий уровень жизнедеятельности организма в данной среде).

Отношение количества отраженных почвой лучей к количеству лучей, которые падают на ее поверхность, называется альбедо. На темных почвах альбедо составляет 15 %, на песке – около 45 %. Отражение лучей почвой зависит от состояния влажности, температуры поверхности и величины теплопроводности. Например, влажные почвы с неровной поверхностью и средней теплопроводностью хорошо отражают лучи.

Химические свойства почв. Реакция среды – важный фактор для многих растений и животных. По реакции среды почвы разделяются на кислые (рН < 7,0), нейтральные (рН ≈ 7,0) и щелочные (рН > 7,0). Например, в сухом климате преобладают нейтральные и щелочные почвы, во влажных районах – кислые.

Засоленными называют почвы с избыточным содержанием водорастворимых солей (хлоридов, сульфатов, карбонатов). Они возникают вследствие вторичного засоления почв при испарении грунтовых вод, уровень которых поднялся до почвенных горизонтов. Среди засоленных почв выделяют солончаки и солонцы, в последних преобладают карбонаты натрия (эти почвы щелочные, а рН равен 8–9).

Вертикальная структура почвы формируется из четырех основных горизонтов, которые сильно различаются по химическому составу и физическим свойствам (рис. 1.1.)

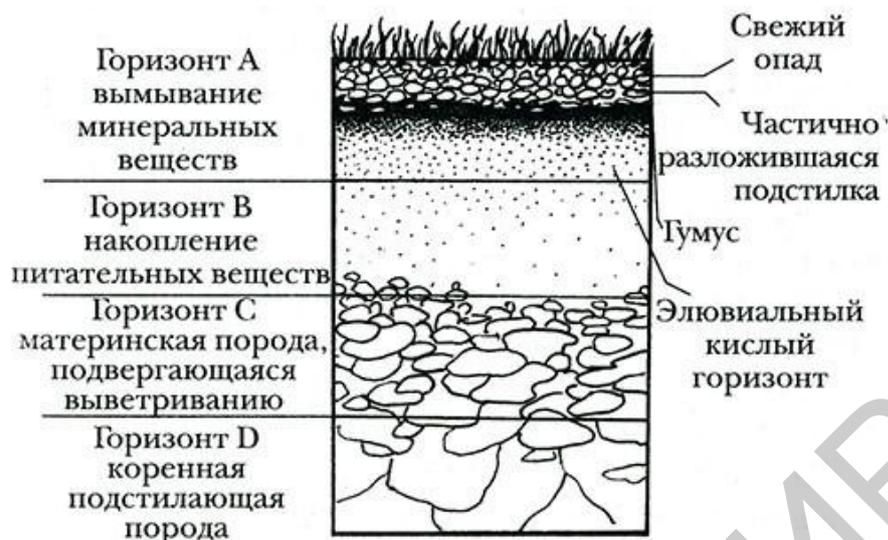


Рис. 1.1. Вертикальная структура почвы

Перегнойно-аккумулятивный (гумусовый) горизонт, или горизонт А, накапливает и преобразует органические вещества, часть из которых выносятся в нижний слой. Почвенные органические вещества содержат лигнин, клетчатку, эфирные масла, смолы, дубильные вещества и др. Часть молекул органических веществ полимеризуется, что повышает их устойчивость к воздействию деструкторов (микроорганизмов-разрушителей). Так образуется гумус. Он накапливается в почве и долго здесь сохраняется. Его разложение идет очень медленно.

Гумусовому горизонту в вертикальной структуре почвы предшествует слой из лесной подстилки (дернина), который содержит свежепавшую листву и разлагающиеся растительные и животные остатки.

Перегнойно-аккумулятивный горизонт почвенного профиля переходит в *горизонт вымывания, или элювиальный*, где оседают и преобразуются вымытые из верхнего горизонта вещества. Соли и органика выщелачиваются и вымываются в *иллювиальный горизонт (горизонт В)*. Органика перерабатывается микроорганизмами в минеральную форму, происходит накопление питательных веществ.

Под иллювиальным горизонтом лежит *материнская порода (горизонт С)*, подвергающаяся выветриванию, и *коренная подстилающая порода (горизонт D)*.

Почвы классифицируются по типам (черноземы, торфяно-болотные, дерново-подзолистые и др.) и *по видам* (песчаные, супесчаные, глинистые и др.).

На территории Республики Беларусь почвы формируются в результате взаимодействия следующих почвообразующих процессов: подзолистого, дернового и болотного.

Подзолистый процесс почвообразования наиболее интенсивно протекает под пологом хвойных и смешанных лесов с моховым покровом при наличии промывного водного режима, кислой реакции и достаточного увлажнения. На поверхности почвы под лесом накапливаются отмершие остатки древесной и мохово-лишайниковой растительности в виде лесной подстилки.

В результате разрушения лесной подстилки преимущественно грибной микрофлорой образуются органические вещества (органические кислоты), среди которых наиболее распространенными являются фульвокислоты и некоторые низкомолекулярные кислоты (муравьиная, уксусная, лимонная и др.). Разрушенные органические вещества вымываются из верхних горизонтов почвы. Это приводит к формированию под тонким слоем перегноя осветленного горизонта с низким содержанием гумуса. Из-за беловато-серой окраски он получил название подзолистого.

Под травянистой растительностью, широколиственными и смешанными лесами получил развитие **дерновый процесс**. Он приводит к накоплению гумуса и формированию дернины в верхнем горизонте почвы. Органические вещества не вымываются. Бактериями осуществляется их разложение и преобразование в минеральные. Интенсивностью дернового процесса обусловлено плодородие почв.

Значительное развитие в Республике Беларусь получил и **болотный почвообразующий процесс**. Он происходит в условиях длительного застоя влаги и недостатка кислорода. Чрезмерное увлажнение приводит к уменьшению количества бактерий, неполному разложению растительных остатков, образованию торфа и закисных соединений железа. Благодаря им формируется глеевый горизонт серо-голубого цвета.

Типы почв Республики Беларусь. **Дерново-подзолистые** почвы являются зональными. Малое содержание гумуса (1–2 %) и повышенная кислотность обусловили их низкое плодородие. **Дерново-карбонатные** формируются на карбонатных породах – известняках. Характеризуются высоким содержанием гумуса (3–6 %) и нормальной кислотностью. Основным процесс почвообразования – дерновый. **Дерново-подзолистые заболоченные** почвы широко представлены на севере страны и часто встречаются на низменных участках рельефа. Содержат меньше минеральных веществ, но больше гумуса. Проявление болотного процесса приводит к формированию в их профиле оглеенного горизонта. **Пойменные дерновые заболоченные** почвы формируются в поймах Припяти, Днепра и других рек и затапливаются во время половодья, что приводит к их временному переувлажнению и ежегодному пополнению песчаными наносами. **Торфяно-болотные** почвы формируются в пониженных местах с близким залеганием грунтовых вод. Постоянное переувлажнение приводит к господству болотного процесса почвообразования и накоплению торфа. Такие почвы характеризуются высоким потенциальным плодородием, но их использование возможно только после осушения. **Аллювиальные болотные** почвы формируются в пониженных участках пойм рек, имеют сходство с торфяно-болотными, но содержат больше минеральных веществ.

Отдельную группу образуют **антропогенные почвы**. Они сформировались в результате хозяйственной деятельности человека и полностью утратили исходные свойства. Выделяют две группы таких почв: одни образовались в результате направленной деятельности человека – искусственные

(насыпные) почвы в парках, теплицах и т. д.; другие (засоленные, нарушенные) – в результате деградации почв.

Хозяйственная деятельность человека влияет на почвообразующие процессы через обработку почв, мелиорацию, внесение удобрений. Полностью изменяется почвенный покров в местах добычи полезных ископаемых, в городах, на месте строительства дорог и др.

Загрязнение почв – вид антропогенной деградации почв, при которой содержание химических веществ в почвах превышает природный фоновый уровень их содержания в почвах.

В последние десятилетия человек стал причиной быстрой деградации почв, хотя потери почв имели место на протяжении всей человеческой истории. Во всех странах мира сейчас распахивают около 1,5 млрд га земель, а общие потери почв за историю человечества составили около 2 млрд га, т. е. потеряно больше, чем теперь распахивается, причем многие почвы перешли в разряд непригодных земель, восстановление которых или невозможно, или слишком дорого.

Проблема «почва – человек» осложняется урбанизацией, все большим использованием земель, их ресурсов для индустриального и жилищного строительства, ростом потребностей в продуктах питания. В результате антропогенной деятельности изменяется характер почвы, факторы почвообразования – рельеф, микроклимат и т. д. Под влиянием промышленных и сельскохозяйственных загрязнений изменяются свойства почвы и почвообразовательные процессы, потенциальное плодородие, снижается технологическая и питательная ценность сельскохозяйственной продукции и т. д.

Выделяют *шесть типов антропогенно-технических воздействий*, которые могут вызвать разного уровня ухудшение почв: 1) водная и ветровая эрозия; 2) засоление, подщелачивание, подкисление; 3) заболачивание; 4) физическая деградация, включая уплотнение и коркообразование; 5) разрушение и отчуждение почвы при строительстве, добыче полезных ископаемых; 6) химическое загрязнение почв.

Химическое загрязнение почв – накопление химических элементов и их соединений в почвах в токсичных для растений количествах в результате хозяйственной деятельности человека.

Причинами химического загрязнения почв являются: 1) атмосферный перенос загрязняющих веществ (тяжелые металлы, кислотные дожди, фтор, мышьяк, пестициды); 2) сельскохозяйственное загрязнение (удобрения, пестициды); 3) отвалы крупнотоннажных производств, топливно-энергетических комплексов; 4) загрязнение нефтью и нефтепродуктами.

По эффекту воздействия на почвы урбанизированных территорий техногенные вещества могут быть объединены в две группы: педохимически активные вещества и биогеохимически активные вещества. *Педохимически активные вещества* изменяют окислительно-восстановительные и кислотно-щелочные условия. Это в основном нетоксичные или слаботоксичные элементы с высокими кларками (железо, кальций, магний, щелочи, минеральные кислоты). При достижении определенных значений (предела) подкисления или

подщелачивания их влияние начинает сказываться на флоре и фауне. *Биогеохимически активные вещества* действуют на живые организмы. Это типоморфные для каждого производства высокотоксичные поллютаны с низкими кларками (ртуть, кадмий, свинец, селен).

Кроме того, загрязнение почв в значительной степени обусловлено неправильным использованием в сельском хозяйстве удобрений, пестицидов, а также орошением полей водой, содержащей высокую концентрацию солей. Пестициды оказывают разное воздействие на почвенную биоту и биохимическую активность почв. Особую опасность представляют стойкие и кумулятивные пестициды. Поступающие в почву пестициды адсорбируются глинистыми минералами, вступают в химические реакции, разлагаются или трансформируются микроорганизмами.

Сильно загрязняют почву азотные удобрения, в которых часть азота в зависимости от количества атмосферных осадков вымывается и накапливается на различной глубине почвы. При близком залегании грунтовых вод происходит их нитратное загрязнение. Нитраты накапливаются не только в почвах, но и в растениях, что приводит к ухудшению качества продукции и отрицательному их действию на здоровье человека и животных.

1.1. Комплексная геохимическая оценка экологического состояния территории

Методические указания к выполнению работы

Задания:

- 1) определить уровень опасности загрязнения городских почв;
- 2) установить, какие загрязнители вносят наибольший вклад в суммарный показатель загрязнения (Z_c);
- 3) описать выявленные геохимические аномалии, установив, какие загрязнители представляют наибольшую опасность для экосистем и здоровья человека.

Комплексная геохимическая оценка экологического состояния территории (города или его отдельно взятого района) состоит из нескольких взаимосвязанных блоков. Такими блоками являются: *оценка природного геохимического фона* (получение информации о региональной литогеохимической и биогеохимической специализации фоновых участков); *выявление источников техногенных потоков* (с учетом количества техногенных источников, их расположения, мощности и качественного состава загрязняющих веществ); *анализ состояния депонирующих сред* (основной депонирующей средой в городских ландшафтах является почвенный покров и растительность).

Существенное значение для формирования геохимического «фона» городских почв имеют длительность и характер промышленного воздействия. При этом различают следующие понятия.

Геохимический фон – среднее содержание химического элемента в почвах по данным статистических параметров его распределения. Геохимический фон является региональной, или местной характеристикой почв и пород.

Геохимическая аномалия – участок территории, в пределах которого статистические параметры распределения химического элемента достоверно отличаются от фона.

Зона загрязнения – геохимическая аномалия, в пределах которой содержание загрязняющих веществ достигает концентраций, оказывающих неблагоприятное влияние на здоровье человека.

Уровень загрязнения характеризуется величиной *коэффициента концентрации* K_{c_i} :

$$K_{c_i} = \frac{C_i}{C_{\phi_i}}, \quad (1.1)$$

где C_i – концентрация загрязняющего вещества в почве, мг/кг.

C_{ϕ_i} – фоновая концентрация загрязняющего вещества, мг/кг.

Загрязнение обычно бывает полиэлементным, и для его оценки рассчитывают *суммарный показатель загрязнения*, представляющий собой сумму превышений коэффициентов концентраций над фоновым уровнем:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{c_i} - (n - 1), \quad (1.2)$$

где K_{c_i} – коэффициент концентрации элемента;

n – число элементов.

Величину суммарного показателя загрязнения почв используют для оценки *уровня опасности загрязнения* территории города. Значения суммарного показателя загрязнения до 16 соответствуют допустимому уровню опасности для здоровья населения; от 16 до 32 – умеренно опасному; от 32 до 128 – опасному; более 128 – чрезвычайно опасному.

Для оценки выявленных геохимических аномалий в городах, а также для оценки эколого-геохимических изменений, происходящих в результате антропогенных процессов, В. А. Алексеенко [3] предложены *показатели абсолютного* (ПАН) и *относительного* (ПОН) *накопления химических элементов*. ПАН (в т/км^2) показывает, какая масса химического элемента накопилась в результате природных или техногенных процессов на единицу площади в концентрациях, превышающих региональное фоновое (либо кларковое или ПДК) содержание. Он вычисляется как отношение рассчитанного содержания химического элемента, накопившегося в результате техногенного химического загрязнения в химической аномалии (НГА), к площади этой аномалии ($S_{\text{геохим.ан}}$):

$$\text{ПАН} = \frac{\text{НГА}}{S_{\text{геохим.ан}}}. \quad (1.3)$$

В связи с тем что значения фоновых содержаний элементов в почве неодинаковы, был введен показатель относительного накопления (ПОН). ПОН чрезвычайно важен как при оценке воздействия определенного элемента на организмы, так и при сравнении такого воздействия разными элементами в конкретной ландшафтно-геохимической обстановке. Он представляет собой отношение показателя абсолютного накопления элемента к фоновому (кларковому) его содержанию в почве:

$$\text{ПОН} = \frac{\text{ПАН}}{C_{\text{ф}}}. \quad (1.4)$$

Расчет ПОН позволяет определить элементы, на загрязнение окружающей среды которыми следует обратить первоочередное внимание при проведении экологической реабилитации почв и медико-профилактической работе.

Ход работы:

1. Определить уровень опасности загрязнения почв города согласно комплексной геохимической оценке экологического состояния территории. Исходные данные для оценки степени опасности загрязнения почв и для характеристики геохимических аномалий приведены в табл. 1.1 и 1.2

Таблица 1.1

Варианты заданий для оценки степени опасности загрязнения почв
(указана концентрация загрязнителей, мг/кг)

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Район 1	HS	0,69	12,5	96,2	2,5	63,2	23,0	1,3	52,0	0,2	8,5	25,6	65,2
	HCO ₃	0,21	1,3	1,4	520,6	25,6	2,6	516,3	52,3	518,5	365,2	89,6	56,2
	Cl	32,4	25,5	45,6	10,8	112,3	65,2	25,6	69,5	18,8	65,2	16,5	45,2
	SO ₄	0,01	1,2	65,2	1,5	64,2	18,9	54,5	12,3	1,5	10,5	12,1	33,2
	Zn	0,002	63,3	3,2	15,6	15,2	42,0	1,9	22,6	17,6	56,2	25,6	65,5
	NH ₄	0,5	10,5	12,2	10,5	2,6	15,2	12,3	16,2	17,5	25,2	12,5	52,5
	Нитраты	0,13	2,6	13,6	5,6	21,1	63,2	8,0	8,6	5,6	12,3	39,6	12,7
Район 2	HS	0,67	20,0	109,5	3,8	60,2	15,2	1,6	117,8	0,1	14,5	36,9	58,9
	HCO ₃	0,21	1,2	2,8	650,0	30,9	13,8	319,6	69,0	540,2	590,5	98,5	182,5
	Cl	7,3	13,6	42,8	12,6	108,2	35,9	30,2	58,5	10,6	35,8	22,5	56,5
	SO ₄	0,005	3,6	36,2	2,3	35,6	28,5	62,5	12,0	2,3	12,5	10,4	39,1
	Zn	0,001	56,3	2,5	21,2	15,2	96,0	12,5	18,6	24,2	46,5	39,0	69,1
	NH ₄	0,7	15,6	10,0	16,6	3,0	19,8	65,6	15,3	12,6	32,6	19,9	40,2
	Нитраты	0,005	12,8	23,3	7,0	14,2	90,5	16,3	11,6	12,0	12,3	46,8	18,8
Район 3	HS	0,67	11,4	100,5	3,8	93,4	9,9	1,5	99,5	0,1	14,8	30,5	58,6
	HCO ₃	0,21	1,2	1,8	690,4	56,2	10,2	465,5	44,7	538,0	589,6	102,0	130,6
	Cl	19,3	16,3	52,3	11,6	92,0	40,6	29,3	57,9	9,6	40,5	15,3	58,9
	SO ₄	0,004	2,5	66,3	1,0	60,0	65,2	66,5	12,5	1,0	16,8	12,3	45,8
	Zn	0,001	58,9	2,8	18,5	15,4	33,0	1,6	13,5	16,5	50,8	32,1	78,0
	NH ₄	0,3	19,2	9,6	14,0	3,0	56,6	42,2	22,0	10,0	18,8	8,8	42,1
	Нитраты	0,004	12,5	4,5	7,0	18,9	77,8	14,9	9,9	8,0	12,3	58,1	29,6

Таблица 1.2

Варианты заданий для характеристики геохимических аномалий

Вещество	Вариант										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pb	824	2070	1050	1200	1680	2560	882	956	1472	3020	2114
	103	230	120	150	240	320	98	136	184	172	302
Zn	2080	715	1500	992	2765	2835	935	1764	1944	2834	1104
	200	65	150	124	197	270	85	147	162	218	96
Ti	1040	576	2040	1275	2432	2244	1044	3990	3240	2250	2192
	65	36	102	85	152	132	58	210	118	150	137
Cu	840	1050	1712	750	960	1368	1273	665	1136	1143	904
	105	150	214	100	120	152	134	95	142	127	113
V	600	832	290	805	1056	963	1045	602	1088	1656	1071
	75	104	58	115	132	107	95	86	136	184	102
Ga	2160	1800	1840	1648	3315	3072	2891	1540	2345	1350	2744
	450	360	230	412	663	512	413	385	469	525	392
Cr	1200	2970	1080	1484	1480	1728	2030	1505	1568	1683	2255
	150	330	180	212	185	192	203	215	196	187	205

Примечание. В числителе – накопление в почве геохимических аномалий веществ техногенного происхождения (НГА), т; в знаменателе – площадь аномалий ($S_{\text{геохим.ан}}$), км².

2. За фоновые значения концентрации при расчете суммарного показателя загрязнения принять данные табл. 1.3.

3. Рассчитать коэффициенты концентрации химических элементов в почвах трех условных районов города, для каждого района определить суммарный показатель загрязнения (Z_c).

4. Провести анализ химического загрязнения почв условных районов.

Таблица 1.3

Фоновые концентрации загрязняющих веществ для расчета суммарного показателя загрязнения, мг/кг

Вещество	Фоновая концентрация
Гидрокарбонаты (HCO_3)	510
Хлориды (Cl)	19,9
Аммоний (NH_4)	11
Сульфаты (SO_4)	45
Нитраты (NH_3)	15
Гидросульфиды (HS)	107
Цинк (Zn)	33

5. Охарактеризовать геохимические аномалии на урбанизированной территории по показателям абсолютного и относительного накопления. За фоновые значения концентрации загрязнителей принять данные табл. 1.4.

Таблица 1.4

Фоновые концентрации загрязняющих веществ для расчета характеристик геохимических аномалий, мг/кг

Вещество	Фоновая концентрация
Свинец	0,001
Цинк	0,005
Титан	0,457
Медь	0,002
Ванадий	0,01
Галлий	0,003
Хром	0,02

6. Результаты расчетов оформить в виде табл. 1.5.

Таблица 1.5

Комплексная геохимическая оценка экологического состояния городской территории

Элемент	Площадь аномалии, км ²	Техногенная составляющая элементов, т	Фоновая концентрация, мг/кг	ПАН, т/км ²	ПОН, т/км ²

7. Выполнить ранжирование элементов по величине удельного вклада в загрязнение городских почв, а также по величине опасности для здоровья человека, определяемой показателем относительного накопления. Сделать вывод о наиболее опасных в данных условиях загрязнителях.

1.2. Определение нитратов в растениях

Оборудование: 1%-й раствор дифениламина для определения содержания нитратов.

Ход работы:

1. На предметное стекло поместить несколько срезов той или иной части растения.

2. Затем на каждый срез нанести по одной капле 1%-го раствора дифениламина и следить за появлением синей окраски.

3. Интенсивность этой окраски сравнить с табл. 1.6 и с цветной шкалой, показывающей степень нуждаемости растений в азотных удобрениях. Содержание нитратов снижается с возрастом растений, а к цветению они почти исчезают.

Шкала потребности растений в азотных удобрениях

Визуальные признаки окраски среза	Содержание нитратов
Бледно-голубоватая, очень быстро наступает обугливание	Низкое
Синяя, постепенно исчезающая	Среднее
Темно-синяя или темно-фиолетовая, быстро наступающая, устойчивая	Высокое

Примечание. Бледно-голубая окраска среза от дифениламина свидетельствует об острой нужде растения в нитрат-ионах. Синяя окраска говорит о недостатке азота в растении, а темно-фиолетовая – о том, что растение обеспечено азотом.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое эдафические факторы окружающей среды? Дайте им характеристику.
2. Каким образом влияет горная порода на формирование почв?
3. Как рельеф влияет на формирование почв?
4. В чем состоит влияние климата на образование почв?
5. В чем заключается роль почвенных животных и микроорганизмов в образовании гумуса?
6. Как происходит формирование почв под влиянием поверхностных и подземных грунтовых вод?
7. В чем заключаются особенности формирования почв в Республике Беларусь?
8. Какие типы почв характерны для Республики Беларусь? Дайте им полную характеристику.
9. В чем состоит роль времени в формировании почв? Как влияет на изменение почвы антропогенный фактор?
10. Какие показатели используются для оценки химического загрязнения почвенного покрова?
11. Как оценивается уровень опасности загрязнения территории города?
12. В чем суть показателя относительного накопления химических элементов и для чего он был введен?

Лабораторная работа №2

Комплексная оценка качества атмосферного воздуха от загрязнения техногенными выбросами

Цель работы: получить практические навыки определения категории опасности территории, включающей промышленное предприятие и автомобильную дорогу, согласно методике расчета категории опасности предприятия и автотранспорта.

Общие теоретические сведения

Загрязнение атмосферного воздуха техногенными выбросами происходит от различных источников. Вследствие огромных выбросов техногенных газов и веществ, достигающих многих миллиардов тонн в год, происходит нарушение газового состава атмосферы.

С выбросами промышленных предприятий в атмосферу поступают различные химические вещества, качественный и количественный состав которых зависит от особенностей технологического процесса. Так, с выбросами предприятий теплоэнергетики в воздух поступают зола, сажа, диоксид серы, оксиды азота, циклические углеводы, соединения мышьяка и фтора. Предприятия черной металлургии загрязняют воздух рудничной пылью, оксидами железа и марганца, объекты цветной металлургии – оксидами свинца, цинка, кадмия, меди, мышьяка и ртути. Выбросы предприятий химической промышленности загрязняют атмосферу ароматическими и алифатическими углеводородами, соединениями серы, кислотами, фенолами, эфирами и т. д. В результате процессов естественного самоочищения атмосферы за счет гравитационной седиментации (выпадения под действием силы тяжести) и вымывания атмосферными осадками указанные химические вещества из воздуха попадают сначала на поверхность почвы, а затем начинают мигрировать. Вследствие поверхностного стока они поступают в открытые водоемы.

При загрязнении атмосферы газами действуют три фактора: эмиссия (выброс) вредных веществ, трансмиссия (перенос) вредных веществ и иммиссия (ввод) вредных веществ в организмы и ткани растений.

При выбросе газов необходимо учитывать высоту расположения выходного отверстия над земной поверхностью, скорость выброса, общее количество газа, его температуру и скорость распространения. Распространение газов в основном определяется их растворимостью в воде и способностью к химическому взаимодействию с компонентами атмосферы. Кроме этого, перенос связан с метеорологическими условиями и особенностями земной поверхности. Направление переноса выбросов определяется направлением ветра, а высота подъемов выбросов – его скоростью.

Весьма важную роль в составе атмосферы играет *двуокись углерода* (углекислый газ), которая необходима не только для жизнедеятельности человека, но и для выполнения атмосферной функции предохранения подстилающей поверхности от перегрева и переохлаждения. Однако хозяйственная деятельность человека нарушила естественный баланс выделения и ассимиляции CO_2 в природе, в результате чего его концентрация в атмосфере увеличивается.

Диоксид углерода участвует во многих процессах метаболизма живой клетки. Диоксид углерода образуется в результате множества окислительных реакций у животных и выделяется в атмосферу с дыханием. Углекислый газ атмосферы – основной источник углерода для растений. Углекислый газ легко пропускает ультрафиолетовые лучи и лучи видимой части спектра, которые поступают на Землю от Солнца и обогревают ее. В то же время он поглощает испускаемые Землей инфракрасные лучи и является одним из парниковых газов, вследствие чего принимает участие в процессе глобального потепления.

Основным источником антропогенного поступления углекислого газа в атмосферу и постоянного роста уровня его содержания является сжигание горючих ископаемых (угля, нефти, газа) для производства энергии. При современном уровне эмиссии углекислого газа концентрация его в атмосфере будет неуклонно увеличиваться. Стабилизация концентрации может быть достигнута посредством значительного сокращения объема выбросов.

Оксид углерода (CO), называемый в быту угарным газом, – самая распространенная и наиболее значительная (по массе) примесь атмосферы. В естественных условиях содержание CO в атмосфере очень мало: оно колеблется от сотых долей до 0,2 млн т. В атмосферу оксид углерода попадает в составе вулканических и болотных газов, в результате лесных и степных пожаров, выделения микроорганизмами, растениями, животными и человеком.

Большое количество CO образуется в нефтяной промышленности и на химических предприятиях (крекинг нефти, производство формалина, углеводородов, аммиака и др.). Высока концентрация оксида углерода в угольных шахтах, на углеподающих трассах. Оксид углерода образуется при неполном сгорании топлива в печах и двигателях внутреннего сгорания. Одним из основных источников поступления CO является автомобильный транспорт.

Оксид углерода чрезвычайно ядовит. При поступлении оксида углерода в организм нарушается способность крови доставлять кислород к тканям, вызываются спазмы сосудов, снижается иммунологическая активность человека. CO нарушает фосфорный, азотистый, углеводный обмен.

Диоксид серы, или сернистый ангидрид (SO_2), антропогенного происхождения образуется при сгорании угля (70 % антропогенных выбросов) и нефти, в металлургических производствах, при переработке содержащих серу руд, при различных химико-технологических процессах. Большая часть антропогенных выбросов SO_2 связана с энергетикой и промышленностью.

Азот образует смесь различных оксидов, но лишь *оксид азота* (NO) и *диоксид азота* (NO_2) имеют значение как атмосферные загрязнители.

Оксиды азота играют основную роль в образовании фотохимического «смога», влияют они и на разрушение озонового слоя, ведут также к образованию кислотных дождей. Загрязнение атмосферы оксидами азота в целом сравнительно невелико. Но в районах с развитой химической промышленностью имеются локальные зоны повышенного содержания NO и NO₂ в воздухе.

Оксид азота – бесцветный газ, образующийся в малых количествах в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания, работающих на бензине и дизельном топливе, при взаимодействии O₂ с N₂. В дальнейшем он окисляется кислородом до двуоксида азота NO₂.

Диоксид азота – устойчивый газ желтого цвета, в большинстве случаев придающий воздуху в городах коричневатый оттенок, ядовитый, с неприятным запахом, является также сильным коррозионно-активным агентом. Под влиянием ультрафиолетовой радиации NO₂ разрушается, переходя в NO.

Диоксид азота сохраняется в атмосфере в среднем около трех суток. При взаимодействии с водяным паром он превращается в азотную кислоту и другие нитраты. В отличие от серной азотная кислота может долгое время оставаться в атмосфере в газообразном состоянии, т. к. она плохо конденсируется. Пары азотной кислоты поглощаются в атмосфере каплями облаков или частицами аэрозоля. В результате выброса в атмосферу огромного количества двуоксида серы и оксидов азота резко увеличивается кислотность атмосферных осадков: дождей, снега, тумана.

Образование оксидов азота в процессах сжигания связано с окислением атмосферного азота и в меньшей степени с окислением органических соединений азота, содержащихся в топливе. С повышением температуры количество оксидов азота значительно увеличивается. Основным источником выбросов оксидов азота, не связанных с сжиганием топлива, является производство азотной кислоты.

Сероводород и сероуглерод поступают в атмосферу отдельно или вместе с другими соединениями серы. В атмосфере при взаимодействии с другими загрязнителями они подвергаются медленному окислению до серного ангидрида. Основными источниками выброса являются предприятия по изготовлению искусственного волокна, коксохимические, нефтеперерабатывающие, а также нефтепромыслы.

Соединения хлора поступают в атмосферу от химических предприятий, производящих соляную кислоту, хлорсодержащие пестициды, органические красители, гидролизный спирт, хлорную известь, соду. В атмосфере они встречаются как примесь молекулы хлора и паров соляной кислоты. Токсичность хлора определяется видом соединений и их концентрацией. В металлургической промышленности при выплавке чугуна и при переработке его на сталь происходит выброс в атмосферу различных тяжелых металлов и ядовитых газов.

В атмосферу ежегодно поступают сотни миллионов тонн аэрозолей из различных источников. *Аэрозоли* – это твердые или жидкие частицы,

находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе. Аэрозоли разделяются на первичные (выбрасываются из источников загрязнения), вторичные (образуются в атмосфере), летучие (переносятся на далекие расстояния) и нелетучие (накапливаются на поверхности вблизи зон пылегазовыбросов). Устойчивые и тонкодисперсные летучие аэрозоли (кадмий, ртуть, и др.) имеют тенденцию накапливаться в низинах и других понижениях рельефа, в меньшей степени на водоразделах.

Основными источниками искусственных аэрозольных загрязнений воздуха являются ТЭС, которые потребляют уголь высокой зольности, обогатительные фабрики, металлургические и цементные заводы. Аэрозольные частицы от этих источников отличаются большим разнообразием химического состава. Чаще всего в их составе обнаруживаются соединения кремния, кальция и углерода, реже – оксиды металлов: железа, магния, марганца, цинка, меди, никеля, свинца, селена, мышьяка, кадмия, хрома, кобальта, молибдена. Они содержатся в выбросах предприятий теплоэнергетики, черной и цветной металлургии, стройматериалов, а также автомобильного транспорта. Пыль, осаждающаяся в промышленных районах, содержит до 20 % оксида железа, 15 % силикатов и 5 % сажи, а также примеси различных металлов (свинец, ванадий, молибден, мышьяк, сурьма и т. д.).

Газообразные выбросы промышленных предприятий образуют в атмосферном воздухе аэродисперсные системы, которые в результате турбулентного движения и других процессов долгое время удерживаются в воздухе. Дальность распространения загрязнителей зависит от времени существования того или иного загрязнителя в воздухе и метеорологических условий, скорости и направления воздушных потоков в атмосфере, осадков и других процессов.

Ухудшение качества воздуха из-за присутствия в нем различных загрязняющих веществ ведет к гибели зеленых насаждений, загрязнению и закислению почв, водоемов и водотоков, к повреждению памятников культуры, конструкций зданий и сооружений, к ухудшению здоровья населения.

2.1. Расчет категории опасности предприятия и автотранспорта

Методические указания к выполнению работы

Главными источниками загрязнения воздуха в городах являются промышленные предприятия и автомобильный транспорт.

Расчет категории опасности предприятия. Для оценки степени воздействия крупных и мелких предприятий на атмосферу города используют категорию опасности предприятия (КОП), которая оценивает объем воздуха, необходимый для разбавления выбросов (M_i) i -го вещества над территорией предприятия до уровня ПДК _{i} .

Категория опасности предприятия (КОП) используется для характеристики изменений качества атмосферы через выбросы, осуществляемые стационарными источниками с учетом их токсичности.

КОП определяется через массовые характеристики выбросов в атмосферу:

$$\text{КОП} = \sum_{i=1}^n \text{КОВ}_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{a_i}, \quad (2.1)$$

где n – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием;
 КОВ_i – категория опасности i -го вещества, $\text{м}^3/\text{с}$;
 M_i – масса выбросов i -й примеси в атмосферу, $\text{мг}/\text{с}$;
 ПДК_i – среднесуточная ПДК i -го вещества в атмосфере населенного пункта, $\text{мг}/\text{м}^3$;
 a_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью диоксида серы (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Значения коэффициента a_i

Класс опасности вещества	1	2	3	4
a_i	1,7	1,3	1,0	0,9

Для расчета КОП при отсутствии $\text{ПДК}_{\text{СС}}$ (среднесуточная предельно допустимая концентрация) используют значения $\text{ПДК}_{\text{МР}}$ (предельно допустимая максимальная разовая концентрация).

Предприятия по величине категории опасности делят в соответствии с условиями, приведенными в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Масса выбросов примесей в атмосферу M_i в зависимости от класса опасности предприятий

Класс опасности предприятия	M_i , $\text{мг}/\text{с}$
I	$\geq 31,7 \cdot 10^6$
II	$\geq 31,7 \cdot 10^4$
III	$\geq 31,7 \cdot 10^3$
IV	$< 31,7 \cdot 10^3$

Для расчета категории опасности i -го вещества необходимо использовать исходные данные из табл. 2.3. Например, при величине выброса диоксида азота 3,521 т/год категория опасности вещества будет равна

$$\text{КОВ}_{\text{NO}_2} = \left(\frac{3,521 \cdot 31,7}{0,04} \right)^{1,3} = 30155 = 3,02 \cdot 10^4, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Таблица 2.3

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ

№ п/п	Вещество	Класс опасности	ПДК _{МР} , мг/м ³	ПДК _{СС} , мг/м ³
1	Оксид углерода	4	5	3
2	Диоксид азота	2	0,2	0,04
3	Оксид азота	3	0,4	0,06
4	Диоксид серы	3	0,5	0,05
5	Аммиак	4	0,2	0,04
6	Сероводород	2	0,008	–
7	Озон	1	0,16	0,03
8	Формальдегид	2	0,035	0,003
9	Фенол	2	0,01	0,003
10	Бензол	2	0,3	0,1
11	Толуол	3	0,6	–
12	Параксилол	3	0,3	–
13	Стирол	2	0,04	0,002
14	Этилбензол	3	0,02	–
15	Нафталин	4	0,003	–
16	Взвешенные вещества	3	0,5	0,15
17	Зола	3	0,15	0,05
18	Пыль цементных производств	3	0,02	0,02
19	Оксид железа	3	0,04	0,04
20	Оксид кадмия	1	0,0003	0,0003
21	Карбид кальция	3	0,3	0,3
22	Оксид кальция	3	0,3	0,3
23	Керосин	3	1,2	1,2
24	Кислота азотная	2	0,4	0,15
25	Кислота серная	2	0,3	0,1
26	Кислота уксусная	3	0,2	0,06
27	Пыль древесная	3	0,1	0,1
28	Пыль	3	0,3	0,1

Расчет выбросов от автомобильного транспорта. Расчет количества выбросов угарного газа (СО), диоксида азота (NO₂), диоксида серы (SO₂) за год (по всем сезонам) с учетом пробегового выброса *i*-го загрязняющего вещества транспортным средством производится по следующим формулам:

$$M_{CO} = N_{сез}^N \cdot m_{CO}, \quad (2.2)$$

$$M_{NO_2} = N_{сез}^N \cdot m_{NO_2}, \quad (2.3)$$

$$M_{SO_2} = N_{сез}^N \cdot m_{SO_2}, \quad (2.4)$$

где M_i – масса выбросов *i*-й примеси в атмосферу транспортным средством, мг/с;

$N_{сез}^N$ – число типов автомобилей, прошедших по улице за год (по всем сезонам);

m_i – пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества транспортным средством, г/км.

Значения пробеговых выбросов i -го вещества для различных типов транспортных средств приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Пробеговый выброс загрязняющих веществ для различных типов автотранспорта

Тип автотранспорта	Примеси	Пробеговый выброс, г/км	Коэффициенты	
			K_{ri}	K_{ii}
Легковые автомобили	CO	13,0	0,87	1,72
	NO ₂	1,5	0,94	1,0
	SO ₂	0,076	1,15	1,15
Грузовые автомобили	CO	52,6	0,89	2,0
	NO ₂	5,1	0,79	1,0
	SO ₂	0,16	1,15	1,15
Автобусы	CO	4,5	0,95	1,4
	NO ₂	9,1	0,92	1,4
	SO ₂	0,9	1,15	1,1

Используя данные из табл. 2.10, число типов автомобилей, прошедших по определенной улице за каждый сезон, можно определить по следующим формулам:

$$N_{\text{зима}}^N = t \cdot L \cdot N_3 \cdot n, \quad (2.5)$$

$$N_{\text{весна}}^N = t \cdot L \cdot N_B \cdot n, \quad (2.6)$$

$$N_{\text{лето}}^N = t \cdot L \cdot N_{\text{л}} \cdot n, \quad (2.7)$$

$$N_{\text{осень}}^N = t \cdot L \cdot N_o \cdot n, \quad (2.8)$$

где t – время, которое составляет b ч;

L – длина улицы, км;

N_3 – число типов автомобилей, прошедших по определенной улице за зимний сезон;

N_B – число типов автомобилей, прошедших по определенной улице за весенний сезон;

$N_{\text{л}}$ – число типов автомобилей, прошедших по определенной улице за летний сезон;

N_o – число типов автомобилей, прошедших по определенной улице за осенний сезон;

n – количество дней в сезоне (принять равным 91).

Суммарный годовой пробег автомобилей по определенной улице рассчитывается по формуле

$$L^N_{\text{общ}} = \sum^n N^N_{\text{сез}} \cdot v_{\text{авт}} \cdot L, \quad (2.9)$$

где $L^N_{\text{общ}}$ – суммарный годовой пробег автомобилей по определенной улице, учитывающий интенсивность движения и скорость разных типов АТС, км;
 $v_{\text{авт}}$ – скорость движения транспортных средств (принять равной 60 км/ч).

Расчет категории опасности автотранспорта. Категорию опасности автотранспорта (КОА) рассчитывают по аналогии с категорией опасности предприятия с учетом приведенного пробегового выброса i -го загрязняющего вещества транспортным средством:

$$\text{КОА} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_{ij}}{\text{ПДК}_i} \right)^{a_i}. \quad (2.10)$$

Тогда приведенный пробеговой выброс будет равен

$$m_{ij} = m_i \cdot K_{ri} \cdot K_{ti}, \quad (2.11)$$

где m_i – пробеговой выброс i -го загрязняющего вещества транспортным средством, г/км;

K_{ri} – коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов;

K_{ti} – коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс i -го загрязнителя;

Расчет категории опасности дороги. Помимо вредных выбросов в атмосферу, связанных с сжиганием топлива, эксплуатация автомобильного транспорта приводит также к выбросам пыли (M_p) в результате взаимодействия автомобиля с дорогой. Степень загрязнения атмосферы в результате этого процесса можно определить через категорию опасности дороги (КОД):

$$\text{КОД} = \frac{M_p}{\text{ПДК}_p} = \frac{M_y V_y}{\text{ПДК}_p}, \quad (2.12)$$

где M_y – содержание пыли в воздухе улицы;

V_y – объем приземного слоя воздуха улицы, в котором рассеяна пыль.

Количество пыли, выбрасываемой N -м количеством автомобилей i -го класса, рассчитывается по следующей формуле:

$$M_y = \psi_i \cdot S_{Ai} \cdot N^N_{\text{сез}}, \quad (2.13)$$

где S_{Ai} – средняя площадь проекции автомобиля на поверхность дороги, m^2 ;
 ψ_i – сдуваемость пыли, $mg/(cm^2 \cdot c)$, (табл. 2.5);
 $N_{сез}^N$ – интенсивность движения автомобилей i -го класса по сезонам года.

Таблица 2.5

Значения удельной сдуваемости пыли и средней площади проекции на поверхность дороги для различных классов АТС

Тип АТС	Значения удельной сдуваемости пыли $mg/(cm^2 \cdot c)$	Средняя площадь проекции на поверхность дороги, m^2
Легковые автомобили	240	7
Грузовые автомобили	516	25
Автобусы	541	30

Объем приземного слоя воздуха (V_y), в котором рассеивается пыль, составляет $3 m^3$.

Задание: произвести оценку опасности загрязнения городского воздуха промышленными предприятиями и автотранспортом.

Ход работы:

1. Выполнить расчет категории опасности предприятия (исходные данные по вариантам приведены в табл. 2.6), в котором результаты должны включать расчеты КОВ для каждого вещества, таблицу с результатами по ранжированию выбросов предприятия по КОВ, расчет КОП и массу выбросов. Сделать вывод о приоритетности загрязняющих веществ в городском воздухе по массе выбросов и по категории опасности вещества.

Результаты ранжирования загрязняющих веществ по массе выбросов и по категории опасности занести в табл. 2.7 и 2.8.

Таблица 2.6

Данные для расчета категории опасности предприятия по вариантам заданий

Вещество	Масса выбросов, т/год	Вещество	Масса выбросов, т/год	Вещество	Масса выбросов, т/год
1	2	3	4	5	6
<i>Вариант 1</i>		<i>Вариант 2</i>		<i>Вариант 3</i>	
Диоксид азота	3956,3	Диоксид азота	3039,0	Диоксид азота	566,2
Диоксид серы	2075,0	Диоксид серы	494,0	Диоксид серы	20642,1
Оксид углерода	7551,07	Оксид кадмия	0,005	Оксид углерода	33427,4
Пыль летучая (зола)	0,19	Взвешенные вещества	405,0	Сероводород	173,1
Пыль цементных производств	0,88	Оксид углерода	1503,0	Бензол	841,1
Оксид кадмия	0,0015	Оксид железа	0,763	Карбид кальция	100,1

Окончание табл. 2.6

1	2	3	4	5	6
<i>Вариант 4</i>		<i>Вариант 5</i>		<i>Вариант 6</i>	
Диоксид азота	1118,1	Диоксид азота	928,1	Диоксид азота	213,5
Диоксид серы	1744,07	Сероводород	0,003	Диоксид серы	11,7
Оксид углерода	1002,1	Оксид углерода	364,2	Оксид углерода	800,2
Сероводород	7,3	Диоксид серы	20,8	Бензол	1238,3
Стирол	102,1	Аммиак	0,156	Пыль цементных производств	0,3
Этилбензол	85,3	Оксид азота	4002,4	Сероводород	0,02
<i>Вариант 7</i>		<i>Вариант 8</i>		<i>Вариант 9</i>	
Диоксид азота	186,0	Диоксид азота	10,1	Диоксид азота	57,7
Диоксид серы	2,7	Диоксид серы	259,3	Диоксид серы	11,6
Оксид углерода	551,7	Оксид углерода	82,1	Оксид углерода	58,6
Толуол	5,3	Сероводород	0,3	Пыль летучая (зола)	0,32
Бензол	0,88	Бензол	6,7	Бензол	21,7
Азотная кислота	12,2	Этилбензол	1,7	Этилбензол	0,9
<i>Вариант 10</i>		<i>Вариант 11</i>		<i>Вариант 12</i>	
Диоксид азота	31,1	Диоксид азота	21,8	Диоксид азота	127,8
Диоксид серы	0,5	Диоксид серы	0,8	Диоксид серы	16,51
Оксид углерода	97,9	Оксид углерода	65,2	Оксид углерода	626,8
Пыль цементных производств	122,6	Пыль цементных производств	44,2	Пыль цементных производств	1,03
Формальдегид	0,21	Пыль древесная	44,7	Бензол	310,2
Оксид кадмия	0,02	Бензол	2,0	Толуол	1,5
<i>Вариант 13</i>		<i>Вариант 14</i>		<i>Вариант 15</i>	
Диоксид азота	7530,1	Диоксид азота	58,3	Диоксид азота	12,1
Диоксид серы	10630,1	Диоксид серы	547,3	Диоксид серы	1589,5
Оксид углерода	80038,2	Сероводород	5,4	Оксид углерода	39,47
Сероводород	157,1	Оксид углерода	155,3	Серная кислота	16,5
Взвешенные вещества	558,3	Пыль цементных производств	235,0	Пыль цементных производств	70,55
Параксиллол	1166,1	Нафталин	131,1	Бензол	12,1

Таблица 2.7

Ранжирование загрязняющих веществ по массе выбросов

Название вещества	Масса выбросов, т/год	Ранг
Вещество 1		1
Вещество 2		2
...		...

Таблица 2.8

Ранжирование загрязняющих веществ по категории опасности

Название вещества	Характеристика выбросов в атмосферу	
	значения КОВ, м ³ /с	ранг
Вещество 1		1
Вещество 2		2
...		...
КОП по предприятию		

2. Рассчитать количество выбросов загрязняющих веществ угарного газа (СО), диоксида азота (NO₂), диоксида серы (SO₂) за год (по всем сезонам) с учетом пробегового выброса (m_i) i-го загрязняющего вещества для различных типов автотранспорта, используя формулы (2.2–2.4). Результаты оформить в таблицу 2.9.

Таблица 2.9

Количество выбросов загрязняющих веществ по сезонам года для различных типов автотранспорта

Название улицы	Период года (зима, весна, лето, осень)			
	Тип автомобиля	Количество выбросов по сезонам, т		
		СО	NO ₂	SO ₂
	Легковые			
Грузовые				
Автобусы				

3. Определить суммарный годовой пробег автомобильного транспорта при движении по определенной улице и категорию опасности автотранспорта, для каждого типа АТС исходные данные по вариантам приведены в табл. 2.10. Исходные данные приведены в табл 2.3 и 2.4.

Таблица 2.10

Данные для расчета категории опасности автотранспорта по вариантам заданий

Вариант	Название улицы	Транспортные средства	Интенсивность движения по сезонам, авт./ч				Длина улицы, м
			зима	весна	лето	осень	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Улица 1	Легковые	650	760	980	710	8500
		Грузовые	100	105	135	80	
		Автобусы	50	65	85	20	

Окончание табл. 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8
2	Улица 2	Легковые	560	660	800	520	4500
		Грузовые	100	130	150	190	
		Автобусы	30	100	80	40	
3	Улица 3	Легковые	25	34	45	39	3000
		Грузовые	12	10	15	17	
		Автобусы	8	8	4	6	
4	Улица 4	Легковые	350	420	510	480	5000
		Грузовые	50	48	59	53	
		Автобусы	11	11	15	11	
5	Улица 5	Легковые	95	106	115	101	5500
		Грузовые	22	25	28	27	
		Автобусы	10	11	9	10	
6	Улица 6	Легковые	600	620	700	680	6500
		Грузовые	110	150	125	200	
		Автобусы	25	40	45	40	
7	Улица 7	Легковые	118	131	138	109	2500
		Грузовые	230	140	330	190	
		Автобусы	90	100	110	100	
8	Улица 8	Легковые	450	655	700	445	3500
		Грузовые	320	310	380	400	
		Автобусы	140	180	220	150	
9	Улица 9	Легковые	385	555	610	445	5000
		Грузовые	220	130	310	150	
		Автобусы	60	80	90	75	
10	Улица 10	Легковые	35	40	65	45	3500
		Грузовые	15	15	25	20	
		Автобусы	5	10	15	10	
11	Улица 11	Легковые	13	15	18	14	2500
		Грузовые	7	6	5	9	
		Автобусы	2	4	5	3	
12	Улица 12	Легковые	90	110	125	115	4000
		Грузовые	15	20	20	25	
		Автобусы	10	15	10	15	
13	Улица 13	Легковые	85	55	95	60	5500
		Грузовые	25	30	35	25	
		Автобусы	15	20	15	25	
14	Улица 14	Легковые	110	120	125	120	4500
		Грузовые	35	40	45	25	
		Автобусы	20	25	35	25	
15	Улица 15	Легковые	82	105	110	98	4000
		Грузовые	200	110	300	160	
		Автобусы	80	90	100	90	

4. Рассчитать показатели пылеобразования на дороге и вычислить категорию опасности дороги (КОД) для различных типов автотранспорта. Исходные данные приведены в табл. 2.5.

5. Сделать общий вывод.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы особенности загрязнения атмосферного воздуха техногенными выбросами?
2. Что такое категория опасности предприятия и как она определяется?
3. Какова методика расчета загрязняющих веществ автомобильным транспортом при движении по определенной улице?
4. Как рассчитывается категория опасности автотранспорта?

Библиотека БГУИР

Лабораторная работа №3

Сравнительная оценка методов очистки воды от загрязнений и определение параметров поверхностного стока от различных источников

Цель работы: провести сравнительную характеристику различных методов очистки воды от загрязнений и определить параметры поверхностного стока, поступающего от различных источников природного и техногенного характера.

Методы очистки воды от загрязнений и их сравнительная характеристика

Общие теоретические сведения

Наращение дефицита водных ресурсов и прогрессирующее ухудшение их качества объединяются под общим понятием деградации природных вод. В пределах крупных речных водосборов и обширных территорий, расположенных в наиболее освоенных в хозяйственном отношении районах Земли, на водные объекты оказывают влияние одновременно многие *антропогенные факторы*. По характеру воздействия на ресурсы, режим и качество водных объектов суши их можно объединить в несколько групп:

- непосредственно воздействующие на водный объект путем прямых изъятий воды и сбросов природных и сточных вод (системы промышленного и коммунального водоснабжения, каналы переброски стока, коллекторы сточных вод) или за счет преобразования морфологических элементов водотоков и водоемов (создание в руслах рек водохранилищ и прудов, обвалование и спрямление русел рек и берегов озер, выемки грунта из рек и водоемов и т. п.);

- воздействующие на водный объект посредством изменения поверхности речных водосборов и отдельных территорий (агротехнические мероприятия, осушение заболоченных земель, вырубка и посадка лесов, урбанизация и т. п.);

- воздействующие на основные элементы влагооборота в пределах конкретных речных водосборов и отдельных территорий посредством изменения климатических характеристик в глобальном и региональном масштабах (промышленные и энергетические объекты, нарушающие газовый состав и загрязняющие атмосферу, а также крупномасштабные водохозяйственные мероприятия).

Наиболее существенное влияние на водные объекты суши оказывают факторы первой группы, которые непосредственно связаны с масштабами водопотребления и водоотведения.

Загрязнение природных вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов и вкуса), увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, токсичных тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных элементов и других загрязнителей.

Загрязнение водных источников включает в себя любые изменения физических, химических, биологических свойств воды в водных объектах, обусловленных сбросом в них твердых, жидких и газообразных веществ, делающих воду опасной для потребления, нанося ущерб деятельности человека, здоровью человека и экологической безопасности населения.

Загрязнения поверхностных водоемов и грунтовых вод можно классифицировать:

1. *Механическое загрязнение* характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (песок, шлам, ил, частицы почвы и др.), а также загрязнением твердыми отходами (промышленным и бытовым мусором). Механические примеси могут значительно ухудшать органолептические показатели (цвет, запах, вкус и др.) вод.

2. *Химическое загрязнение* является наиболее распространенным и может быть органическим (фенолы, нефть и нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), пестициды и др.), неорганическим (соли, кислоты, щелочи), токсичным (мышьяк, соединения ртути, свинца, кадмия и др.). При осаждении на дно водоемов вредные химические вещества сорбируются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок, однако полного самоочищения загрязненных вод не происходит.

3. *Биологическое (бактериальное) загрязнение* выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов, простейших, грибов и др.

4. *Физическое загрязнение* вызывается радиоактивными веществами, теплом и др. Радиоактивные элементы попадают в поверхностные водоемы при сбрасывании в них радиоактивных отходов, захоронении отходов на дне и др. Наиболее вредны «долгоживущие» радионуклиды, обладающие повышенной способностью к передвижению в воде (стронций-90, радий-226, цезий-137 и др.).

5. *Тепловое загрязнение* связано с повышением температуры вод в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими водами.

Основными источниками загрязнений водных объектов являются недостаточно очищенные стоки производственных предприятий и коммунальных объектов, животноводческих и птицеводческих фабрик; твердые отходы, образующиеся при разработке полезных ископаемых; сточные воды горнодобывающих шахт; сточные воды, образующиеся при обработке и сплаве леса; сточные воды железнодорожного и водного видов транспорта; техногенные отходы металлургических предприятий.

Со сточными водами предприятий в окружающую среду в больших количествах поступают загрязняющие вещества, в том числе и специфические. Они наносят ощутимый вред окружающей природной среде, приводя к изменениям химических, физических и биологических свойств воды.

В настоящее время наиболее актуальные вопросы в решении проблем образования больших объемов сточных вод связаны с проведением различных организационно-планировочных, технологических и санитарно-технических мероприятий.

Среди *организационно-планировочных мероприятий*, которые способствуют предотвращению истощения водных ресурсов и улучшению качества поверхностных и подземных вод, можно назвать очистку сточных вод. Проведение очистки сточных вод заключается в рациональном размещении устройств водозабора и водоотвода. Для увеличения интенсивности перемещения и кратности разбавления стоков применяются рассредоточенные выпуски стоков через трубы, расположенные поперек русла реки.

Технологические мероприятия включают в себя разработку и внедрение малоотводных и безводных производств, сокращение объемов потребления за счет внедрения систем водооборотного водоснабжения, строительство разделительных систем хозяйственного и бытового водоснабжения, применение некоторых видов сточных вод для сельскохозяйственного орошения, охлаждение энергетических установок и др.

Для ликвидации бактериального загрязнения применяется обеззараживание сточных вод (дезинфекция).

Санитарно-технические мероприятия включают механические, биологические, физико-химические методы очистки сточных вод (рис. 3.1).

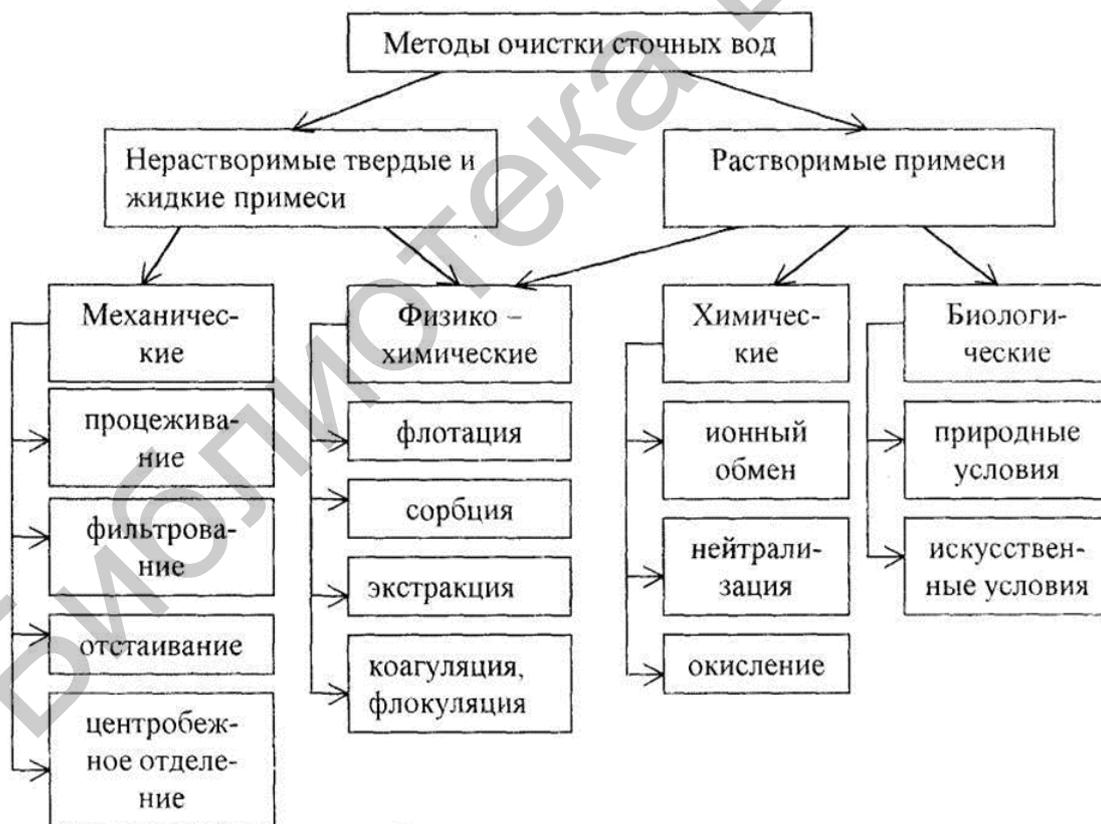


Рис. 3.1. Методы очистки сточных вод

Механический метод очистки предназначен для удаления нерастворимых примесей, твердых частиц и частиц жира-, масло-, нефтепродуктов и осуществляется процеживанием, отстаиванием, обработкой в поле центробежных сил (центрифуги)¹, фильтрованием и др.

Процеживание применяется для удаления из сточных вод крупных и волокнистых включений. Крупные примеси задерживаются решетками, песок крупностью 0,25 мм и более – песколовками. Грубое механическое процеживание (макропроцеживание, или макрофильтрование) проводят с помощью металлических проволочных сеток (барабанных сеток) с размером отверстий более 0,3 мм (извлекаются грубодисперсные примеси, насекомые, травы, водоросли и другие составляющие размером от 0,2 мм и более).

Отстаивание основано на свободном осаждении (всплытии) примесей с плотностью, большей (меньшей) плотности воды. Процесс реализуется в песколовках, применяемых для задержания частиц минерального происхождения, и отстойниках, необходимых для задержания примесей органического происхождения, находящихся во взвешенном состоянии. Отстаивание воды для выделения нерастворенных и частично коллоидных загрязнений проводят в различных отстойниках – горизонтальных (вода движется горизонтально вдоль отстойника), вертикальных (вода подается снизу вверх), радиальных (вода подается от центра к периферии).

Очистка сточных вод в поле центробежных сил осуществляется в центрифугах и гидроциклонах. *Гидроциклон* – аппарат, предназначенный для сгущения шламов и продуктов флотации, осветления оборотных вод. Принцип действия гидроциклонов основан на сепарации частиц твердой фазы во вращающемся потоке жидкости. Величина скорости сепарирования частицы в центробежном поле гидроциклона может превышать скорость осаждения эквивалентных частиц в поле гравитации в сотни раз. Влажность осадка после гидроциклона составляет 55–60 %. Под действием центробежной силы, возникающей во вращающемся потоке, происходит более интенсивное отделение взвешенных частиц от потока воды. Гидроциклоны бывают низконапорные (открытые) и высоконапорные (закрытые).

Фильтрование используется для очистки сточных вод от мелкодисперсных примесей. Часто используются зернистые фильтры, в которых в качестве фильтровального материала используются кварцевый песок, дробленый шлак, гравий, антрацит и др. *Микрофильтры* – это барабанные сита, но с меньшим размером ячеек (0,02–0,04 мм). Они задерживают до 75 % диатомовых и до 95 % сине-зеленых водорослей, а также до 100 % зоопланктона.

¹*Центрифуга* – устройство, служащее для разделения жидкостей различного удельного веса и отделения жидкостей от твердых тел путем использования центробежной силы. При вращении в центрифуге частицы с наибольшим удельным весом располагаются на периферии, а частицы с меньшим удельным весом ближе к оси вращения. Влажность осадка после центрифуги составляет 65–75 %.

Физико-химические методы очистки используют для очистки от растворенных примесей (солей тяжелых металлов, цианидов, фторидов и др.), а в некоторых случаях и от взвешенных веществ. Физико-химическая очистка состоит в добавлении к сточным водам химических реагентов, вступающих в реакцию с загрязняющими веществами и способствующих выпадению нерастворимых и частично растворимых веществ. В качестве адсорбентов применяются естественные материалы (глина, торф) и искусственные (активированный уголь). Многие методы физико-химической очистки требуют предварительного глубокого выделения из сточной воды взвешенных веществ. Из физико-химических методов наиболее распространены флотация, коагуляция, реагентный метод, ионообменная очистка и др.

Метод флотации заключается в обволакивании частиц примесей мелкими пузырьками воздуха, подаваемого в сточную воду, и поднятии их на поверхность, где образуется слой пены. В зависимости от способа образования пузырьков различают флотации: пневматическую, напорную, химическую, электрофлотацию и др. Флотация осуществляется во флотационных камерах. В настоящее время на станциях очистки широко используют напорную флотацию и электрофлотацию.

Метод напорной флотации применяется для удаления взвешенных веществ, эмульгированных нефтепродуктов и т. д. В напорной флотационной установке используется технология флотации растворенным воздухом. Нагнетая обычный воздух под давлением в напорную емкость с водой, система при сбросе давления генерирует микроскопические пузырьки, которые обладают большой степенью адгезии к суспензированным в воде веществам. Пузырьки поднимают загрязнения, находящиеся в воде, на поверхность, откуда они удаляются пеносборным механизмом механическим способом. При этом может быть удалено до 99,5 % взвешенных веществ как органического, так и неорганического происхождения.

Метод химической флотации основан на обработке сточной воды реагентами. В результате химических реакций образуются пузырьки газа (кислород, углекислый газ и др.), которые флотируют примеси из воды.

Метод электрофлотации заключается в образовании мелкодисперсных пузырьков газа (водорода и кислорода) при пропускании постоянного электрического тока через водный раствор. Данный метод может использоваться для очистки сточных вод от загрязнений в виде взвесей (гидроксиды и фосфаты металлов), суспензий (смолистые вещества) и эмульсий (нефтепродукты, масла, поверхностно-активные вещества).

Коагуляция – физико-химический процесс укрупнения мельчайших коллоидных и дисперсированных частиц под действием сил молекулярного притяжения. В результате коагулирования устраняется мутность воды. В качестве коагулянтов применяют алюминий в соединении с хлоридом железа или сульфатом железа. Коагуляция осуществляется посредством перемешивания воды с коагулянтами в камерах, откуда вода направляется в отстойники, где хлопья отделяются отстаиванием. Необходимые для

коагулирования ионы алюминия и железа иногда получают электрохимическим путем. Для этого используются емкости – электрокоагуляторы, в которых размещены электроды из алюминия или стали. Образующиеся в процессе анодного растворения металла ионы алюминия или железа осуществляют процесс коагуляции.

Сорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки от растворенных органических и неорганических веществ, которая позволяет использовать очищенные сточные воды в системе оборотного водоснабжения промышленных предприятий. Среди сорбционных методов выделяют *адсорбцию* растворенных веществ – как результат перехода молекулы растворенного вещества из раствора на поверхность твердого сорбента под действием силового поля поверхности. *Абсорбция* характеризуется поглощением вещества из раствора или смеси газов во всем объеме тела. Сорбция, сопровождающаяся химическим взаимодействием сорбента с поглощаемым веществом, называется *хемосорбцией*.

Эвапорация – физико-химический метод очистки производственных сточных вод с помощью водяного пара. Эвапорационная очистка производится путем пропускания через нагретую приблизительно до 100 °С сточную воду насыщенного водяного пара. Проходя через воду, пар увлекает загрязняющие ее летучие вещества, после чего очищается от них при прохождении через также нагретое приблизительно до 100 °С вещество-поглотитель и поступает для повторного использования. Устройства для очистки данным способом называются эвапорационными колоннами и состоят из двух основных частей – эвапорационной и поглотительной. Основными преимуществами этого способа очистки являются относительная простота при высоких технико-экономических показателях и отсутствие добавочного загрязнения в виде реагентов, остающихся в воде.

Химические методы очистки воды. *Реагентный метод* заключается в обработке сточных вод химическими веществами-реагентами, которые, вступая в химическую реакцию с растворенными токсичными примесями образуют нетоксичные или нерастворимые соединения. Затем они могут быть удалены одним из выше описанных методов удаления взвеси и осветления воды. Реагентный метод применяется для очистки сточных вод от солей металла, цианидов, хрома, фторидов и т. д. Например, для удаления цианидов используют окислители, содержащие активный хлор: хлорная известь, гипохлориты кальция или натрия, хлорная вода. Для очистки от хрома применяют натриевые соли сернистой кислоты (Na_2SO_3 , NaHSO_3), гидросульфит $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ и др.

Разновидностью реагентного метода является процесс нейтрализации. *Нейтрализация* – это химический метод очистки промышленных сточных вод, основанный на реакции нейтрализации. Это реакция между кислотой и щелочью, в результате которой образуются соли металлов и вода. Таким образом, для осуществления этого метода очистки в сток добавляют жидкость или реагенты с необходимым значением pH. Нейтрализация кислых сточных

вод осуществляется добавлением растворимых в воде щелочных реагентов (оксида кальция, гидроксида натрия, магнезия и др.), нейтрализация щелочных стоков – добавлением минеральных кислот (серной, соляной и др.). Сбросы сточных вод в системе канализации населенных пунктов в водные объекты допустимы только в случаях, если имеют рН, равный 6,5–8,5. В том случае, если рН сточных вод соответствует кислой (рН < 6,5) или щелочной (рН > 8,5) среде, то сточные воды подлежат нейтрализации.

Ионообменная очистка сточных вод заключается в пропускании их через ионообменные смолы, которые подразделяются на катионовые, имеющие подвижные и способные к обмену катионы (чаще водорода H^+), и анионитовые, имеющие подвижные и способные к обмену анионы (чаще гидроксильную группу OH^-). При прохождении сточной воды через смолы подвижные ионы смолы заменяются на ионы соответствующего знака токсичных примесей. Например, катион тяжелого металла заменяет катион водорода, а токсичный анион – соли металла – анион OH^- . Таким образом, происходит сорбирование токсичных ионов смолой. Регенерация (восстановление сорбирующей способности при насыщении смолы токсичными ионами) осуществляется кислотой (катионовая смола) или щелочью (анионитовая смола). При этом токсичные ионы замещаются соответствующими катионами или анионами (H^+ , OH^-), а токсичные примеси выделяются в концентрированном виде как щелочные или кислые стоки, которые взаимно нейтрализуются и подвергаются реагентной очистке или утилизации.

Сточные воды, прошедшие механическую и физико-химическую очистку, содержат еще достаточно большое количество растворенных и тонко диспергированных нефтепродуктов, а также других органических загрязнений и не могут быть выпущены в водоем без дальнейшей очистки с использованием биологических методов.

Биологическая очистка сточных вод происходит благодаря жизнедеятельности микроорганизмов, способных окислять органические вещества. Основой развития этого метода является естественная очистка рек и водоемов населяющей их микрофлорой. Таким образом, стоки освобождаются от органического азота и фосфора. Биологическая очистка бывает аэробная и анаэробная.

Аэробная очистка сточных вод осуществляется при помощи аэробных бактерий, для жизнедеятельности которых нужен кислород. При такой очистке применяются биофильтры и аэротенки с активным илом. Аэротенки имеют высокую степень очистки и более эффективны, чем биофильтры для очистки сточных вод. В аэротенках производится аэрация воды и ее глубокая биологическая очистка. Кроме того, в результате образуется активный ил, являющийся хорошим удобрением.

Анаэробная очистка сточных вод осуществляется без доступа кислорода. При воздействии анаэробных бактерий происходит процесс брожения и преобразование органики в метан и углекислый газ. Для этого метода

используются метатенки. Анаэробная очистка требует меньших расходов, чем аэробная, т. к. при этом не нужна аэрация.

Задачей биологической очистки является превращение органических загрязнений в безвредные продукты окисления – H_2O , CO_2 , NO_3^- и др. Процесс биохимического разрушения органических загрязнений в очистных сооружениях происходит под воздействием комплекса бактерий и простейших микроорганизмов, развивающихся в данном сооружении. Для правильного использования микроорганизмов при биологической очистке необходимо знать физиологию микроорганизмов, т. е. физиологию процесса питания, дыхания, роста и их развития. Всякий живой организм отличается от неживого наличием обмена веществ, в процессе которого происходит усвоение питательных веществ и выделение продуктов жизнедеятельности. Основными процессами обмена веществ являются питание и дыхание. Биохимическая очистка производственных сточных вод производится в аэрофильтрах (биофильтры), аэротенках и биологических прудах. *Биофильтры* представляют собой железобетонные или кирпичные резервуары, заполненные фильтрующим материалом, который укладывается на дырчатое дно и орошается сточными водами. Для загрузки биофильтров применяют шлак, щебень, пластмассу и др. Очистка сточных вод в биофильтрах происходит под воздействием микроорганизмов, заселяющих поверхность загрузки и образующих биологическую пленку. При контакте сточной жидкости с этой пленкой микроорганизмы извлекают из воды органические вещества, в результате чего сточная вода очищается. *Аэротенки* представляют собой железобетонные резервуары длиной 30–100 м и более, шириной 3–10 м и глубиной 3–5 м с системой коридоров, через которые медленно протекают сточные воды. Очистка сточных вод в аэротенках происходит под воздействием скоплений микроорганизмов (активного ила). Для нормальной их жизнедеятельности в аэротенки подают воздух и питательные вещества. Процесс биологической очистки сточных вод в аэротенке состоит из следующих стадий: сорбция загрязнений активным илом, внутриклеточное окисление сорбированных загрязнений, разделение активного ила и очищенной воды.

В естественных условиях для биологической очистки сточных вод используют биологические пруды и поля орошения или поля фильтрации. *Биологические пруды* – это неглубокие земляные резервуары, обычно до 1 м, в которых происходят те же процессы, что и при самоочищении водоемов. Они применяются в качестве самостоятельных очистных сооружений при наличии естественных впадин в слабо дренирующих грунтах в районах со среднегодовой температурой воздуха более 10 °С. При этом должны быть приняты меры по предупреждению распространения болезнетворных бактерий и яиц гельминтов животными и водоплавающей птицей. Пруды требуют создания широких санитарно-защитных зон (200 м). Они располагаются на местности, имеющей уклон, и представляют собой каскад из 4-5 прудов, расположенных ступенчато, так что вода из верхнего пруда самотеком направляется в нижерасположенный. В биологических прудах необходимо

присутствие водных растений, которые оказывают благоприятное влияние на процесс очистки.

Поля фильтрации предназначены только для биологической доочистки сточных вод (рис. 3.2). На *полях орошения* одновременно с очисткой вод производится выращивание кормовых сельскохозяйственных культур или трав.



Рис. 3.2. Поля фильтрации

Дополнительные методы очистки воды. *Обеззараживание воды* – обработка воды с целью удаления из нее патогенных бактерий. Методы очистки воды обеспечивают обычно удаление лишь около 90–95 % содержащихся в воде бактерий. Поэтому на заключительном этапе (перед подачей воды потребителю) требуется очистка воды, которая позволяет довести ее бактериальный состав до нормативных показателей (общее количество бактерий в 1 мл неразбавленной воды должно быть не более 100; количество бактерий группы кишечной палочки, определяемое по специальной методике (так называемый *коли-индекс*), в 1 л воды должно быть не более 3 и т. д.). Среди наиболее распространенных методов обеззараживания воды выделяют обработку ультразвуком, УФ-излучением, импульсным электрическим разрядом, радиоактивным излучением и т. д. В качестве окислителей чаще всего применяют хлор (*хлорирование*), озон (*озонирование*), хлорид натрия.

Озонирование. Озон обладает высокой окислительной способностью и при нормальной температуре разрушает многие органические вещества, находящиеся в воде. При этом процессе возможно одновременное окисление примесей, обесцвечивание, дезодорация, обеззараживание сточной воды и насыщение ее кислородом. Преимуществом этого метода является отсутствие химических реагентов при очистке сточных вод. Растворимость озона в воде зависит от рН и количества примесей в воде. При наличии в воде кислот и солей растворимость озона увеличивается, а при наличии щелочей – уменьшается. Озон самопроизвольно диссоциирует на воздухе и в водном растворе, превращаясь в кислород. В водном растворе озон диссоциирует быстрее. С ростом температуры и рН скорость распада озона резко возрастает. Озон можно получить разными методами, но наиболее экономичным является пропускание воздуха или кислорода через электрический разряд высокого напряжения (5000–25 000 В) в генераторе озона (озонаторе), который состоит из двух электродов, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга.

Перспективность применения озонирования как окислительного метода обусловлена также тем, что оно не приводит к увеличению солевого состава очищаемых сточных вод, не загрязняет воду продуктами реакции, а сам процесс легко поддается полной автоматизации.

Дезинфекция ультрафиолетовым облучением – более эффективный и безопасный метод по сравнению с хлорированием, т. к. при этом не образуется вредных токсических веществ. Ультрафиолетовое излучение губительно действует на практически все микроорганизмы и эффективно уничтожает возбудителей холеры, дизентерии, тифа, вирусного гепатита, полиомиелита и других болезней.

Хлорирование основано на способности активного хлора губительно воздействовать на микроорганизмы. Существенным недостатком данного метода является образование хлорсодержащих токсинов и канцерогенных веществ.

В отдельную группу высокотехнологичных методов очистки сточных вод выделяют *мембранные методы*, основанные на использовании специальных полупроницаемых селективных мембран, отделяющих фильтрат от очищаемого раствора. Определенные компоненты жидкости проходят через перегородку, в то время как остальные соединения остаются по другую сторону мембраны.

Широкое применение получили мембраны на основе различных полимеров: ацетата целлюлозы, поливинилхлорида, полистирола, полиамидов и др. Мембраны готовят из полимерных пленок, пористого стекла, керамики, металлической фольги, ионообменных материалов. Также мембраны должны обладать высокой проницаемостью (удельной производительностью), хорошей селективностью (разделяющей способностью), стойкостью к действию среды, постоянством характеристик, достаточной механической прочностью.

В технологии мембранной очистки сточных вод от растворенных и тонкодиспергированных примесей чаще всего используют процессы микрофльтрации, ультрафльтрации, нанофльтрации, обратного осмоса и электродиализа, эффективность которых зависит от свойств мембран.

В основе этих процессов лежит явление осмоса – самопроизвольного перехода растворителя (воды) в раствор через полупроницаемую мембрану. Наложение давления на систему, где мембрана разделяет два раствора, создает поле сил, порождающих потоки через мембрану (фльтрацию).

Микрофльтрация – процесс мембранного разделения коллоидных растворов и взвесей под действием давления при использовании мембран с симметричной микропористой структурой (размеры пор от 0,1 до 10 мкм) Микрофльтрация является переходным звеном от обычного фильтрования к мембранным методам. В процессе *ультрафльтрации* происходит очистка воды от взвешенных частиц, крупных органических макромолекул, коллоидных растворов. Размер пор ультрафльтрационных мембран составляет 0,01–0,1 мкм. От обычного фильтрования ультрафльтрация отличается отделением частиц меньших размеров и размером пор мембраны. В результате этого процесса получают более концентрированный лиозоль (суспензию), а не осадок, который образуется при обычном фильтровании. *Нанофльтрация*

обеспечивает удаление из воды молекул размером 0,01–0,001 мкм, молекул органических веществ и вирусов. Селективность при очистке воды от тяжелых металлов и солей жесткости составляет 97 %. В процессах нанофильтрации разделение происходит на молекулярном уровне. На разделение оказывают влияние адсорбция, гидравлическое сопротивление, осмотический эффект.

Явление задержки растворенных молекул и ионов электролита при фильтрации через мембрану называется *гиперфильтрацией*, или *обратным осмосом* (поскольку давление направлено навстречу возникающему осмотическому потоку). При обратном осмосе отделяются частицы (молекулы, гидратированные ионы), размеры которых не превышают размеров молекул растворителя, при этом мембраной задерживаются как высокомолекулярные вещества, так и большая часть низкомолекулярных веществ, а проходит через поры мембраны только почти чистый растворитель. Обратный осмос принципиально отличается от обычного фильтрования. Если при обычном фильтровании образуется поток фильтрата в виде очищенного раствора (воды) и осадок откладывается на фильтровальной перегородке, то при обратном осмосе образуются два раствора, один из которых обогащен растворенным веществом.

При *электродиализе* переход через мембрану осуществляется под действием электрического поля.

Таким образом, среди основных направлений работы по охране водных ресурсов следует осуществлять внедрение новых технологических процессов производства, переход на замкнутые (бессточные) циклы водоснабжения, где очищенные сточные воды не сбрасываются, а многократно используются в технологических процессах. Замкнутые циклы промышленного водоснабжения дадут возможность полностью ликвидировать сбрасывание сточных вод в поверхностные водоемы, а свежую воду использовать для пополнения безвозвратных потерь.

3.1. Анализ химического состава природных вод

Методические указания к выполнению работы

Химический состав природных вод определяется растворенными в ней солями, газами и наличием коллоидных частиц минерального и органического происхождения.

По классификации природных вод [5], основанной на принципе деления по преобладающим анионам и катионам, все природные воды делятся на три класса: *гидрокарбонатные* (и *карбонатные*), *сульфатные* и *хлоридные*. Каждый класс по преобладающему катиону подразделяется на три группы: *кальциевую*, *магниевую* и *натриевую*. Химический состав природных вод по данной классификации подразделяется на пять групп:

1) *главные ионы*, которые содержатся в наибольшем количестве (натрий Na^+ , калий K^+ , магний Mg^{2+} , кальций Ca^{2+} , сульфаты SO_4^{2-} , карбонаты CO_3^{2-} , гидрокарбонаты HCO_3^- , хлориды Cl^-);

2) *растворенные газы* (азот N_2 , кислород O_2 , диоксид углерода CO_2 , сероводород H_2S и др.);

3) *биогенные элементы* (соединения фосфора и азота);

4) *органические вещества*;

5) *микроэлементы* (соединения всех остальных химических элементов).

Под влиянием климатических и других условий химический состав природных вод изменяется и приобретает характерные черты, иногда специфические для различных видов природных вод (атмосферные осадки, реки, озера, подземные воды).

Различные компоненты химического состава оказывают определенное влияние на вкусовые качества воды. Например, при значительном содержании углекислого газа вода имеет кислый вкус, ионов хлора – соленый, сульфатов – горьковатый. Гидрокарбонатные ионы придают воде приятный освежающий вкус, соединения железа – вяжущий, гуминовые соединения – сладковатый привкус и затхлый запах. Несмотря на субъективность оценки, по вкусу во многих случаях можно судить о химическом составе воды и преобладающих в ней ионах.

В формировании химического состава природных вод участвуют определенные компоненты, которые поступают:

– из атмосферных, поверхностных и подземных вод;

– вмещающих горных пород при их взаимодействии с водой в результате:

а) обменных реакций; б) реакций выщелачивания; в) реакций растворения; г) микробиологических процессов;

– недр Земли (в виде газов или растворов);

– в результате хозяйственной деятельности человека.

Главных ионов, от содержания которых зависит качество воды, семь: четыре катиона – Na^{1+} , K^{1+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} и три аниона – Cl^{1-} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-} . Остальные ионы в незагрязненных природных водах содержатся, как правило, в подчиненных количествах.

При сокращенном химическом анализе воды натрия и калия определяют совместно как сумму двух катионов ($Na^{1+} + K^{1+}$). При этом калия в воде по сравнению с натрием очень мало.

Содержание ионов в растворе может быть выражено в весовых единицах – количеством миллиграммов в литре (мг/л) или в единицах количественных – количеством миллиграмм-эквивалентов в литре (мг-экв/л), а также в процент-эквивалентной форме (%-экв).

Природная вода представляет собой слабый раствор. Суммарное содержание в воде растворенных неорганических веществ (концентрация солей) выражают либо в виде минерализации M (мг/л, г/л), либо в виде солености S (г/кг, ‰).

По содержанию солей природные воды подразделяют на четыре группы: пресные – менее 1 ‰, солоноватые – 1–25 ‰, соленые – 25–50 ‰, высокосоленые (рассолы) – свыше 50 ‰.

Определение минерализации или солености проводят по плотному остатку. Плотный остаток определяют путем выпаривания определенного количества профильтрованной воды и высушивания остатка при 105 °С до постоянного веса. Вес остатка измеряют в граммах и определяют с точностью до четвертого знака после запятой. Количество взятой для выпаривания воды измеряют либо в миллилитрах, либо в граммах.

Если количество воды выражено в миллилитрах, то концентрацию солей в воде называют *минерализацией* и определяют по следующей формуле:

$$M \text{ (г/л)} = 1000 \cdot \text{вес остатка/объем воды.} \quad (3.1)$$

Если количество воды выражено в граммах, то концентрацию солей в воде называют *соленостью* и определяют по следующей формуле:

$$S \text{ (г/кг, ‰)} = 1000 \cdot \text{вес остатка/вес воды.} \quad (3.2)$$

Примечание. 1 промилле (‰) – единица измерения, равная 1 части на 1 000 частей. В случае солености 1 промилле численно равен 1 грамму соли в 1 кг (1 000 г) природной воды.

Минерализацию можно определить и по химическому составу природной воды. В этом случае минерализацию определяют как сумму всех ионов в одном литре воды.

Для обычных расчетов можно пренебречь различием между минерализацией и соленостью пресных, солоноватых и соленых природных вод однако для высокосолёных вод из-за возникновения достаточно большой ошибки этого делать уже нельзя.

В природной воде в виде растворимых углекислых, двууглекислых, хлоридных и сернокислых солей присутствуют кальций и магний, что придает этой воде особые свойства. Совокупность свойств воды, обусловленных содержанием в ней этих щелочноземельных элементов, называется *жесткостью* воды.

Жесткость воды бывает временная, постоянная и общая.

Временная жесткость воды (устраняемая, карбонатная) ($J_{вр}$) обуславливается содержанием бикарбонатов. При нагревании или кипячении воды бикарбонаты переходят в нерастворимые карбонаты, при этом жесткая вода умягчается. Обычно карбонатная жесткость составляет 70–80 % от общей жесткости.

Постоянная жесткость воды (некарбонатная) ($J_{п}$) обуславливается содержанием сульфатов, хлоридов и других (кроме бикарбонатов) солей кальция и магния. При нагревании или кипячении воды они остаются в растворе.

Общая жесткость воды (J) определяется как суммарное содержание в воде солей кальция и магния, выражается как сумма карбонатной и некарбонатной жесткости: $J = J_{п} + J_{вр}$.

Градус жесткости соответствует концентрации щелочноземельного элемента, численно равной 1/2 его моля, выраженной в мг/дм³ (г/м³). Жесткость

воды выражается в градусах жесткости (°Ж). Численные значения жесткости, измеренные в мг-экв/л, моль/м³ и °Ж, несмотря на различия в обозначении равны между собой.

В зависимости от содержания ионов кальция и магния природная вода может быть: мягкой – общая жесткость менее 3,5 °Ж; средней жесткости – 3,5–7 °Ж; жесткой – 7–14 °Ж; очень жесткой – более 14 °Ж.

Очень важный показатель природной воды – это ее активная кислотность, или водородный показатель (рН).

По водородному показателю все природные воды делятся на следующие: нейтральные (рН равен 6,5–7,5); слабощелочные (рН равен 7,5–8,5); щелочные (рН равен 8,5–9,5); сильнощелочные (рН > 9,5); слабокислые (рН равен 5,5–6,5); кислые (рН равен 3–5), сильнокислые (рН < 3).

Питьевая вода имеет нейтральную или слабощелочную реакцию.

Приведенная выше классификация природных вод по их минерализации не учитывает особенностей содержания отдельных ионов. В природной же воде могут быть абсолютно разные ионы, однако наибольшая доля среди них приходится на небольшую группу ионов: *анионы*: HCO_3^- – гидрокарбонат; SO_4^{2-} – сульфат, Cl^- – хлорид; *катионы*: Ca^{2+} – кальций, Mg^{2+} – магний, Na^+ – натрий и K^+ – калий.

Для определения степени преобладания того или иного иона, а следовательно, и отнесения воды к тем или иным классам и группам, содержание всех ионов должно быть сначала выражено в мг-экв/л, а затем преобразовано в процентное содержание от суммы катионов или анионов в зависимости от того, какой ион рассматривается. При определении класса и группы воды пользуются следующим правилом: *учитывают лишь те ионы, содержание которых не менее 25 %, причем сначала указываются те из них, которых меньше.*

В случае выражения химического состава в мг/л для его перевода в мг-экв/л необходимо количество мг/л иона разделить на его эквивалентную массу (мг).

Эквивалентная масса катионов: Ca^{2+} – 20,0; Mg^{2+} – 12,15; Na^+ – 23,0. Эквивалентная масса анионов: CO_3^{2-} – 30,0; HCO_3^- – 61,0; SO_4^{2-} – 48,0; Cl^- – 35,5.

Теоретически сумма всех миллиграмм-эквивалентов катионов должна быть равна сумме всех миллиграмм-эквивалентов анионов. Однако на практике часто эти суммы не совпадают. Оно может быть либо в пределах ошибки (5 %) опыта, либо следствием неполного химического анализа, либо результатом технической ошибки. В первом случае предпринимать каких-либо дополнительных действий не требуется, в остальных случаях необходимо либо проверить расчеты, либо искать дополнительные ионы.

При описании химического состава воды чаще всего показывают содержание в ней отдельных ионов в мг/л. Однако при таком способе отображения химического состава, прежде чем сформулировать полное название воды, необходимо проведение расчетов, что не всегда удобно.

Для более наглядного изображения химического состава природных вод удобно применять *формулу Курлова*, которая дает обобщенную характеристику химического состава единичного анализа воды. В этой формуле, выражаемой в виде псевдодробей, в числителе в убывающем порядке пишут долю (%)

миллиграмм-эквивалентов аниона с его символом, в знаменателе – аналогичным способом – катионы. Впереди дроби указывают минерализацию в г/л, рН, общую жесткость в градусах жесткости (°Ж) и при необходимости компоненты, придающие воде специфические свойства (содержание газов, микроэлементов, биогенных и органических веществ, радиоактивность и т. д.). Для подземных вод после дроби указывают температуру (°С) и дебит (D) воды (м³/сут).

Рассмотрим пример выполнения задания, в котором следует выразить химический состав воды в виде формулы Курлова и дать характеристику природной воде, используя данные по химическому составу воды для выполнения вариантов заданий из табл. 3.1.

Таблица 3.1

Данные по химическому составу воды (мг/л)
для выполнения вариантов заданий

Номер варианта	рН	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
1	7,2	93	10	6	6	83	238
2	7,5	76	143	37	17	25	890
3	7,4	88,2	29,1	21,4	14,2	79,0	346,0
4	7,5	152,3	121,2	630,0	553,0	915,6	629,7
5	7,2	3,4	3,0	3,017	1,9	1,11	26,56
6	7,9	381,0	122	1402	815	1637	2245
7	9,2	0,5	1,5	103,9	5,0	0,98	160,0
8	8,8	44,0	32,7	221,5	17,0	64,6	683,4

Ход работы:

1. Определяем минерализацию воды (M). Для этого суммируем все числа в первой строке в столбцах 4–9 (табл. 3.2):

$$79 + 37 + 35 + 12 + 66 + 418 = 647.$$

$$\text{Отсюда } M = 647 \text{ мг/л} = 0,647 \text{ г/л} = 0,647 \text{ ‰}.$$

Таблица 3.2

Характеристика химического состава природной воды

Номер строки	Единица измерения	рН	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	мг/л	6,92	79	37	35	12	66	418
2	мг-экв/л		3,95	3,04	1,52	0,34	1,37	6,85
3	мг-экв/л		8,51			8,56		
4	%		46	36	18	4	16	80

Следовательно, согласно классификации природных вод по минерализации, вода пресная.

2. Определяем активную кислотность воды. Вода имеет рН, равный 6,92 (первая строка, столбец 3 (см. табл. 3.2)), следовательно, вода нейтральная.

3. Преобразуем химический состав воды из мг/л в мг-экв/л, для этого содержание каждого иона, выраженного в мг/л (строка 1 (см. табл. 3.2)), делим на

его эквивалентную массу. Результаты деления показаны в соответствующих столбцах строки 2 (см. табл. 3.2).

4. Определяем жесткость воды (Ж). Для этого суммируем содержимое столбцов 4 и 5 строки 2 (см. табл. 3.2):

$$3,95 + 3,04 = 6,99.$$

$$Ж = 6,99 \text{ мг-экв/л} = 6,99 \text{ }^\circ\text{Ж}.$$

Следовательно, вода средней жесткости.

5. Определяем сумму катионов и анионов. Результаты показаны в строке 3 (см. табл. 3.2). Сумма катионов не совпадает с суммой анионов.

6. Оцениваем величину расхождения между этими суммами. Из большего числа вычитаем меньшее, делим на большее и умножаем на 100:

$$(8,56 - 8,51) / 8,56 \cdot 100 = 0,6.$$

Полученное расхождение (0,6 %) значительно ниже допустимого (5 %), т. е. находится в пределах ошибки опыта, и каких-либо дополнительных мер предпринимать не требуется.

7. Определяем долю (%) каждого катиона (k^+) в сумме катионов и каждого аниона (a^+) в сумме анионов по следующим формулам: $k^+(\text{доли, \%}) = k^+ / \sum k^+$ и $a^+(\text{доли, \%}) = a^+ / \sum a^+$. Результаты показаны в строке 4 (см. табл. 3.2).

8. Определяем класс воды. Из всех анионов только на долю гидрокарбоната приходится более 25 %, следовательно, вода относится к гидрокарбонатному классу.

9. Определяем группу воды. В сумме катионов более 25 % приходится и на кальций, и на магний, но магния меньше (36 %), чем кальция (46 %), следовательно, вода относится к магниевно-кальциевому классу.

10. Составляем формулу Курлова. Перед формулой последовательно указывают: минерализацию воды (М), кислотность воды (рН), общую жесткость воды ($^\circ\text{Ж}$), в числителе псевдодробь – анионы и их доли (%), в знаменателе – катионы и их доли (%):

$$0,647; 6,92; 6,99 \frac{80\text{HCO}_3^-; 16\text{SO}_4^{2-}; 4\text{Cl}^-}{46\text{Ca}^{2+}; 36\text{Mg}^{2+}; 18\text{Na}^+}.$$

11. Даем полное название воды: вода пресная, нейтральная, средней жесткости, гидрокарбонатная, магниевно-кальциевая.

3.2. Определение параметров поверхностного стока, поступающего от различных источников природного и техногенного характера

Методические указания к выполнению работы

Не все выпавшие атмосферные осадки и воды городского поливомоечного стока попадают в водный объект. Часть атмосферных осадков перехватывается верхними ярусами растительного покрова и не достигает земной поверхности. Попавшие на водосборную площадь осадки и поливомоечные воды стекают по склону местности в водный объект, по пути, задерживаясь в неровностях рельефа,

испаряются, просачиваются в почву и грунтовые воды. Оставшаяся часть поверхностных сточных вод составляет общий слой поверхностного стока.

Для учета потерь поверхностных сточных вод используется коэффициент стока (ψ). Для дождевых и снеговых сточных вод эта величина зависит от характеристик поверхности водосборной территории (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Коэффициент дождевого и снегового стока для различных городских территорий

Тип водосборной территории (город)	Величина коэффициента стока (ψ)	
	дождевой сток	снеговой сток
Застроенные территории	0,6	0,6
Незастроенные территории	0,3	0,6
Парки, гравийные покрытия	0,3	0,6
Водонепроницаемые поверхности	0,7	0,9
Грунтовые поверхности	0,2	0,6
Газоны, зеленые насаждения	0,1	0,2

Объем дождевых или снеговых сточных вод за год рассчитывается по следующим формулам:

$$W_d = 10 \cdot \Psi \cdot F \cdot H, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.3)$$

$$W_c = 10 \cdot \Psi \cdot F \cdot H, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.4)$$

где Ψ – коэффициент стока дождевых или снеговых (талых) вод;

F – площадь водосборной территории, га (при выполнении задания площадь водосборной территории определяется преподавателем);

H – количество осадков за теплый или холодный период года соответственно, мм.

Объем поливомоечных сточных вод за год определяется по формуле

$$W_{\text{пм}} = 10 \cdot \Psi_{\text{пм}} \cdot F_{\text{м}} \cdot m \cdot k, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.5)$$

где $\Psi_{\text{пм}}$ – коэффициент стока поливомоечных сточных вод;

$F_{\text{м}}$ – площадь обрабатываемых покрытий, км²;

m – расход воды на мойку единицы площади, л/м²;

k – количество моек в году.

Значения всех параметров, входящих в формулу для расчета $W_{\text{пм}}$, определяются в соответствии со следующими нормативами:

– на мойку 1 м² площади расходуется от 1,3 л воды;

– количество моек для условий города составляет 100 за год;

– площадь покрытий, нуждающихся в мойке, составляет 20 % от всей территории города;

– коэффициент стока поливомоечных сточных вод принимается равным 0,6.

Если на водосборной территории расположены большие парки или участки лесных массивов, проявляется эффект задержания части атмосферных осадков растительным покровом. В этом случае объем поверхностного стока уменьшается. Расчет количества задержанных атмосферных осадков производится по абсолютным нормам задержания (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Нормы задержания атмосферных осадков лесной растительностью

Вид растительности	Слой задержанных атмосферных осадков (H_3)												Итого в год, мм
	по месяцам, мм												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Хвойный лес	10	10	10	18	19	20	25	22	17	16	12	10	189
Лиственный лес	1	1	1	4	10	11	14	12	8	6	4	2	79

Слой выпавших атмосферных осадков корректируется на величину задержанных осадков с учетом соотношения площадей, занятых различными видами деревьев, и всей водосборной площади. Объем дождевых или снеговых (талых) сточных вод определяется в этом случае по следующим формулам:

$$W_{\text{хв}} = 10 \cdot \Psi \cdot F_{\text{хв}} \cdot H_3, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.6)$$

$$W_{\text{лист}} = 10 \cdot \Psi \cdot F_{\text{лист}} \cdot H_3, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.7)$$

где Ψ – коэффициент дождевого и снегового стока соответственно;
 $F_{\text{хв}}$ – площадь водосборной территории хвойного леса, км²;
 $F_{\text{лист}}$ – площадь водосборной территории лиственного леса, км²;
 H_3 – слои выпавших и задержанных осадков соответственно, мм.

Общий объем поверхностного стока $W_{\text{стока}}$ с водосборной территории за год определяется как сумма следующих составляющих:

$$W_{\text{стока}} = W_{\text{д}} + W_{\text{с}} + W_{\text{пм}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.8)$$

где $W_{\text{д}}$, $W_{\text{с}}$ и $W_{\text{пм}}$ – объемы дождевых, снеговых и поливомоечных сточных вод соответственно.

Суммарное значение годового выноса веществ с поверхностным стоком рассчитывается как

$$G = W_{\text{д}} \cdot C_{\text{д}} + W_{\text{с}} \cdot C_{\text{с}} + W_{\text{пм}} \cdot C_{\text{пм}}, \quad (3.9)$$

где $C_{\text{д}}$, $C_{\text{с}}$ и $C_{\text{пм}}$ – концентрации веществ в дождевых, снеговых и поливомоечных сточных водах соответственно, г/м³.

Рассмотрим пример выполнения задания, в котором следует рассчитать поверхностный сток дождевых и снеговых (талых) вод, поступающих от различных источников природного и техногенного характера, а также суммарный годовой вынос загрязняющих веществ с городской территории (тип

водосборной территории определяется преподавателем). Кроме того, самостоятельно для каждого из вариантов заданий расчет производить для двух разных типов водосборной территории.

Ход работы:

1. Рассчитать объемы поверхностного стока дождевых и снеговых (талых) вод для различных типов городской (водосборной) территории с учетом агрегатного состояния и количества осадков (табл. 3.5) и площади городской (водосборной) территории (табл. 3.6).

2. Рассчитать объем поливомоечных сточных вод для городской (водосборной) территории с заданной площадью.

3. Определить объем поверхностного стока дождевых и снеговых (талых) вод за год $W_{хв}$ и $W_{лист}$ с учетом задержания атмосферных осадков лесной растительностью.

4. Определить общий объем водного поверхностного стока $W_{стока}$ с городской (водосборной) территории за год.

5. По исходным данным о концентрации веществ (взвешенные вещества, нитраты, жиры) в сточных водах (табл. 3.7) определить суммарный годовой вынос этих веществ с поверхностным стоком на городской (водосборной) территории.

Таблица 3.5

Агрегатное состояние и количество осадков, выпадающих на территорию города

Вид осадков	Снег			Дождь						Снег		
	холодный			теплый						холодный		
Период года	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Количество, мм	45	50	52	63	55	53	56	46	35	39	38	40

Таблица 3.6

Данные по площади различных типов городской (водосборной) территории для выполнения вариантов заданий

Тип территории, км ²	Вариант задания														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Застроенные территории	85	56	63	55	113	41	96	215	125	312	96	70	55	33	96
Незастроенные территории	44	12	35	12	56	15	64	25	89	256	56	26	12	12	35
Парки, гравийные покрытия	2	2	10	2	23	2	8	16	4	52	5	4	2	1	1
Водонепроницаемые поверхности	12	22	18	22	78	25	52	23	55	186	22	56	22	16	56
Грунтовые поверхности	6	5	16	12	18	2	13	10	18	23	13	4	12	1	3
Газоны, зеленые насаждения	13	23	35	8	12	19	56	59	53	97	13	43	8	9	42
Хвойный лес	20	12	5	1	52	2	13	46	2	13	10	12	1	2	25
Лиственный лес	12	1	3	5	33	2	55	15	8	25	5	6	5	3	10

Таблица 3.7

Данные по концентрации загрязняющих веществ в сточных водах (мг/л)
для выполнения вариантов заданий

Вещество	Вариант задания														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Дождевые воды															
Взвешенные вещества	66	56	79	85	46	59	38	56	84	75	65	42	38	86	51
Нитраты	50	23	24	21	26	25	28	30	21	16	18	16	14	19	22
Жиры	2,0	1,8	1,4	1,5	2,5	1,9	1,9	3,6	2,5	1,4	1,0	0,5	0,9	0,6	0,9
Снеговые воды															
Взвешенные вещества	52	63	54	89	25	36	34	29	52	47	39	41	43	50	32
Нитраты	8	15	24	21	18	17	16	12	17	14	18	16	13	12	11
Жиры	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,2	0,8	0,9	0,4	0,6	0,4	0,7	0,2	0,5	0,3
Поливомоечные воды															
Взвешенные вещества	110	95	98	113	125	162	120	95	105	120	77	82	93	28	21
Нитраты	23	12	16	26	23	16	17	21	34	50	42	12	31	24	21
Жиры	2,2	1,6	2,8	2,5	2,1	0,4	0,9	2,6	3,6	3,4	2,9	3,5	1,8	2,6	2,4

3.3. Очистка воды методом фильтрования и методом адсорбции

Методические указания к выполнению работы

Оборудование: воронка стеклянная, колба коническая на 50 мл, палочка стеклянная, стакан на 50 мл – 2 шт., фильтр бумажный, штатив для пробирок.

Реактивы и материалы: уголь активированный; модельная вода, загрязненная нефтепродуктами или жиром (растительным маслом); модельная вода, загрязненная механическими примесями.

Ход работы:

1. Очистить воду фильтрованием.

Данный способ применяется для очистки воды от механических примесей. В качестве фильтров могут использоваться бумажный фильтр, вата, различные фильтрующие материалы. На рис. 3.3 представлена установка для фильтрования в лабораторных условиях.

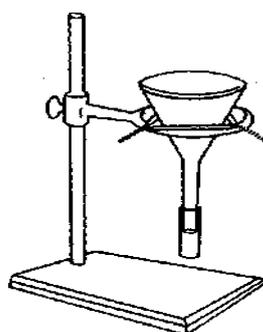


Рис. 3.3. Установка для очистки воды фильтрацией

Соберите установку, проведите фильтрование (для этого может быть использована вода, искусственно загрязненная, например, почвой).

2. Очистить воду адсорбционным методом.

Данный способ очистки воды используется в том случае, если вода загрязнена примесями жира или нефтепродуктов. В качестве адсорбента применяют активированный уголь. Для опыта используется установка, изображенная на рис. 3.4.

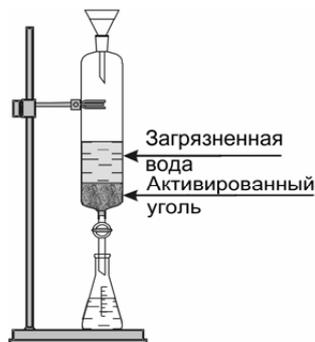


Рис. 3.4. Установка для очистки воды адсорбцией

Поместите в нижнюю часть делительной воронки ватный тампон, заполните ее верх ватного тампона на высоту 2-3 см активированным углем. Влейте загрязненную воду в делительную воронку при закрытом кране воронки. Откройте кран воронки настолько, чтобы вода вытекала тонкой струйкой. Какие изменения произошли с водой? Объясните наблюдаемое.

3. Заполнить таблицу по результатам проведенных опытов (табл. 3.8)

Таблица 3.8

Результаты проведенных опытов

Вода до отметки (внешний вид)	Способ очистки		
	фильтрование		адсорбция
	через бумажный фильтр	через вату	через активиро- ванный уголь
Мутная			
С механическими примесями – твердыми частицами			
С жирной пленкой			
С примесями нефтепродуктов			

4. Сделать вывод о сравнительной эффективности различных методов очистки воды в лабораторных условиях. В чем заключаются их преимущества и недостатки?

Вопросы для самоконтроля

1. Чем характеризуется химический состав природных вод? Что такое формула Курлова?
2. Как изменяется поверхностный сток дождевых и снеговых вод при наличии крупных лесных массивов?
3. Как рассчитывается суммарный годовой вынос загрязняющих веществ с поверхностным стоком дождевых и снеговых вод?
4. Дайте определение загрязнению воды. Перечислите вещества, вызывающие загрязнение и изменение физических и органолептических свойств воды.
5. Что такое очистка воды? Поясните.
6. Определите суть биологической очистки воды.
7. Дайте характеристику методам механической очистки воды. В чем заключаются достоинства и недостатки каждого метода?
8. В чем заключаются особенности физико-химической очистки воды? Каковы достоинства и недостатки методов этой группы?
9. В чем суть обеззараживания воды? Опишите достоинства и недостатки.
10. Какие из дополнительных методов по очистке воды от загрязнений уничтожают болезнетворные бактерии и вирусы?

Лабораторная работа №4

Анализ состояния окружающей среды с учетом антропогенного воздействия

Цель работы: на основе установленных нормативов качества определить комплексные показатели, используемые для оценки качества окружающей среды, и дать оценку уровня загрязнения окружающей среды (на примере городов Республики Беларусь).

Общие теоретические сведения

Под нормированием качества окружающей среды или выбросов вредных веществ понимается установление научно обоснованных пределов, в которых допускается изменение естественных свойств экосистем. В связи с этим для оценки уровня загрязнения окружающей среды в качестве критериев используют нормативы качества, которые установлены для компонентов окружающей среды. В качестве таких нормативов чаще всего выступают предельно допустимые концентрации (ПДК). Наиболее разработаны нормативы качества применительно к атмосферному воздуху и воде.

Нормативы качества атмосферного воздуха – это нормативы ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе или ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) и уровней вредных физических и иных воздействий на него, установленные в санитарных нормах и правилах. ПДК – максимальные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, не оказывающие ни прямого, ни косвенного вредного воздействия на организм человека, и не вызывающие отдаленные последствия для настоящего и будущих поколений. Нормативы ПДК разработаны для различных периодов осреднения: 20–30 мин (максимальная разовая ПДК), сутки (среднесуточная), год (среднегодовая). ОБУВ – временные ориентировочно безопасные концентрации веществ в атмосферном воздухе, установленные расчетным путем на основании известных токсикометрических параметров и физико-химических свойств.

Нормативы качества воды водного объекта – это установленные общезначимые, биологические, химические показатели качества и ПДК веществ в воде водного объекта, в пределах которых обеспечиваются условия водопользования в соответствии с видом водного объекта (рыбохозяйственный, хозяйственно-питьевой). Нормативы ПДК загрязняющих веществ в воде водного объекта – это установленные максимальные концентрации загрязняющих веществ в воде водного объекта определенного вида, при превышении которых вода непригодна для водопользования.

При отсутствии ПДК на основе расчетных и экспериментальных методов прогноза токсичности устанавливается временный норматив – ориентировочный допустимый уровень (ОДУ) воздействия химического вещества в воде водных объектов. Если в атмосферном воздухе, воде водных объектов одновременно

присутствуют сразу несколько загрязняющих веществ, то для оценки уровня загрязнения используют комплексные показатели.

4.1. Расчет комплексного показателя загрязнения атмосферы

Методические указания к выполнению работы

Для гигиенической оценки степени опасности загрязнения атмосферного воздуха при одновременном присутствии нескольких веществ применяют *комплексный показатель загрязнения (Р)*, который учитывает кратность превышения ПДК, класс опасности вещества, количество совместно присутствующих загрязнителей в атмосфере, характер комбинированного действия веществ. Следует учитывать, что показатель Р является условным вследствие того, что при длительном поступлении атмосферных загрязнений в организм человека характер их комбинированного действия в большинстве случаев остается неизвестным, хотя такое количественное его выражение максимально приближено к возможному биологическому воздействию.

Расчет Р производится по формуле

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{k_i \cdot C_i}{\text{ПДК}_i}}, \quad (4.1)$$

где Р – показатель, который учитывает кратность превышения ПДК;

n – количество загрязняющих веществ;

k_i – коэффициент изоэффективности, зависящий от класса опасности i-го вещества: для 1 класса – 2,0; для 2 класса – 1,5; для 3 класса – 1,0; для 4 класса – 0,8;

C_i – фактическая среднесуточная (среднегодовая) концентрация i-го вещества, мг/м³;

ПДК_i – среднесуточная (среднегодовая) ПДК i-го вещества, мг/м³.

Показатель Р имеет соответственно среднесуточную (среднегодовую) временную характеристику.

По значению суммарного показателя Р устанавливается степень опасности загрязнения атмосферы в зависимости от количества вредных веществ и величины Р (табл. 4.1) [15].

Таблица 4.1

Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха комплексом вредных химических веществ

Степень загрязнения атмосферного воздуха	Величина комплексного показателя Р при числе загрязнителей атмосферы			
	2–3	4–9	10–20	20 и более
I	До 1,0	До 1,9	До 3,1	До 4,4
II	1,1–2,0	2,0–3,0	3,2–4,0	4,5–5,0
III	2,1–4,0	3,1–6,0	4,1–8,0	5,1–10,0
IV	4,1–8,0	6,1–12,0	8,1–16,0	10,1–20,0
V	8,1 и выше	12,1 и выше	16,1 и выше	20,1 и выше

Фактическое загрязнение атмосферного воздуха населенных мест оценивается в зависимости от величины показателя Р по пяти степеням: I – допустимая, II – слабая, III – умеренная, IV – сильная, V – опасная.

Загрязнение I степени является безопасным для здоровья населения, при загрязнении II–V степени ожидаемые негативные эффекты возрастают с увеличением степени загрязнения атмосферы.

4.2. Расчет индекса загрязнения атмосферы

Методические указания к выполнению работы

Степень суммарного загрязнения атмосферного воздуха рядом веществ может оцениваться по индексу загрязнения атмосферы (ИЗА). Расчет ИЗА для приоритетных загрязняющих веществ производится по формуле

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (4.2)$$

где α_i – безразмерный коэффициент, учитывающий опасность i-го вещества, равный 1,5 для веществ 1-го класса опасности, 1,3 – 2-го класса, 1,0 – 3-го класса и с неустановленным классом, 0,85 – 4-го класса.

Уровень загрязнения атмосферы считается низким, если $\text{ИЗА} \leq 5$, повышенным – при $5 < \text{ИЗА} < 7$, высоким – при $7 \leq \text{ИЗА} < 14$ и очень высоким – при $\text{ИЗА} \geq 14$ [12].

Задание. Рассчитать ИЗА и комплексный показатель загрязнения (Р), дать оценку степени загрязнения атмосферного воздуха населенного пункта. Определить вклад (в процентах) отдельных загрязняющих веществ в ИЗА. Средние годовые концентрации основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Республики Беларусь и значения нормативов ПДК приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Средние годовые концентрации основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Республики Беларусь

Вариант задания	Город	Твердые частицы	Оксид углерода	Диоксид азота	Сероводород	Фенол	Формальдегид	Аммиак	Свинец		
										Норматив ПДК, мг/м ³	
		150	3000	100	3,2	7,0	12,0	80	0,3		
		3	4	2	2	2	2	4	1		
		Класс опасности									
		Средние годовые концентрации основных загрязняющих веществ, мг/м ³									
1	Бобруйск	21	799	27	-	2,1	8,5	-	0,075		
2	Брест	23	800	29	-	-	12,4	-	0,054		
3	Витебск	97	1042	40	-	1,8	13,5	20	0,064		
4	Гомель	61	436	20	-	1,5	11,1	18	0,070		
5	Гродно	53	1672	33	-	-	5,7	27	0,066		
6	Жлобин	82	397	10	-	-	4,8	-	0,079		
7	Минск	19	586	33	-	0,4	7,8	36	0,050		
8	Могилев	43	972	57	1,1	2,7	7,6	48	0,034		
9	Мозырь	72	545	18	0,2	-	9,2	-	0,088		
10	Новогрудок	40	1271	41	-	-	2,5	-	0,048		
11	Новополоцк	21	875	37	1,7	0,7	5,5	5	0,028		
12	Пинск	59	577	18	-	-	11,7	-	0,080		
13	Полоцк	31	682	43	1,6	0,7	6,6	25	0,026		
14	Речица	175	665	33	-	2,1	8,5	21	0,080		
15	Светлогорск	36	829	46	-	-	6,7	-	0,069		

4.3. Расчет индекса загрязненности вод

Методические указания к выполнению работы

Важной характеристикой качества вод водного объекта является индекс загрязнения вод (ИЗВ). Расчет ИЗВ производится по среднегодовым концентрациям ингредиентов, вносящих наибольший вклад в загрязнение рассматриваемого водного объекта. Рассчитывается ИЗВ по следующей формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}}{n}, \quad (4.3)$$

где ПДК_i – ПДК i -го вещества для вод водного объекта конкретного вида водопользования (рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового), мг/л.

C_i – фактическая среднесуточная (среднегодовая) концентрация i -го вещества, мг/м³;

n – количество показателей, участвующих в расчете.

В Республике Беларусь при расчете ИЗВ обычно учитываются шесть показателей качества воды, чаще всего следующие: содержание растворенного кислорода, легко окисляемых органических веществ (по БПК₅), азота аммонийного, азота нитритного, фосфора фосфатов и нефтепродуктов. В зависимости от величины ИЗВ определяют характеристику и класс качества воды по табл. 4.3 [13, 14].

Таблица 4.3

Классификация качества поверхностных вод

Величина ИЗВ	Характеристика качества воды	Класс качества воды
Менее или равно 0,3	Чистая	I
Более 0,3–1,0	Относительно чистая	II
Более 1,0–2,5	Умеренно загрязненная	III
Более 2,5–4,0	Загрязненная	IV
Более 4,0–6,0	Грязная	V
Более 6,0–10,0	Очень грязная	VI
Более 10,0	Чрезвычайно грязная	VII

Задание. Рассчитать ИЗВ для водного объекта в соответствии с вариантом задания исходных данных (табл. 4.4) по шести показателям, вносящим наибольший вклад в загрязнение воды. Охарактеризовать качество воды в водном объекте. Сделать вывод о том, какой вид загрязнения (загрязняющие вещества органической природы – БПК, биогенные – азот и фосфор, тяжелые металлы и т. п.) является преобладающим.

Таблица 4.4

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в пробах воды водных объектов

Вариант задания	Водный объект	БПК ₅	Азот			Фосфаты	Железо общее	Медь	Марганец	Цинк	Никель	Нефте-продукты	СПАВ
			аммоний-ный	нитри-ный	нитрат-ный								
		3,0	0,39	0,024	9,03	0,066	0,1	0,001	0,01	0,01	0,01	0,05	0,1
Норматив ПДК, мг/дм³													
Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ, мг/дм³													
1	р. Западная Березина (н. п. Березовцы)	2,2	0,180	0,017	0,68	0,008	0,27	0,002	0,08	0,007	0	0,019	0,02
2	р. Илия (н. п. Илия)	1,8	0,534	0,025	0,97	0,022	0,72	0,003	0,09	0,012	0,001	0,024	0,03
3	р. Неман (н. п. Николаевщина)	1,4	0,336	0,018	1,41	0,021	0,33	0,005	0,07	0,014	0,001	0,014	0,02
4	р. Сула (н. п. Новоселье)	1,3	0,240	0,015	0,99	0,017	0,33	0,004	0,05	0,014	0,001	0,015	0,03
5	р. Неман (Фоновые участки)	1,7	0,323	0,019	1,02	0,017	0,41	0,004	0,07	0,012	0,001	0,018	0,02
6	р. Днепр	2,73	0,62	0,032	1,08	0,112	0,35	0,005	0,06	0,013	0,002	0,041	0,039
7	р. Усвяча (н. п. Новоселки)	1,84	0,32	0,004	0,19	0,051	0,73	0,002	0,06	0,014	0	0,16	0,005
8	р. Ушача (н. п. Городец)	1,67	0,36	0,010	0,28	0,009	0,31	0,005	0,06	0,012	0,011	0,029	0,011
9	р. Нища (н. п. Юхновичи)	1,78	0,47	0,013	0,11	0,006	0,52	0,005	0,06	0,014	0,007	0,030	0,008
10	р. Друйка (н. п. Луни)	1,71	0,27	0,010	0,30	0,033	0,04	0,002	0,03	0,013	0	0,015	0,018
11	р. Западная Двина (Фоновые участки)	1,76	0,35	0,008	0,21	0,029	0,45	0,004	0,05	0,013	0,004	0,021	0,010
12	оз. Нарочь	1,52	0,13	0,005	0,11	0,008	-	-	-	0,008	0	0,018	-
13	вдхр. Вилейское	2,85	0,33	0,006	0,32	0,017	-	-	-	0,012	0,003	0,032	-
14	вдхр. Зельвенское	3,80	0,16	0,010	0,54	0,022	-	-	-	0,014	0,001	0,021	-
15	оз. Свирь	2,08	0,19	0,006	0,015	0,006	-	-	-	0,006	0	0,022	-

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое нормирование качества окружающей среды? Какие показатели можно использовать для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха, водных объектов?
2. Что такое комплексный показатель загрязнения атмосферы? Какие выделяют уровни (степени) загрязнения атмосферного воздуха?
3. Что такое ОБУВ и ОДУ?
4. Дайте определение и объясните значение норматива ПДК.
5. Какие загрязняющие вещества учитываются при расчете ИЗВ, ИЗА?
6. Учитывается ли степень опасности загрязняющих веществ при расчете ИЗА?

Библиотека БГУИР

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Абразия – процесс разрушения берегов водоема под воздействием ветровых волн.

Альbedo – величина, характеризующая способность поверхности отражать падающий на нее поток электромагнитного излучения или частиц. Альbedo равно отношению отраженного потока к падающему.

Аллювий – донные отложения рек.

Аллювиальные (пойменные) почвы формируются в условиях пойменного режима – регулярного отложения на поверхности поймы слоев свежего речного или озерного аллювия разного гранулометрического состава.

Взвешенные наносы – наносы, переносимые в толще речного потока.

Влагодержность грунта – способность грунта вмещать и удерживать определенное количество воды.

Влажность грунта – фактическое содержание воды в грунте.

Водный объект – скопления природных вод на земной поверхности или в верхних слоях земной коры, обладающих определенным гидрологическим режимом.

Водоемы – водные объекты в понижениях земной поверхности с замедленным движением вод.

Водораздел – граница между смежными водосборами.

Водосбор – часть земной поверхности или толщи почв и горных пород, откуда вода поступает к данному водному объекту.

Водотоки – водные объекты на земной поверхности с поступательным движением воды в руслах в направлении уклона.

Вред окружающей среде – негативное изменение окружающей среды, вызванное антропогенной деятельностью, повлекшее за собой деградацию естественных экосистем и истощение природных ресурсов.

Гранулометрический состав грунта (механический состав) – относительное содержание в почве, горной породе или искусственной смеси частиц различных размеров независимо от их химического или минералогического состава. Гранулометрический состав является важным физическим параметром, от которого зависят многие аспекты существования и функционирования почвы, в том числе плодородие.

Грунтовые воды – подземные воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта, залегающего на первом выдержанном по площади водоупорном пласте.

Гидрологический режим – совокупность закономерно повторяющихся изменений гидрологического состояния водного объекта.

Гидробионты – все водные организмы, обитающие в толще воды или на дне водных объектов.

Гравитационная вода – жидкая вода, которая перемещается в грунте только под действием силы тяжести или градиентов гидростатического давления.

Гигроскопическая вода – часть физически связанной воды, создающая на поверхности минералов или частиц грунта оболочку из 1–3 слоев молекул.

Дерново-карбонатные почвы отличаются от дерново-подзолистых более высоким природным плодородием. Имеют хорошо развитый (мощностью до 0,5 м и более) перегнойный горизонт черного или темно-серого цвета, зернистую структуру, который залегает непосредственно на почвообразующей породе. Формируются под травянистыми или мохово-травянистыми лесами при сочетании двух почвообразовательных процессов – дернового и подзолистого.

Дельта – низменность в низовьях крупных рек, впадающих в мелководные участки моря или озера, образованная речными отложениями.

Естественные запасы подземных вод – объем свободной воды в водоносном горизонте в естественных условиях.

Естественная экосистема – часть природной среды, которая имеет пространственно-территориальные границы и в которой живые (биотические) и неживые (абиотические) элементы взаимодействуют как единое целое и связаны между собой обменом веществ, энергией и информацией.

Жесткость воды – совокупность свойств воды, обусловленных содержанием в ней солей двухвалентных катионов кальция и магния.

Заболоченные земли – избыточно увлажненные земельные площади со слоем торфа менее 30 см или вовсе не имеющие его.

Загрязнение почвы – это изменение экологических свойств почвы, снижающее технологическую, питательную и санитарно-гигиеническую ценность выращиваемых культур, а также ухудшающее качество других природных объектов, что может приводить к деградации почвы.

Засоленность почвы – накопление в почве легкорастворимых солей: хлоридов, сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов.

Защелнение почвы – процесс увеличения кислотности почвы в силу природных или антропогенных процессов.

Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) – комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей. Величина ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций. Поэтому этот показатель характеризует уровень длительного загрязнения воздуха.

Индекс загрязнения воды (ИЗВ) – используется для анализа воды и имеет следующие характеристики: *гидрологические показатели водоема* (скорость течения, расход воды, глубина и др.); *физические* (температура, прозрачность, цветность, запах и др.); *химические* (концентрация растворенных газов, взвешенных веществ, минеральных солей, биогенных элементов – нитритов, нитратов, фосфатов, главных ионов – хлоридных, сульфатных, гидрокарбонатных, кальция, магния, натрия, калия, загрязняющих веществ – нефтепродуктов, фенолов, кислот, СПАВ, соединений металлов и др.); *кислотность воды* (показатель pH); *биологическое и химическое потребление кислорода* (ВПК и ХПК) – величины, которые дают представление о загрязнении вод органическими соединениями: ХПК – о содержании органических веществ, способных к окислению сильными окислителями, а БПК –

степень загрязнения органическими примесями, способными разлагаться микроорганизмами с потреблением кислорода (какое количество кислорода в мг/л расходуется аэробными микроорганизмами на окисление органических примесей); *гидробиологические* (содержание фитопланктона, зоопланктона и зообентоса. Величины оцениваются по количеству, видовому разнообразию, биомассе); *токсикологические* (степень угнетения живых организмов в воде).

Инфильтрация – проникновение поверхностной воды в почву, горные породы и движение ее по капиллярным и субкапиллярным порам и пустотам к уровню грунтовых вод.

Испарение – поступление в атмосферу водяного пара с какой-либо поверхности.

Испаряемость – величина слоя воды (в мм), которая может испариться в данном месте за рассматриваемый период.

Источник неорганизованный – источник загрязнения, осуществляющий выброс газа в виде его ненаправленных потоков газа (нарушение герметичности оборудования), а также пылящие отвалы, открытые емкости, свалки, стоянки, площадки малярных работ и др.

Источник организованный – источник, осуществляющий выброс вредных веществ через специально сооруженные устройства (трубы, газоходы, вентиляционные шахты).

Качество атмосферного воздуха – совокупность физических, химических, биологических свойств атмосферного воздуха, отражающих степень его соответствия гигиеническим и экологическим нормативам качества атмосферного воздуха.

Качество окружающей среды – состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и другими показателями и (или) их совокупностью.

Класс опасности предприятия – комплексная характеристика экологической опасности предприятия. Класс опасности определяется в зависимости от величин параметров по воде и воздуху.

Компоненты природной среды – составные части экосистемы: недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы.

Конденсация – переход пара в капельно-жидкое состояние.

Конденсационные подземные воды – подземные воды, образовавшиеся при конденсации в порах грунта водяного пара.

Контрольный створ – поперечное сечение водного потока, в котором контролируется качество воды.

Контроль качества воды – проверка соответствия показателей качества воды установленным нормам и требованиям.

Круговорот воды – непрерывный замкнутый процесс перемещения воды в атмосфере, гидросфере и земной коре, состоящий из испарения, переноса водяного пара в атмосфере, конденсации пара, выпадения осадков и стока.

Максимально разовая ПДК устанавливается для предупреждения рефлекторных реакций у человека (ощущение запаха, изменение биоэлектрической активности головного мозга, световой чувствительности глаз и др.) при кратковременном воздействии атмосферных загрязнений (до 20 мин).

Массовый выброс вредных веществ в окружающую среду в единицу времени обозначают М (г/с). Этот же выброс за месяц, квартал, год называют валовым выбросом и измеряют, например, в тоннах в год.

Мелиорация почв – мероприятия по улучшению почв (орошение, осушение, облесение, химические приемы).

Механический состав грунта – процентное содержание (по массе) в рыхлых грунтах групп частиц различного диаметра.

Минерализация – содержание растворенных солей в единице объема воды, выраженное в г/л.

Наводнение – затопление речной долины выше ежегодно заливаемой поймы или местности, обычно свободной от воды.

Нагрузка антропогенная – степень прямого или косвенного воздействия человека и его деятельности на природные комплексы и отдельные компоненты природной среды.

Нанос – твердый материал, переносимый или перенесенный движущимся потоком воды.

Нормативы качества окружающей среды – нормативы, установленные в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды, при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда.

Нормы качества воды – установленные значения показателей качества воды для конкретных видов водопользования.

Относительная влажность воздуха – отношение количества водяного пара, действительно находящегося в воздухе, к тому его количеству, которое необходимо для насыщения того же объема воздуха при данной температуре, выраженное в процентах.

Паводок – фаза водного режима, которая может многократно повторяться в разные сезоны года, характеризуется интенсивным, обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды.

Пленочная вода – часть физически связанной воды, образующей пленку поверх гигроскопической воды.

Поверхностный сток – процесс перемещения вод атмосферного происхождения по земной поверхности под действием силы тяжести. Является составной частью круговорота воды на Земле. Величина поверхностного стока зависит от количества осадков и лесистости местности: на безлесной площади она составляет 65 % годовой суммы осадков и часто вызывает водную эрозию почв; при стопроцентной лесистости ее значение составляет только 5 %.

Пойма – терраса, расположенная в пределах дна долины и периодически заливаемая речными водами во время половодья или паводков.

Половодье – фаза водного режима, ежегодно повторяющаяся в определенных климатических условиях в один и тот же сезон и характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и продолжительным подъемом уровня воды.

Плодородие почвы – способность почвы непрерывно удовлетворять потребность растений в элементах питания, воде и обеспечивать их корневую систему достаточным количеством воздуха и тепла.

Почва – самостоятельное природное тело, образовавшееся из поверхностных слоев различных твердых пород при их взаимодействии с организмами в определенной физико-географической среде.

Почвообразование – процесс развития почв, почвенного покрова под влиянием природных и антропогенных факторов.

Подзолистые почвы – почвы, которые формируются под воздействием подзолистого процесса: устойчивая кислая реакция, промывной тип водного режима, присутствие агрессивных органических кислот. Наиболее ярко он проявляется под покровом сомкнутого хвойного леса.

Природные ресурсы – компоненты природной среды, природные и природно-антропогенные объекты, которые используются в качестве источников энергии, продуктов производства и предметов потребления и имеют потребительскую ценность.

Природный объект – естественная экосистема, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства.

Природная среда – часть окружающей среды; природная составляющая среды обитания и производственной деятельности человечества. Природная среда отличается от других составляющих окружающей среды свойством саморегуляции без вмешательства человека. Природная среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов. Природная среда – совокупность природных (биотических и абиотических) объектов, явлений и процессов, внешних по отношению к человеку, с которыми он взаимодействует в процессе своей деятельности.

Предельно допустимая концентрация – максимальная концентрация, при которой вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на состояние здоровья населения и не ухудшает условий окружающей среды.

Предельно допустимый выброс – норматив предельно допустимого выброса вредного вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для стационарного источника загрязнения с учетом технических нормативов выбросов и фоновое загрязнение атмосферного воздуха.

Предельно допустимый сброс – масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

Сапрпель – отложения, преимущественно биогенного происхождения, состоящие главным образом из тонкого детрита – остатков планктона с более или менее значительными примесями остатков высшей растительности и минеральных частиц.

Свойства воды – совокупность физических, химических, органолептических, биохимических и других свойств.

Седиментационные подземные воды – подземные воды, образовавшиеся из вод того водного объекта, где происходил процесс седиментации, т. е. отложения наносов.

Сила Кариолиса – сила, связанная с вращением Земли вокруг своей оси и действующая на движущуюся относительно Земли воду, отклоняющая последнюю от направления движения вправо (северное полушарие) или влево (южное полушарие).

Сложение почвы – морфологическое свойство почв, обусловленное их плотностью, пористостью и трещиноватостью.

Состав воды – совокупность примесей в воде минеральных и органических веществ в ионном, молекулярном, комплексном и взвешенном состоянии.

Соленость – содержание в воде растворенных неорганических веществ (солей), выраженное в г/кг, ‰.

Среднесуточная ПДК устанавливается с целью предупреждения общетоксического, канцерогенного и мутагенного влияния вещества на организм человека.

Сточные воды – воды, сбрасываемые в установленном порядке в водные объекты после их использования или поступившие с загрязненной территории.

Суффозия – вынос из грунта взвешенных веществ потоками грунтовых вод.

Термоабразия – процесс разрушения берегов, сложенных льдом или многолетнемерзлыми грунтами, с участием термического воздействия воды и воздуха.

Термоэрозия – разрушение мерзлых пород на берегах рек при тепловом воздействии текущих вод.

Типы почв – группы почв, различающиеся по степени развития ведущего почвообразовательного процесса, а также по степени проявления налагающихся процессов (степени засоленности, солонцеватости, эродированности).

Точка росы – температура, при которой данный ненасыщенный воздух переходит к насыщению.

Туман – скопление продуктов конденсации и сублимации паров воды в приземном слое воздуха.

Торф – органические отложения, формирующиеся в условиях застойного избыточного увлажнения из остатков не полностью разложившихся растений.

Торфяно-болотные почвы – почвы, которые развиваются в условиях болотных почвообразующих процессов – при избыточном увлажнении атмосферными осадками или грунтовыми водами. Они отличаются высокой

кислотностью и, как правило, большой поглощающей способностью. При длительных дождях они пресыщаются влагой, а при засухе сильно пересыхают.

Устойчивость экосистем к воздействию – способность экосистем сохранять свою структуру и функциональные свойства при естественном и антропогенном воздействии.

Устойчивое развитие – это сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем сохранения окружающей среды.

Упругость водяного пара – та часть общего давления атмосферы, которая создается парами воды.

Физически связанная вода – вода, удерживаемая на поверхности минерала и частиц грунта молекулярными силами.

Физико-химические свойства почв – совокупность свойств, связанных со способностью почвенного поглощающего комплекса диссоциировать в окружающий раствор и поглощать из него ионы.

Фоновое содержание почв – содержание химических веществ в почвах территорий, не подвергающихся техногенному воздействию или испытывающих его в минимальной степени.

Формула Курлова – способ отображения химического состава природной воды.

Химические свойства почв – совокупность свойств почв, характеризующих содержание и формы существования органических и минеральных веществ в почве. К химическим свойствам относят содержание солей, элементов питания и др.

Химическое загрязнение почв – изменение химического состава почвы, возникшее под прямым или косвенным влиянием фактора землепользования, вызывающее снижение ее качества и возможную опасность для здоровья населения.

Химически связанная вода – вода в составе минералов.

Цветение воды – бурное развитие фитопланктона, приводящее к ухудшению качества воды, ее газового состава, ухудшению условий жизни гидробионтов, замору рыб.

Эдафические факторы окружающей среды – совокупность физических и химических свойств почв, способных оказывать влияние на живые организмы, которые определяются минеральной составляющей, органическим веществом, воздухопроницаемостью, влагой и наличием почвенных организмов.

Экзогенные подземные воды – подземные воды, образующиеся из вод водных объектов на поверхности суши и влаги атмосферы либо при процессах инфильтрации и конденсации, либо в результате седиментации (осадконакопления).

Эксплуатационные ресурсы подземных вод – то количество подземных вод, которое может быть получено рациональным способом при заданном режиме эксплуатации и качестве воды, удовлетворяющем требованиям в течение всего расчетного срока водопотребления.

Список использованных источников

1. Природопользование, охрана окружающей среды и экономика / под ред. А. П. Хаустова. – М. : РУДН, 2006.
2. Аношко, В. С. География почв с основами почвоведения : учебник / В. С. Аношко, Н. К. Чертко. – Минск : БГУ, 2009.
3. Алексеенко, В. А. Количественная оценка накопления химических элементов в почвах техногенных ландшафтов / В. А. Алексеенко, А. Б. Бофанова, И. Ю. Матасова // Геохимия биосферы : сб. тез. докл. II Междунар. конф. – Ростов-н/Д : РГУ, 1999.
4. Байтелова, А. И. Источники загрязнения объектов окружающей среды : методические указания к лабораторным и практическим занятиям / А. И. Байтелова, С. В. Шабанова. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2003.
5. Козлов, Ю. С. Экологическая безопасность автомобильного транспорта : пособие / Ю. С. Козлов, Ю. П. Меньшова, И. А. Святкин. – М. : «Агар», 2000.
6. Водоподготовка / Е. А. Хохрякова [и др.] ; под ред. С. Е. Беликова. – М. : Издательский Дом «Аква-Терм», 2007.
7. Методика расчета систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. – М. : ФГУП «НИИ ВОДГЕО», 2000.
8. Экология : сборник описаний практических работ / В. А. Казанцев [и др.]. – Новосибирск : СГГА, 2011. – 78 с.
9. Марцуль, В. Н. Экология и контроль состояния окружающей среды : учеб.-метод. пособие к практическим занятиям / В. Н. Марцуль, В. П. Капориков, А. М. Головач. – Минск : БГТУ, 2009. – 95 с.
10. Экология, охрана природы, экологическая безопасность : учеб. пособие / под ред. А. Т. Никитина [и др.]. – М. : МНЭПУ, 2002.
11. Экологические основы природопользования / под ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Высш. шк., 2002.
12. Черновский, Л. А. Учение о гидросфере : учеб. пособие / Л. А. Черновский, А. Г. Гриценко. – Новосибирск : СГГА, 2008.
13. НСМОС: результаты наблюдений, 2006. Главный информационно-аналитический центр НСМОС, Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология» / под ред. С. И. Кузьмина, С. П. Уточкиной. – Минск : РУП «Бел НИЦ «Экология», 2007.
14. ТКП 17.06–08–2012 Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод.
15. НСМОС: результаты наблюдений, 2007. Главный информационно-аналитический центр НСМОС, Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология» / под ред. С. И. Кузьмина, С. П. Уточкиной. – Минск : РУП «Бел НИЦ «Экология», 2007.

16. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Перечень веществ, загрязняющих атмосферный воздух населенных мест: гигиенические нормативы 2.1.6.12-46-2005.

Библиотека БГУИР

Учебное издание

Телеш Инна Анатольевна

**ЗЕМЛЯ, ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА
И ЕЕ ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

ПОСОБИЕ

Редактор *Е. С. Чайковская*

Корректор *Е. Н. Батурчик*

Компьютерная правка, оригинал-макет *А. В. Бас*

Подписано в печать 13.02.2017. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 4,3. Уч. изд. л. 4,5. Тираж 60 экз. Заказ 1.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
ЛП №02330/264 от 14.04.2014.
220013, Минск, П. Бровки, 6