

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»

А. Ю. Игнатова

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Курс лекций

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления
подготовки 21.05.04 «Горное дело»
в качестве электронного учебного пособия

Кемерово 2015

Рецензенты

Неведров А. В. – кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии твердого топлива

Буялич Г. Д. – доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов, председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 21.05.04 «Горное дело»

Игнатова Алла Юрьевна

Горнопромышленная экология: курс лекций [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 21.05.04 «Горное дело» / А. Ю. Игнатова. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 3 в.; цв.; 12 см. – Систем. требования: Pentium III; ОЗУ 64 Мб; Windows 2000; (CD-ROM-дисковод); мышь. – Загл. с экрана.

Рассмотрены вопросы горнопромышленной экологии как науки, основные экологические проблемы горнодобывающей промышленности, антропогенные воздействия, охрана воздушной, водной среды, земной поверхности в горном деле, нормирование негативного воздействия.

© КузГТУ, 2015

© Игнатова А. Ю.,
2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА.....	5
1.1. Основные экологические проблемы при горнодобывающей деятельности.....	5
1.2. Природные ресурсы, их классификация.....	9
1.3. Природная экологическая система – биосфера	10
1.4. Геологический и биологический круговороты веществ	15
1.5. Биогеохимические циклы. Вмешательство человека	17
в круговорот химических элементов.....	17
1.5.1. Круговорот углерода	17
1.5.2. Круговорот азота	19
1.5.3. Круговорот фосфора	22
1.5.4. Круговорот серы	24
1.5.5. Круговорот воды (гидрологический цикл).....	25
1.6. Антропогенные воздействия на биосферу.....	27
1.7. Виды и последствия загрязнения окружающей природной среды	28
1.8. Основные загрязнители биосферы	29
1.9. Вредные физические воздействия	37
1.10. Воздействие горного производства на биосферу.....	45
Вопросы для самоконтроля	49
2. ОХРАНА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ	50
2.1. Источники и виды загрязнения атмосферы при производстве горных работ	50
2.2. Предельно допустимые концентрации для основных видов загрязнителей атмосферного воздуха. Пределы допустимых выбросов в атмосферу вредных веществ	52
2.3. Мероприятия по снижению уровня выбросов в атмосферу..	57
2.4. Очистка газов от аэрозолей	58
2.5. Очистка газов от парообразных	65
и газообразных примесей.....	65
2.6. Охрана воздушного бассейна от загрязнения вредными	74
выбросами предприятий угольной промышленности	74
2.7. Методы определения качественных показателей воздуха,....	77
контрольно-измерительная аппаратура	77

2.8. Источники шумового загрязнения атмосферы. Виды шумов и вибрации при ведении горных работ. Мероприятия по защите от шума и вибрации.....	84
Вопросы для самоконтроля	90
3. ОХРАНА ВОДНОЙ СРЕДЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ.....	90
3.1. Методы защиты и восстановления поверхностных водных объектов.....	90
3.2. Методы очистки сточных вод	95
3.3. Использование и очистка сточных вод в горной промышленности	101
3.4. Показатели качества воды водных объектов.....	107
Вопросы для самоконтроля	116
4. ОХРАНА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ.....	116
4.1. Нарушение земной поверхности при ведении горных работ	116
4.2. Рекультивация нарушенных земель	117
4.3. Утилизация отходов горнодобывающих производств	119
Вопросы для самоконтроля	121
5.НОРМИРОВАНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМЫ.....	121
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	130

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие предназначено будущим специалистам горного профиля для освоения теоретического материала дисциплины «Горнопромышленная экология».

Разделы 1.1, 1.3, 1.10, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 3.2, 3.3, 3.4, 4.2 рассматриваются в лекционном курсе, разделы 1.2, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.1, 2.6, 2.7, 2.8, 3.1, 4.1, 4.3, 5 предназначены для самостоятельного изучения предмета.

1. ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА

1.1. Основные экологические проблемы при горнодобывающей деятельности

Горнопромышленная экология – это наука, изучающая взаимодействие горного производства с окружающей природной средой, создающая научную и инженерную основу обеспечения экологической безопасности при освоении минеральных ресурсов.

К задачам горнопромышленной экологии относятся:

- изучение закономерностей воздействия человека на окружающую среду в сфере горного производства,
- создание научной основы рациональной эксплуатации минеральных ресурсов,
- прогнозирование изменений природы под влиянием деятельности человека,
- оптимизация технологических решений, исходя из минимального ущерба окружающей среде и здоровью человека),
- создание научной основы для восстановления разрушенных природных систем (например, рекультивация земель),
- создание модели взаимодействия человека с окружающей средой в сфере горного производства.

Горнопромышленная экология связана с такими областями знаний, как природопользование, геотехнология, обогащение полезных ископаемых, геоэкология, экономика и другими естественными науками. Формирование горно-экологического направления соответствует современным тенденциям развития экологии.

Мировая добыча всех видов исчерпаемых ресурсов непрерывно возрастает. Подсчитано, что при сохранении современных темпов добычи полезных ископаемых большинство рудных ресурсов будет исчерпано за ближайшие 50-100 лет.

Современный период развития отрасли осложняется целым рядом вызовов в сфере экологической безопасности и эффективности добычи полезных ископаемых, к которым следует отнести:

- неблагоприятное состояние окружающей среды в горнодобывающих регионах, которое осложняется следующими факторами: ежегодный рост экономической оценки нанесенного экологического ущерба; значительная численность населения, проживающего в регионах добычи; выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, из них 95 % газообразные вещества;

- истощение природных ресурсов, выраженное в ежегодном нарушении земель, уровне рекультивации земель 25-30 % от нарушенных в течение года; загрязнение водных ресурсов до 86-88 %.

- высокие темпы накопления и низкий уровень утилизации отходов.

Горная промышленность входит в первую десятку отраслей, оказывающих наибольшее негативное воздействие на окружающую среду. Это воздействие проявляется в заборе воды из природных источников, сбросе загрязненных сточных вод в водные объекты, выбросе вредных веществ в атмосферу, изъятии из землепользования и нарушении земель, образовании и размещении отходов производства. В целом производственно-хозяйственная деятельность оказывает достаточно высокое многостороннее антропогенное негативное воздействие на отдельные компоненты природной среды и природные комплексы в целом.

Технология ресурсосбережения заключается в производстве и реализации конечных продуктов с минимальным расходом вещества и энергии на всех этапах производственного цикла (от добывающих до «распределяющих» отраслей) и с наименьшим воздействием на природные экосистемы и человека. Это выражается, прежде всего, в энергетической эффективности – соотношении между затрачиваемой энергией и полезным продуктом, получаемым при этих затратах. Для настоящего времени характерна

модель общества, которая базируется на использовании значительного количества энергии и минеральных ресурсов и с большой скоростью превращает высоко качественную энергию в низкокачественную, а ресурсы – в отходы, в загрязняющие компоненты. Принятая в большинстве развитых стран концепция устойчивого развития мира ставит во главу угла разумное использование энергии и рециркуляцию вещества, добычу минеральных ресурсов с минимальными потерями и разубоживанием, вторичное использование невозобновимых ресурсов, сокращение потребления и потерь энергии. В этой модели будущего общества на всех уровнях (локальном, региональном, глобальном) не должен быть превышен порог экологической устойчивости окружающей среды. При этом для ограничения потерь ресурсов и предотвращения загрязнения необходимо учитывать информацию о воздействиях на окружающую среду на «входе» в нее. Например, значительно проще и дешевле предотвратить попадание токсичного загрязнителя в подземные воды, служащие источником питьевых вод, чем пытаться очистить уже загрязненную воду. Уменьшение сроков разложения отходов также является одним из направлений ресурсосбережения. Наиболее долговечные загрязнители окружающей среды – пластмассы (по некоторым данным, наиболее легко разлагающиеся виды пластмасс требуют для осуществления этого процесса не менее 100 лет).

В последнее время среди других проблем, связанных с минеральными ресурсами, всё большее внимание за рубежом уделяется проблеме влияния добычи и использования минеральных ресурсов на окружающую среду, что объясняется рядом причин, в том числе:

1. Крупными нарушениями состояний биосферы в ряде горнопромышленных регионов, ставящими под угрозу здоровье проживающих там людей.

2. Возможностью пополнения резервов многих видов минеральных ресурсов в ряде стран только за счёт экологически «грязных» источников, таких, как нефтяные пески, битуминозные сланцы, бедные руды, и др., разработка которых серьёзно угрожает природной среде.

3. Перестройкой в настоящее время или в ближайшей перспективе ряда технологических процессов (из-за энергетических

затруднений), которая может существенно ухудшить состояние окружающей среды.

4. Наглядностью отрицательного воздействия горного производства на окружающую среду (создание техногенного ландшафта, нарушение водного и воздушного режимов в горнопромышленных районах и др.).

5. «Ответственностью» минеральных ресурсов, используемых в различных отраслях промышленности и сельском хозяйстве, за экологическую чистоту последующей производственной цепочки.

Следует констатировать, что в проблеме охраны окружающей среды от вредного воздействия горного производства имеется ещё много не решённых вопросов, обусловленных рядом причин объективного и субъективного характера:

- недостаточным обоснованием экологических ограничений в технологии добычи и переработки ископаемых;
- качественными различиями кругооборота вещества и энергии в искусственных (хозяйственных) системах по сравнению с естественными (экологическими);
- противоречиями между требованиями улучшения технико-экономических показателей горного производства и необходимостью сохранения биосферы в оптимальном состоянии;
- недостаточной разработанностью методов экономической оценки природных ресурсов и ущерба, наносимого горным производством элементам биосферы;
- ведомственным подходом к охране и рациональному использованию природных ресурсов;
- недостаточной эрудицией работников горного производства в вопросах экологии.

Важнейшей стороной проблемы взаимодействия горного производства с окружающей средой в современных условиях является и всё более усиливающаяся обратная связь, т.е. влияние условий окружающей среды на выбор решений при проектировании, строительстве горных предприятий и их эксплуатации (способ осушения месторождения, вид рекультивации, способ отбойки горной массы, размещение внешних отвалов и др.).

Для разработки и успешной реализации долгосрочной общегосударственной программы рационального и эффективного ис-

пользования минеральных ресурсов в сочетании с охраной окружающей среды необходимо под иным углом зрения рассматривать деятельность горного предприятия и интенсивно развивать научные исследования в этом направлении.

Происходит становление нового направления в горной науке – горнопромышленной экологии, имеющей большое теоретическое и прикладное значение.

1.2. Природные ресурсы, их классификация

Природные ресурсы – это естественные ресурсы, необходимые для существования человеческого общества и используемые в хозяйстве. Это все элементы природы, которые человек использует или может использовать в своей деятельности.

Существуют разные подходы к классификации природных ресурсов.

По происхождению:

- Ресурсы природных компонентов (минеральные, климатические, водные, растительные, почвенные, земельные, животного мира)
- Ресурсы природно-территориальных комплексов (горнопромышленные, водохозяйственные, селитебные, лесохозяйственные)

По видам хозяйственного использования:

- Ресурсы промышленного производства
- Энергетические ресурсы (горючие полезные ископаемые, гидроэнергоресурсы, биотопливо, ядерное сырье)
- Неэнергетические ресурсы (минеральные, водные, земельные, лесные, рыбные ресурсы)
- Ресурсы сельскохозяйственного производства (агроклиматические, земельно-почвенные, растительные ресурсы — кормовая база, воды орошения, водопоя и содержания)

По виду исчерпаемости:

- Исчерпаемые
- Невозобновляемые (минеральные, земельные ресурсы);
- Возобновляемые (ресурсы растительного и животного мира). К возобновляемым ресурсам относятся лес, вода, почва и т.д. Возобновляемость – понятие относительное, так как есть

определенные границы исчерпания, за которыми данный вид ресурса лишается способности и возможности самовосстановления и превращается в невозобновляемый.

- Не полностью возобновляемые – скорость восстановления ниже уровня хозяйственного потребления (пахотно пригодные почвы, спеловозрастные леса, региональные водные ресурсы);

- Неисчерпаемые ресурсы (водные, климатические).

По степени заменимости:

- Незаменимые;

- Заменимые.

По критерию использования:

- Производственные (промышленные, сельскохозяйственные);

- Потенциально-перспективные;

- Рекреационные (природные комплексы и их компоненты, культурно-исторические достопримечательности, экономический потенциал территории).

1.3. Природная экологическая система – биосфера

Биосфера – глобальная экосистема Земли, высший уровень взаимодействия живого и неживого, совокупность экосистем.

Биосфера (греч. bios – жизнь, spheria – шар) – сфера жизни – это своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

Термин «биосфера» ввел в научный оборот австрийский ученый Э. Зюсс (1875 г.), который рассматривал биосферу как пространство, заполненное жизнью.

Современное материалистическое учение о биосфере разработал академик В.И. Вернадский (1926 г.). Главным в понятии «биосфера» он считал понимание биосферы как сферы единства живого и неживого. В.И. Вернадский ввел понятие «живое вещество» – совокупность всех живых организмов, а под биосферой понимал «область существования живого вещества».

В.И. Вернадский стал первым исследовать жизнь как единое целое, как геологически своеобразное живое вещество, характе-

ризирующееся весом, химическим составом, энергией и геохимической активностью. В.И. Вернадский подчеркивал, что за геологическую историю организмы, по-видимому, осваивали новые области планеты, приспособляясь к многообразным природным условиям, участвуя в их изменении. Он первым из ученых понял, что мы всецело принадлежим биосфере – и телом, и духовной жизнью, прошлым и будущим, став органом ее самопознания и преобразования. Шаг за шагом исследуя геохимические и биогеохимические процессы, В.И. Вернадский подходит к коренным проблемам энергетики и термодинамики взаимодействия живого и косного вещества планеты и далее, углубляясь в биологическую роль человечества, сознания, трудовой деятельности, обращается к естественно-историческим закономерностям социально-экономического развития общества. В.И. Вернадский рассматривал биосферу как особое геологическое тело, строение и функции которого определяются особенностями Земли и Космоса. А живые организмы, популяции, виды и все живое вещество – это формы, уровни организации биосферы.

Земля имеет неоднородное строение и состоит из концентрических оболочек (геосфер) – внутренних и внешних. К внутренним относятся ядро, мантия, а к внешним – литосфера (земная кора), гидросфера, атмосфера и сложная оболочка Земли – биосфера.

Атмосфера (греч. «атмос» – пар).

Газовая оболочка Земли, состоящая из смеси различных газов, водяных паров и пыли. Из газов это в основном азот (78%) и кислород (21%). В меньших концентрациях она содержит углекислый газ, озон, метан, аргон, неон, гелий, водород и др. Состояние атмосферы оказывает большое влияние на физические, химические и особенно биологические процессы на земной поверхности и в водной среде. Наибольшее значение для биологических процессов имеют кислород атмосферы, используемый для дыхания организмов и минерализации омертвевшего органического вещества, углекислый газ, расходуемый при фотосинтезе, а также озон, экранирующий земную поверхность от жесткого ультрафиолетового излучения. Вне атмосферы существование живых организмов невозможно. Это видно на примере лишенной жизни Луны, у которой нет атмосферы. Исторически развитие атмосферы

ры связано с геохимическими процессами, а также жизнедеятельностью организмов. Так, азот, углекислый газ, пары воды образовались в процессе эволюции планеты благодаря (в значительной мере) вулканической активности, а кислород – в результате фотосинтеза.

На высоте от 10 до 50 км, с максимумом концентрации на высоте 20-25 км, расположен слой озона, защищающий Землю от чрезмерного ультрафиолетового облучения, губительного для организмов.

В формировании природной среды Земли велика роль тропосферы (нижний слой атмосферы до высоты 8-10 км в полярных, 10-12 км в умеренных и 16-18 км в тропических широтах) и меньшей степени стратосферы, области холодного разреженного сухого воздуха толщиной примерно 20 км.

В тропосфере происходят глобальные вертикальные и горизонтальные перемещения воздушных масс, во многом определяющие круговорот воды, теплообмен, трансграничный перенос пылевых частиц и загрязняющих веществ.

Гидросфера – водная оболочка Земли.

Вода является важной составной частью всех компонентов биосферы и одним из необходимых факторов существования живых организмов. Основная ее часть (95%) заключена в Мировом океане, который занимает примерно 70% поверхности Земного шара. Общая масса океанических вод составляет свыше 1300 млн. км³. Около 24 млн. км³ воды содержится в ледниках, причем 90% этого объема приходится на ледяной покров Антарктиды. Столько же воды содержится под землей. Поверхностные воды озер составляют приблизительно 0,18 млн. км³ (из них половина соленые), а рек – 0,002 млн. км³.

Количество воды в телах живых организмов достигает примерно 0,001 млн. км³. Из газов, растворенных в воде, наибольшее значение имеют кислород и углекислый газ. Количество кислорода в океанических водах изменяется в широких пределах в зависимости от температуры и присутствия живых организмов. Концентрация углекислого газа также варьирует, а общее количество его в океане в 60 раз превышает его содержание в атмосфере. Гидросфера формировалась в связи с развитием литосферы, выделившей за геологическую историю Земли значительный

объем водяного пара и так называемых ювенильных (подземных магматических) вод.

Гидросферу подразделяют на поверхностную и подземную.

В состав поверхностной гидросферы входят воды океанов, морей, озер, рек, водохранилищ, болот, ледников, снежных покровов и др. Поверхностная гидросфера не образует сплошного слоя и прерывисто покрывает земную поверхность на 70,8%. Подземная гидросфера включает воды, находящиеся в верхней части земной коры. Сверху подземная гидросфера ограничена поверхностью земли, нижнюю ее границу проследить невозможно, так как гидросфера очень глубоко проникает в толщу земной коры.

Более 98% всех водных ресурсов Земли составляют соленые воды океанов, морей и др. Общий объем пресных вод на Земле равен 28,25 млн. км³, или около 2% общего объема гидросферы. Основная часть пресных вод сосредоточена в ледниках, воды которых пока используются очень мало. На долю остальной части пресных вод, пригодных для водоснабжения, приходится 4,2 млн. км², или всего лишь 0,3% объема гидросферы.

Литосфера (греч. «литос» – камень) – каменная оболочка Земли.

Литосфера включает земную кору. Земная кора сложена горными породами. Доля различных горных пород в земной коре неодинакова – более 70 % приходится на базальты, граниты и другие магматические породы, около 17 % – на породы, преобразованные давлением и высокой температурой, и лишь чуть больше 12 % – на осадочные. Земная кора – важнейший ресурс для человечества. Она содержит горючие полезные ископаемые (уголь, нефть, горючие сланцы), рудные (железо, алюминий, медь, олово и др.) и нерудные (фосфориты, апатиты и др.) полезные ископаемые, естественные строительные материалы (известняки, пески, гравий и др.).

Основная масса организмов, обитающих в пределах литосферы, сосредоточена в почвенном слое, глубина которого обычно не превышает нескольких метров. Почвы, будучи, по терминологии В.И. Вернадского, биокосным веществом, представлены минеральными веществами, образующимися при разрушении

горных пород, и органическими веществами – продуктами жизнедеятельности организмов.

Живые организмы (живое вещество).

В настоящее время описано около 300 тыс. видов растений и более 1,5 млн. видов животных. Расчеты показывают, что растения составляют около 21 % всех учтенных видов. Однако на их долю приходится более 99 % биомассы, тогда как вклад животных в биомассу планеты (79 % видов) составляет менее 1 %. Среди животных 96 % видов приходится на долю беспозвоночных и только 4 % на долю позвоночных, среди которых млекопитающие составляют примерно 10 %.

Живое вещество является наиболее активным компонентом биосферы. Оно производит гигантскую геохимическую работу, способствуя преобразованию других оболочек Земли в геологическом масштабе времени.

Биосфера – одна из важнейших геосфер Земли, сложная наружная оболочка, населенная живыми организмами.

Биосфера представляет собой многоуровневую систему, включающую подсистемы различной степени сложности. Границы биосферы определяются областью распространения организмов в атмосфере, гидросфере и литосфере. Верхняя граница биосферы проходит примерно на высоте 20 км. Таким образом, живые организмы расселены в тропосфере и в нижних слоях стратосферы. Лимитирующим фактором расселения в этой среде является нарастающая с высотой интенсивность ультрафиолетовой радиации. Практически все живое, проникающее выше озонового слоя атмосферы, погибает. В гидросферу биосфера проникает на всю глубину Мирового океана, что подтверждает обнаружение живых организмов и органических отложений до глубины 10-11 км. В литосфере область распространения жизни во многом определяет уровень проникновения воды в жидком состоянии – живые организмы обнаружены до глубины примерно 7,5 км. На глубине 3-3,5 км температура достигает 100°C.

Биосфера, как и любая экосистема, состоит из абиотической и биотической части.

Абиотическая часть представлена: 1) почвой и подстилающими ее породами; 2) атмосферным воздухом; 3) водной средой океанов, рек, озер.

Биотическая часть состоит из живых организмов всех таксонов, осуществляющих важнейшую функцию биосферы, без которой не может существовать сама жизнь: биогенный поток атомов.

1.4. Геологический и биологический круговороты веществ

Благодаря притоку солнечной энергии на Земле постоянно протекают два взаимосвязанных во времени процесса преобразования веществ – *геологический* и *биологический (биотический)* круговороты.

Геологический круговорот – это обмен химических элементов между океаном и сушей в результате разрушения горных пород, растворения их в воде, физико-химических превращений и образования минералов.

Геологический круговорот длится миллионы лет. Вода океанов с содержащимися в ней некоторыми веществами испаряется и воздушными течениями разносится на большие расстояния. Выпадая в виде осадков, она способствует процессам выветривания и разрушения горных пород, делает их доступными для растений и микроорганизмов, размывает почву. Вода выносит растворенные в ней химические вещества и взвешенные частицы в моря, океаны. Здесь они оседают на дно, накапливаются в виде осадочных пород. Часть химических соединений растворяется в воде или потребляется живыми организмами. Крупные медленные геотектонические изменения, процессы, связанные с опусканием материков и поднятием морского дна, перемещение морей и океанов в течение длительного времени приводят к тому, что эти напластования возвращаются на сушу и процесс начинается вновь.

С появлением живого вещества на базе геологического круговорота возник круговорот органического вещества, или малый биологический круговорот.

Биологический круговорот – это циркуляция веществ между почвой, растениями, животными и микроорганизмами.

Биоценозы суши постоянно обмениваются веществами с атмосферой. Мировой океан и атмосфера, в свою очередь, связаны потоками энергии, газов, выпадением и испарением влаги. Экосистемы суши и Мирового океана связаны через многочисленные водные потоки и воздушную миграцию.

В отличие от простого переноса – перемещения минеральных элементов в большом круговороте – в малом круговороте самыми важными моментами являются синтез и разрушение органических соединений.

Живые организмы в процессе жизнедеятельности используют до 40 элементов таблицы Д.И. Менделеева.

Элементы, жизненно необходимые организмам, называют *биогенными элементами*.

Такие элементы, как азот, кислород, фосфор, калий, кальций необходимы организмам в сравнительно больших количествах, их называют *макроэлементами*.

Те элементы, которые требуются организмам в незначительных (следовых) количествах, но необходимы для жизнедеятельности, так как входят в состав жизненно важных ферментов, называются *микроэлементами*.

Все химические элементы циркулируют в биосфере по определенным путям: из внешней среды в организмы и из них опять во внешнюю среду. Эти пути, в большей или меньшей степени замкнутые, называются *биогеохимическими циклами*.

Таким образом, химический элемент может в какой-то момент быть частью живого организма, а в какой-то - частью неживой природы. К примеру, одну из молекул кислорода, которую вы только что вдохнули, могли перед этим вдохнуть вы или ваша бабушка, фараон Тутанхамон тысячи или динозавр миллионы лет назад. Аналогично атомы углерода, входящие в состав кожи вашей правой руки, могли когда-то быть частью листа дерева, шкуры динозавра или глыбы известняка.

1.5. Биогеохимические циклы. Вмешательство человека в круговорот химических элементов

1.5.1. Круговорот углерода

Углерод является постоянным компонентом, который находится во всех оболочках биосферы и повсюду в окружающей среде. Он входит в состав атмосферы в виде диоксида углерода. Углерод можно считать самым главным химическим элементом в биосфере, так как именно способность этого элемента образовывать прочные химические связи между атомами (С-С-связь) лежит в основе структуры всех органических соединений, известных на Земле. Углерод – основной «строительный материал» молекул углеводов, жиров, белков и других органических соединений. Все живые существа на Земле имеют в своем составе углерод.

Большинство наземных растений получает необходимый им углерод, поглощая через поры в своих листьях углекислый газ из атмосферы. Фитопланктон получает углерод из атмосферного углекислого газа, растворенного в воде. Растения – продуценты в процессе фотосинтеза преобразуют углерод углекислого газа в углерод сложных органических соединений (глюкозы, крахмала, целлюлозы). В клетках растений, животных, микроорганизмов происходит процесс клеточного дыхания, при котором глюкоза и другие сложные органические соединения расщепляются и углерод вновь входит в состав углекислого газа. Все живые организмы после смерти подвергаются разложению, органические вещества расщепляются на более простые фрагменты, в результате этих превращений углерод в виде углекислого газа снова поступает в круговорот. В водных экосистемах углерод, соединяясь с кислородом и кальцием, образует нерастворимый карбонат кальция, из которого состоят раковины моллюсков и минералы. Когда моллюски умирают, их раковины погружаются в слой донных осадков. Возврат углерода из осадочных отложений в активный круговорот происходит медленно на протяжении миллионов лет, путем растворения этих отложений в океанической воде и образования растворенного углекислого газа. Расплавление горных пород в ходе длительных геологических процессов и при вулка-

нических извержениях также приводит к выбросу углекислого газа. Кроме того, вертикальные движения земной коры могут поднимать блоки осадочных пород выше уровня моря, что приводит к образованию островов и целых материков, а обнажившиеся карбонатные породы подвергаются активным химическим реакциям с выделением углекислого газа. Некоторая часть планетарного углерода «связана» в форме ископаемых видов топлива: каменного и бурого угля, нефти, природного газа, торфа, процесс образования которых длился миллионы лет. При добыче и сжигании минерального топлива углерод снова вводится в атмосферу в виде углекислого газа.

Другой важной частью круговорота углерода является анаэробное дыхание, происходящее без доступа кислорода. В ходе этого процесса различные виды анаэробных бактерий (например, метанобразующие бактерии рода *Methanobacterium*, *Pseudomonas methanica*) преобразуют органические соединения в газообразный метан (CH_4) и другие вещества. Такой тип дыхания встречается в основном в болотных экосистемах. Он наблюдается также на свалках, где происходит захоронение промышленных и бытовых отходов. Метан окисляется в углекислый газ под воздействием бактерий-метилотрофов.

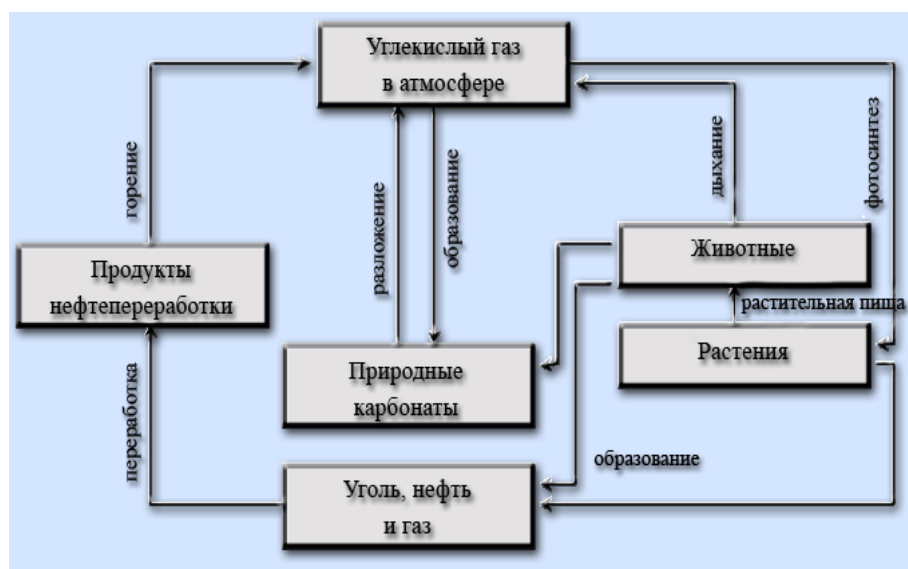


Рис. 1. Круговорот углерода

Вмешательство человека в круговорот углерода, начиная с 1950-х годов, резко возросло из-за быстрого роста населения и

использования ресурсов, и происходит оно в основном двумя способами.

1. Сведение лесов и другой растительности без достаточных лесовосстановительных работ, в связи с чем уменьшается общее количество растительности, способной поглощать углекислый газ.

Кроме того, дополнительные количества углекислого газа поступают в атмосферу при разложении порубочных остатков на лесосеках и при взаимодействии атмосферного кислорода с корнями и органикой из нарушенного почвенного покрова.

2. Сжигание углеродсодержащих ископаемых видов топлива и древесины. Образующийся при этом углекислый газ попадает в атмосферу.

Ученые предсказывают, что этот углекислый газ вместе с другими выбросами может вызвать в ближайшие десятилетия потепление земной атмосферы.

1.5.2. Круговорот азота

Круговорот азота представлен на рис. 2. Организмы нуждаются в различных химических формах азота для образования белков и генетически важных нуклеиновых кислот. Атмосфера содержит 78% азота (N_2). При всей огромной значимости азота для жизнедеятельности живых организмов ни растения, ни животные, ни люди, ни большинство других организмов не могут непосредственно потреблять этот газ из атмосферы. Растения усваивают ионы аммония (NH_4^+) или нитрата (NO_3^-).

Преобразование атмосферного газообразного азота в усваиваемые растениями химические формы называется *фиксацией азота*. Осуществляется она сине-зелеными водорослями (цианобактериями) родов *Anabaena*, *Nostoc*, свободноживущими бактериями родов *Azotobacter* и *Clostridium*, симбиотическими клубеньковыми бактериями рода *Rhizobium*. Биохимический механизм прямой фиксации атмосферного азота осуществляется при участии фермента *нитрогеназы*, катализирующего расщепление молекулы азота (N_2). Этот процесс требует значительных затрат энергии на разрыв тройной связи в молекуле азота. Реакция идет с участием молекулы воды, в результате чего образуется аммиак

(NH_3). На фиксацию 1 г азота бактерии расходуют около 10 г глюкозы (около 40 ккал).

Определенный вклад в фиксацию азота вносят грозовые разряды молний, при которых газообразные азот и кислород в атмосфере превращаются в оксид и диоксид азота. Эти газы взаимодействуют с водяным паром и преобразуются в нитрат-ионы, которые попадают на земную поверхность в форме азотной кислоты, растворенной в атмосферных осадках, и в форме частиц нитратных солей.

Неорганические нитрат-ионы и ионы аммония, поглощаемые растениями из почвенной влаги, преобразуются ими в белки, ДНК и другие азотсодержащие органические соединения. Животные покрывают свои потребности в азотных питательных веществах, поедая растения или других растительноядных животных. После отмирания растений и животных азотсодержащие органические соединения попадают в почву, где подвергаются минерализации (т. е. вновь превращаются в неорганические формы азота – аммиак, соли, содержащие ионы аммония и нитрат-ионы) микроорганизмами – аммонификаторами и нитрификаторами. Минеральные формы азота вновь усваиваются растениями. Часть азота возвращается в атмосферу благодаря деятельности бактерий-денитрификаторов, превращающих нитраты в молекулярный азот, попадающий в атмосферу и замыкающий цикл. В результате бактериальной денитрификации ежегодно с 1 га почвы улетучивается до 50-60 кг азота.

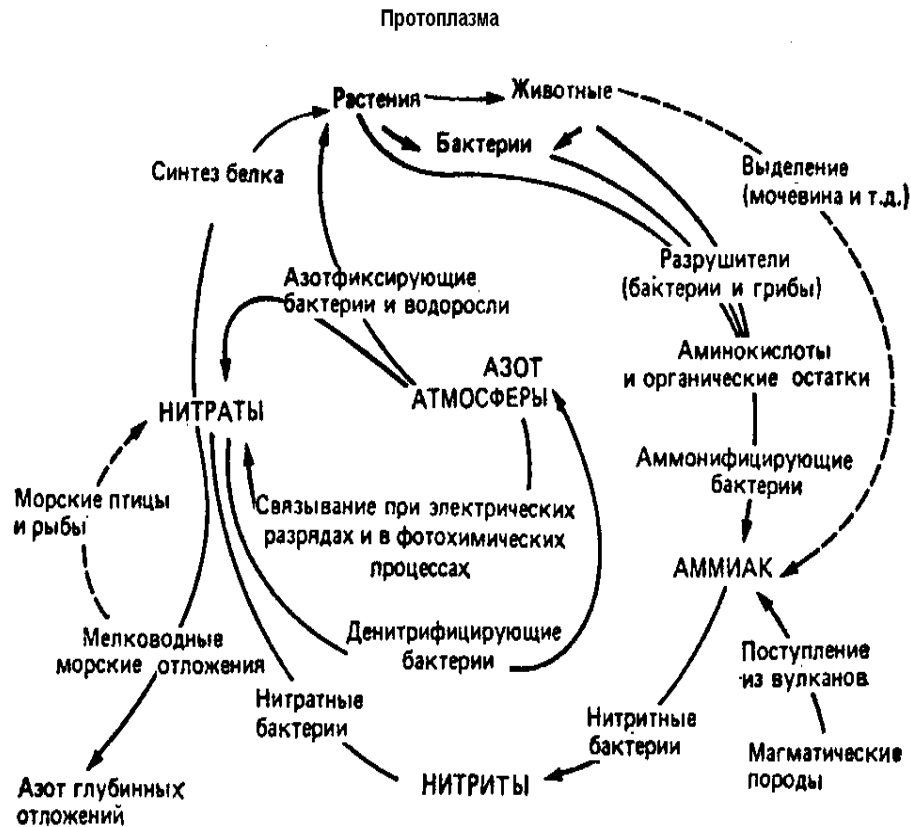


Рис. 2. Круговорот азота (по Ю. Одуму, 1986 г.)

Вмешательство человека в круговорот азота состоит в следующем.

1. Сжигание древесины и ископаемого топлива, при котором в атмосферу выбрасываются большие количества оксида азота (NO). Оксид азота соединяется в атмосфере с кислородом и образует диоксид азота (NO₂), который при взаимодействии с водяным паром образует азотную кислоту (HNO₃). Эта кислота становится компонентом кислотных осадков.

2. Воздействие некоторых бактерий на удобрения и отходы животноводства приводит к выделению в атмосферу одного из «парниковых» газов – закиси азота (N₂O).

3. Добыча полезных ископаемых, содержащих нитрат-ионы и ионы аммония, для производства минеральных удобрений.

4. Вынос из почвы нитрат-ионов и ионов аммония при сборе урожая сельскохозяйственных культур.

5. Увеличение количества нитрат-ионов и ионов аммония в водных экосистемах при попадании в них загрязненных стоков с животноводческих ферм, коммунально-бытовых канализацион-

ных стоков, смытых с полей минеральных азотных удобрений. Создаваемый таким образом избыток питательных веществ в водоемах способствует быстрому росту водорослей и других водных растений, для разложения остатков отмерших водорослей аэробными редуцентами используется растворенный в воде кислород, что приводит к массовым заморам рыбы.

Окислы азота раздражают дыхательные пути животных и человека. Кроме того, химические реакции с другими загрязнителями обуславливают синергический эффект (общее воздействие продуктов реакции больше суммарного воздействия каждого из реагирующих веществ), увеличивающий опасность. Например, под действием ультрафиолетового излучения Солнца диоксид азота (NO_2) вступает в реакцию с продуктами неполного сгорания углеводородов, содержащихся в большом количестве в выхлопных газах, в результате возникают более ядовитые вещества, известные как фотохимический смог.

1.5.3. Круговорот фосфора

Фосфор также является элементом, необходимым для питания живых организмов. Резервуаром фосфора, в отличие от азота, служит не атмосфера, а горные породы и другие отложения, образовавшиеся в прошлые геологические эпохи. Минеральный фосфор входит в состав многих горных пород. Он попадает в гидросферу и в почву в ходе их разрушения, отлагается в виде осадков на мелководьях, частично осаждается в глубоководных илах. Растения потребляют фосфор в виде фосфатов (PO_4^{3-} и HPO_4^{2-}) и преобразуют его в органический фосфор. Животные, потребляя растения, используют запасенный в них органический фосфор. Фосфор входит в состав молекул ДНК, несущих генетическую информацию, молекул АДФ и АТФ, в которых запасается необходимая для организмов химическая энергия, используемая при клеточном дыхании, молекул жиров, образующих клеточные мембраны, а также в состав костей и зубов. В результате разложения мертвых организмов и минерализации органических соединений фосфор в виде фосфатов вновь используется растениями и тем самым снова вовлекается в круговорот. Значительная часть фосфора из почвы вымывается в реки и попадает на дно

океана в виде нерастворимых фосфатных осадочных пород. Часть фосфора возвращается на поверхность суши в виде гуано – обогащенной фосфором органической массы экскрементов питающихся рыбой птиц (пеликанов, олуш, бакланов). Вследствие длящихся миллионы лет геологических процессов могут подниматься и осушаться участки океанического дна, образуя острова и материки. Последующее выветривание обнажившихся горных пород приводит к высвобождению новых количеств фосфора и продолжению круговорота (рис. 3).

Вмешательство человека в круговорот фосфора сводится в основном к двум вариантам.

1. Добыча больших количеств фосфатных руд для производства минеральных удобрений и моющих средств.

2. Увеличение избытка фосфат-ионов в водных экосистемах при попадании в них загрязненных стоков с животноводческих ферм, коммунально-бытовых стоков, смытых с полей фосфатных удобрений. Как и в случае с нитрат-ионами и ионами аммония, избыток этих питательных элементов способствует «взрывному» росту сине-зеленых водорослей и других водных растений, что нарушает равновесие в водных экосистемах, приводит к их интенсивному зарастанию, деградации и в конечном итоге к их гибели.

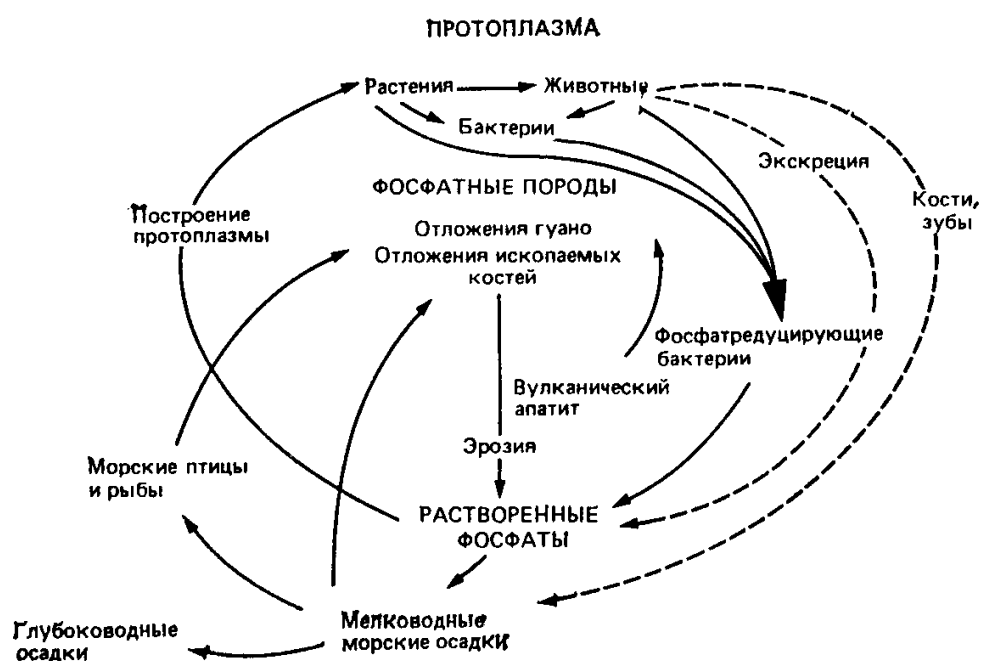


Рис. 3. Круговорот фосфора (по Ю. Одуму, 1986 г.)

1.5.4. Круговорот серы

Минеральная сера попадает в почву в результате естественного разложения серного и медного колчеданов в горных породах. Из природных источников в атмосферу сера попадает в виде сероводорода (H_2S) – бесцветного ядовитого газа с запахом тухлых яиц, который образуется при извержении вулканов, при разложении органических веществ в болотах и затапливаемых приливами низинах; в виде диоксида серы (SO_2) – бесцветного удушливого газа, образующегося при извержении вулканов, и частиц сульфатных солей, например, сульфата аммония, из мельчайших брызг океанической воды. Она переносится с атмосферными осадками и попадает в наземные и водные экосистемы.

Для круговорота серы характерны обширный резервный фонд в почве и отложениях и меньший фонд – в атмосфере. В быстро обмениваемом фонде серы ключевую роль играют специализированные группы микроорганизмов (сульфатооксиляющие и сульфат-редуцирующие бактерии). Бесцветные, зеленые и пурпурные серобактерии превращают сероводород (H_2S) в серу (S) и в сульфат-ион (SO_4^{2-}), восстанавливают сульфат-ионы до сероводорода бактерии рода *Desulfovibrio*, а тиобациллы вновь окисляют сероводород в сульфат-ионы.

Сульфат-ион, аналогично нитрату и фосфату, – основная доступная форма серы, которая восстанавливается автотрофами и включается в белки (сера входит в состав ряда аминокислот – цистина, цистеина, метионина). Сульфатредуцирующие микроорганизмы, разрушающие органические соединения в почве, восстанавливают серу в сероводород или в минеральную серу. Сульфатооксиляющие микроорганизмы окисляют серу, превращая ее в сульфаты. Сульфаты поглощаются растениями и вновь попадают в круговорот (рис. 4).

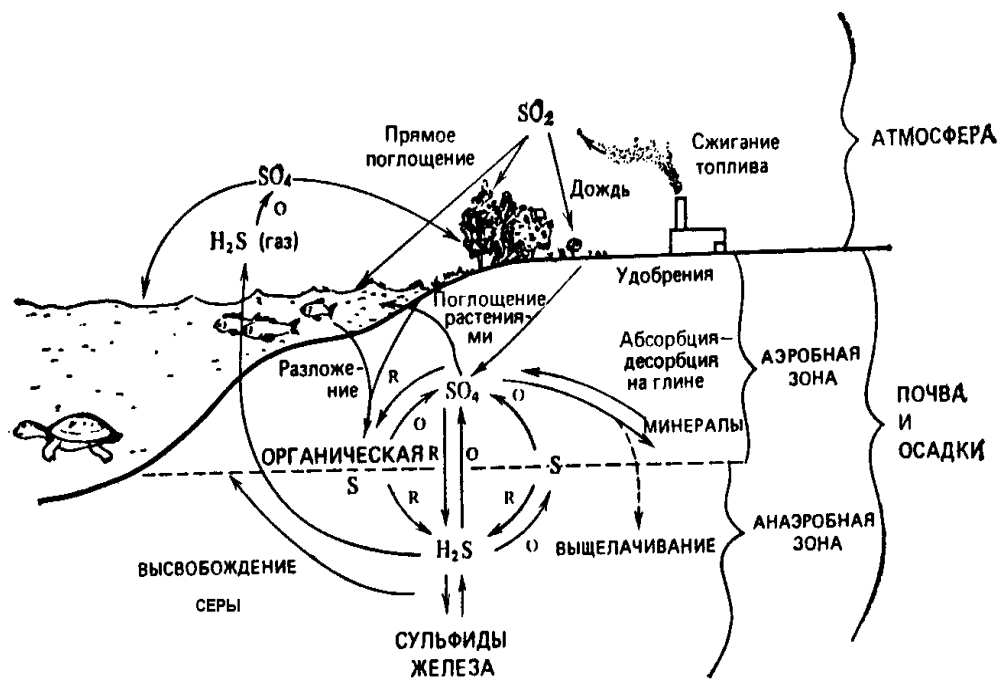


Рис. 4. Круговорот серы (по Ю. Одуму, 1986 г.)

Около трети всех соединений серы и 99% диоксида серы, попадающих в атмосферу, имеют антропогенное происхождение. Сжигание серосодержащих углей, нефти, выплавка металлов из серосодержащих руд приводит к выбросам в атмосферу диоксида серы (SO_2). В атмосфере диоксид серы окисляется кислородом до газообразного триоксида серы (SO_3) – сернистого ангидрида. Сернистый ангидрид, взаимодействуя с атмосферной влагой, превращается в капельки серной кислоты (H_2SO_4), которые затем вместе с атмосферными осадками выпадает на поверхность земли.

1.5.5. Круговорот воды (гидрологический цикл)

Вода является необходимой частью биосферы. Она входит в состав всех живых организмов и составляет до 90% их веса. Вода присутствует на Земле в Мировом океане и в виде воды континентов: льда, воды рек, озер, водохранилищ. Солнечная энергия и земное притяжение непрерывно перемещают воду между океанами, атмосферой, сушей и живыми организмами. Важнейшими процессами этого круговорота являются *испарение* (превращение воды в водяной пар), *конденсация* (превращение водяного пара в

капли жидкой воды), *осадки* (дождь, изморось, град, снег) и *сток* воды назад в море для возобновления цикла (рис. 5).

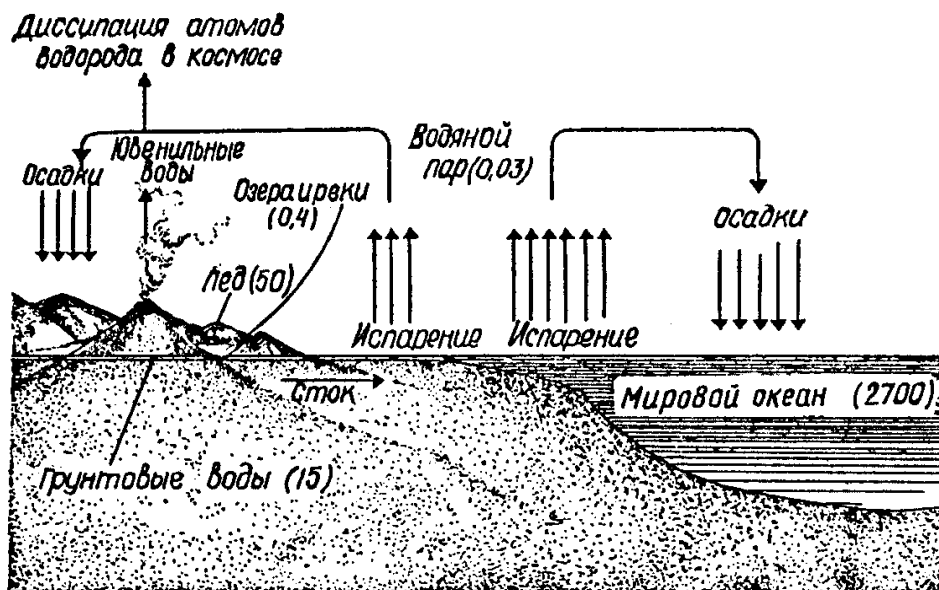


Рис. 5. *Круговорот воды в биосфере (по В.А. Радкевичу, 1983 г.)*

Под воздействием поступающей солнечной энергии вода испаряется с поверхности океанов, рек, озер, почв и растений и поступает в атмосферу. Ветры и воздушные массы переносят водяной пар в различные районы Земли. Понижение температуры в отдельных частях атмосферы приводит к конденсации водяного пара и образованию массы мельчайших капелек воды в виде облаков или тумана. В конце концов, капли воды сливаются вместе и становятся настолько тяжелыми, что выпадают на поверхность суши или водоема в виде атмосферных осадков. В среднем молекула воды находится в воздухе около 10 дней, прежде чем попадает с осадками на землю. Примерно половина всех осадков на планете выпадает в зоне тропических лесов. Часть пресной воды, возвращающейся на поверхность земли в виде осадков, замерзает в ледниках. Однако в основном вода, достигая почвы, просачивается в нее и образует поверхностный сток, заполняет понижения и ложбины и стекает в ближайшие озера, ручьи и реки, которые несут ее обратно в океан, тем самым, замыкая кольцо круговорота. Если вода атмосферных осадков достигает грунтовых вод, она включается в их состав. Почвенная влага используется растениями, а часть ее путем испарения растениями (транспирации) вновь

попадает в атмосферу. Транспирация растениями вносит существенный вклад в круговорот воды. В некоторых районах транспирация даже превышает испарение воды со свободной поверхности водных объектов. Вода, особенно пресная, имеет значение как «транспортное средство» – переносит растворенные, в том числе загрязняющие, вещества.

Человек вмешивается в круговорот воды двумя способами:

1) забор больших количеств пресной воды из рек, озер и водоносных горизонтов. В густозаселенных или интенсивно орошаемых районах водозабор привел к истощению запасов грунтовых вод или к вторжению океанической соленой воды в подземные водоносные горизонты;

2) сведение растительного покрова суши в интересах развития сельского хозяйства, при добыче полезных ископаемых, строительстве дорог, автостоянок и других видов деятельности. Это приводит к уменьшению просачивания поверхностных вод под землю, что сокращает пополнение запасов грунтовых вод, увеличивает риск наводнений и повышает интенсивность поверхностного стока, тем самым, усиливая эрозию почв.

1.6. Антропогенные воздействия на биосферу

Человек практически в самого начала своего существования оказывал влияние на природу.

Сегодня качественный скачок в развитии науки и техники привел к тому, что антропогенные воздействия по своему значению для биосферы вышли на один уровень с естественными процессами в биосфере и зачастую превосходят их.

По А. Н. Тетиору (1992 г.), к *антропогенным воздействиям* относят все виды угнетающих природу воздействий, создаваемых техникой и непосредственно человеком.

Антропогенные воздействия подразделяют:

– *загрязнения* – внесение в среду нехарактерных для нее новых физических, химических или биологических агентов (элементов, соединений, веществ, объектов), нарушающих процессы круговорота веществ;

- *технические преобразования и разрушение природных систем и ландшафтов* – при добыче полезных ископаемых, при сельскохозяйственных работах, строительстве и т. д.;
- *исчерпание природных ресурсов* (полезные ископаемые, вода, воздух, биологические компоненты экосистем);
- *глобальные климатические воздействия* (изменения климата в связи с хозяйственной деятельностью человека);
- *эстетические нарушения* (изменение природных форм, неблагоприятное для визуального или иного восприятия, разрушение историко-культурных ценностей).

В результате человек воздействует на биосферу и изменяет состав, круговорот и баланс веществ, тепловой баланс приповерхностной части Земли, структуру земной поверхности.

1.7. Виды и последствия загрязнения окружающей природной среды

Под *загрязнением окружающей среды* понимают любое внесение в ту или иную экологическую систему не свойственных ей живых или неживых компонентов, физических или структурных изменений, прерывающих или нарушающих процессы круговорота и обмена веществ, потоки энергии со снижением продуктивности или разрушением данной экосистемы.

Различают *природные* загрязнения, вызванные природными, нередко катастрофическими причинами, например, извержение вулкана, пыльные бури, лесные и степные пожары, и *антропогенные* загрязнения, связанные с хозяйственной деятельностью человека.

Антропогенные загрязнители делятся на *материальные* (пыль, газы, зола, шлаки и др.) и *физические* или *энергетические* (тепловая энергия, электрические и электромагнитные поля, шум, вибрация и т. д.).

Материальные загрязнители подразделяются на *механические, химические и биологические*.

К *механическим* загрязнителям относятся пыль и аэрозоли атмосферного воздуха, твердые частицы в воде и почве.

Химическими загрязнителями являются различные газообразные, жидкие и твердые химические соединения, и элементы,

попадающие в атмосферу, гидросферу и вступающие во взаимодействие с окружающей средой – кислоты, щелочи, диоксид серы, эмульсии и т. д.

Биологические загрязнения – микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности – это качественно новый вид загрязнений, возникший в результате применения процессов микробиологического синтеза с использованием различных видов микроорганизмов (дрожжей, актиномицетов, бактерий, плесневых грибов и др.).

К *энергетическим* загрязнениям относятся все виды энергии – тепловой, механической (вибрации, шум, ультразвук), световой (видимое, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения (альфа-, бета-, гамма-, рентгеновское и нейтронное) – как отходы разнообразных производств.

Некоторые виды загрязнений, например, радиоактивные отходы и выбросы, образующиеся при взрывах ядерных зарядов и авариях на атомных электростанциях и предприятиях, являются одновременно материальными и энергетическими.

1.8. Основные загрязнители биосферы

Наиболее распространенными загрязняющими веществами, поступающими в атмосферный воздух от техногенных источников, являются: оксид углерода CO; диоксид серы SO₂; оксиды азота NO_x; углеводороды, пыль.

Оксид углерода (CO) – самая распространенная и наиболее значительная примесь атмосферы, называемая в быту угарным газом. Содержание CO в естественных условиях составляет от 0,01 до 0,2 мг/м³. Основная масса выбросов CO разуется в процессе сжигания органического топлива, прежде всего в двигателях внутреннего сгорания. Содержание CO в воздухе крупных городов колеблется в пределах 1-250 мг/м³, при среднем значении 20 мг/м³. Наиболее высокая концентрация CO наблюдается на улицах и площадях городов с интенсивным движением, особенно у перекрестков. Высокая концентрация CO в воздухе приводит к физиологическим изменениям в организме человека, а концентрация более 750 мг/м³ – к смерти. CO – исключительно агрессивный газ, легко соединяющийся с гемоглобином крови, образуя

карбоксигемоглобин. Состояние организма при дыхании воздухом, содержащим угарный газ, характеризуется:

- 1) ухудшением остроты зрения и способности оценивать длительность интервалов времени,
- 2) нарушением психомоторных функций головного мозга,
- 3) изменением деятельности сердца и легких,
- 4) головными болями, сонливостью, спазмами, нарушением дыхания, смертельными исходами.

Степень воздействия СО на организм человека зависит также от длительности воздействия (экспозиции) и вида деятельности человека. Например, при содержании СО в воздухе 10-50 мг/м³, которое наблюдается на перекрестках улиц больших городов, при экспозиции ~ 60 мин отмечаются нарушения, приведенные в п. 1, а при экспозиции от 12 часов до 6 недель – в п. 2. При тяжелой физической работе отравление наступает в 2-3 раза быстрее. Образование карбоксигемоглобина – процесс обратимый, через 3-4 ч содержание его в крови уменьшается в 2 раза.

Диоксид серы (SO₂) – бесцветный газ с острым запахом. На его долю приходится до 95 % от общего объема сернистых соединений, поступающих в атмосферу от антропогенных источников. До 70% выбросов SO₂ образуется при сжигании угля.

При концентрации диоксида серы 20-30 мг/м³ раздражается слизистая оболочка рта и глаз, во рту возникает неприятный привкус. Весьма чувствительны к SO₂ хвойные леса. При концентрации SO₂ в воздухе 0,23-0,32 мг/м³ в результате нарушения фотосинтеза происходит усыхание хвои в течение 2-3 лет. Аналогичные изменения у лиственных деревьев происходят при концентрациях SO₂ 0,5-1 мг/м³.

Основной техногенный источник выбросов *углеводородов* (C_mH_n – пары бензина, метан, пентан, гексан) – автотранспорт. Его удельный вес составляет более 50% от общего объема выбросов. При неполном сгорании топлива происходит также выброс циклических углеводородов, обладающих канцерогенными свойствами. Особенно много канцерогенных веществ содержится в саже, выбрасываемой дизельными двигателями. Из углеводородов в атмосферном воздухе наиболее часто встречается метан, что является следствием его низкой реакционной способности. Углеводороды обладают наркотическим действием, вызывают

головную боль, головокружение. При вдыхании в течение 8 часов паров бензина с концентрацией более 600 мг/м^3 возникают головные боли, кашель, неприятные ощущения в горле.

Оксиды азота (NO_x) образуются в процессе горения при высокой температуре путем окисления части азота, находящегося в атмосферном воздухе. Под общей формулой NO_x обычно подразумевают сумму NO и NO_2 . Основные источники выбросов NO_x – двигатели внутреннего сгорания, топки промышленных котлов, печи.

NO_2 – газ желтого цвета, придающий воздуху в городах коричневатый оттенок. Отравляющее действие NO_2 начинается с легкого кашля. При повышении концентрации кашель усиливается, начинается головная боль, возникает рвота. При контакте NO_2 с водяным паром, поверхностью слизистой оболочки образуются кислоты HNO_3 и HNO_2 , что может привести к отеку легких. Продолжительность нахождения NO_2 в атмосфере – около 3 суток.

Пыль оказывает вредное воздействие на человека, растительный и животный мир, поглощает солнечную радиацию и тем самым влияет на термический режим атмосферы и земной поверхности. Частицы пыли служат ядрами конденсации при образовании облаков и туманов. Основные источники образования пыли: производство строительных материалов, черная и цветная металлургия (оксиды железа, частицы Al , Cu , Zn), автотранспорт, пылящие и тлеющие места складирования бытовых и производственных отходов. Основная масса пыли вымывается из атмосферы осадками. Размер пылинок колеблется от сотых долей до нескольких десятков мкм. Средний размер частиц пыли в атмосферном воздухе – 7-8 мкм.

Выбросы, содержащие примеси в виде частиц пыли, дыма, тумана или пара, называются аэрозолями. Общее число разновидностей загрязняющих атмосферу аэрозолей составляет несколько сотен.

Пыль, содержащаяся в атмосфере, классифицируется по времени и форме ее образования:

- *первичное пыление* – пыль, образующаяся в результате какого-либо естественного или антропогенного процесса и выбрасываемая в атмосферу;
- *вторичное пыление* – пыль, образуемая в атмосфере из

находящихся в ней жидких или газообразных веществ в результате химических или физических преобразований;

- *поверхностное пыление* – переход пыли, сформировавшейся на поверхности земли, в атмосферу.

Жидкие загрязняющие вещества образуются при конденсации паров, распылении или разливе жидкостей, в результате химических или фотохимических реакций. Конденсация паров происходит в результате охлаждения их окружающим атмосферным воздухом. В зависимости от точки плавления конденсированные пары при низких температурах могут переходить в твердые частицы.

Нитраты и нитриты.

Нитраты, нитриты и нитрозамины – это токсичная группа соединений азота. К ним относится и селитра, которую добавляют в ветчину, сыр и другие копчености из рыбы и мяса. Копчение при помощи нитратов (селитры) применяют уже около 1000 лет, хотя во многих странах оно уже запрещено. Вместо селитры теперь используют другие нитраты с аскорбиновой кислотой (витамин С).

Сами по себе нитраты не опасны, но они переходят в нитриты, а в желудочно-кишечном тракте человека превращаются в нитрозамины, являющиеся канцерогенами.

Если в почву в избытке вносят азотные удобрения, то нитраты и нитриты накапливаются в растениях, выращенных на такой почве.

Нитраты связываются с гемоглобином крови, превращая его в метгемоглобин. Метгемоглобин не способен переносить кислород к органам и тканям, поэтому накопление метгемоглобина приводит организм к кислородному голоданию.

Попадание нитратов в организм вызывает отек легких, кашель, рвоту, острую сердечную недостаточность. Смертельная доза нитратов для человека составляет 8-15 г, допустимое суточное потребление – 5 мг/кг массы тела.

Диоксины.

Диоксины – это глобальные экотоксиканты, обладающие мощным мутагенным, иммунодепрессантным, канцерогенным, тератогенным и эмбриотоксическим действием. Они слабо рас-

щепляются и накапливаются, как в организме человека, так и в биосфере планеты, включая воздух, воду, пищу. Величина летальной (смертельной) дозы для этих веществ достигает 10^{-6} г на 1 кг живого веса, что существенно меньше аналогичной величины для некоторых боевых отравляющих веществ, например, для зомана, зарина и табуна (порядка 10^{-3} г/кг).

Причина исключительной токсичности диоксинов – способность этих веществ удивительно точно вписываться в рецепторы живых организмов и подавлять или изменять их жизненные функции. Диоксины, подавляя иммунитет и грубо вмешиваясь в процессы деления и специализации клеток, провоцируют развитие онкологических заболеваний. Вторгаются диоксины и в сложную отлаженную работу эндокринных желез. Вмешиваются в репродуктивную функцию, резко замедляя половое созревание и нередко приводя к женскому и мужскому бесплодию. Они вызывают глубокие нарушения практически во всех обменных процессах, подавляют и ломают работу иммунной системы, приводя к состоянию так называемого «химического СПИДа». Недавние исследования подтвердили, что диоксины вызывают уродства и проблемное развитие у детей.

В организм человека диоксины проникают несколькими путями: 90% – с водой и пищей через желудочно-кишечный тракт, остальные 10% – с воздухом и пылью через лёгкие и кожу. Эти вещества циркулируют в крови, откладываясь в жировой ткани и липидах всех без исключения клеток организма. Через плаценту и с грудным молоком они передаются плоду и ребёнку.

Диоксины являются побочными продуктами многих производств. Диоксины обнаруживаются в составе отходов химической промышленности, металлургии, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, образуются при уничтожении отходов в мусоросжигательных печах, при горении бытовых отходов, на тепловых электростанциях, на городских свалках. Диоксины возникают практически везде, где ионы хлора, брома или их сочетания взаимодействуют с активным углеродом в кислородной среде. Наиболее опасно присутствие диоксинов в питьевой воде. Источником образования диоксинов в водопроводной воде может стать обеззараживание питьевой воды молекулярным хлором (хлорирование).

Тяжелые металлы.

Тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, цинк, медь, мышьяк) относятся к числу распространенных и весьма токсичных загрязняющих веществ. Они широко применяются в различных промышленных производствах, поэтому, несмотря на очистные мероприятия, содержание соединения тяжелых металлов в промышленных сточных водах довольно высокое.

Для морских биоценозов наиболее опасны ртуть, свинец и кадмий. *Ртуть* переносится в океан с материковым стоком и через атмосферу. При выветривании осадочных пород ежегодно выделяется 3,5 тыс. т ртути. В составе атмосферной пыли содержится около 12 тыс. т ртути, причем значительная часть – антропогенного происхождения. Около половины годового промышленного производства этого металла (910 тыс. т/год) различными путями попадает в океан. В районах, загрязняемых промышленными водами, концентрация ртути в растворе и взвешях сильно повышается. При этом некоторые бактерии переводят хлориды в высокотоксичную *метилртуть*.

Заражение морепродуктов неоднократно приводило к ртутному отравлению прибрежного населения. К 1977 г. насчитывалось 2800 жертв *болезни Минамата*, причиной которой послужили отходы предприятий по производству хлорвинила и ацетальдегида, на которых в качестве катализатора использовалась хлористая ртуть. Недостаточно очищенные сточные воды предприятий поступали в залив Минамата (Япония).

Свинец – типичный рассеянный элемент, содержащийся во всех компонентах окружающей среды: в горных породах, почвах, природных водах, атмосфере, живых организмах. Наконец, свинец активно рассеивается в окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности человека. Это выбросы с промышленными и бытовыми стоками, с дымом и пылью промышленных предприятий, с выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания. Миграционный поток свинца с континента в океан идет не только с речными стоками, но и через атмосферу. С континентальной пылью океан получает 20-30 т свинца в год. Из почвы свинец поступает в растения, где может накапливаться в значительных количествах. В дальнейшем свинец может поступать в организм человека с продуктами питания. Признаками свинцового отравле-

ния являются бессонница, повышенная активность, которая затем сменяется повышенной утомляемостью и депрессией, нарушения деятельности кишечника, заболевания кровеносной и нервной систем. Свинец способен к накапливанию в организме, особенно в костной ткани.

Кадмий содержится в отходах промышленных предприятий, связанных с производством специальных сплавов, автоматики, полупроводников, атомной и ракетной техники, полимеров, удобрений и пестицидов.

В литературе описаны случаи хронических отравлений кадмием. Так, в Японии произошла вспышка заболевания, получившего название «итай-итай» или «ох-ох» из-за загрязнения кадмием продуктов питания. Заболевание связано с дефицитом кальция в организме, активно замещавшегося кадмием. Первоначальные признаки заболевания проявлялись сильными болями в нижних конечностях и пояснице, в нарушении функции почек. Впоследствии появлялись сильное похудение, деформации скелета и переломы костей из-за нарушения фосфатно-кальциевого обмена. Многие случаи заболевания закончились инвалидностью или смертью.

Пестициды.

Пестициды составляют группу искусственно созданных веществ, используемых для борьбы с вредителями и болезнями растений. Пестициды делятся на следующие группы: *инсектициды* – для борьбы с вредными насекомыми, *фунгициды* и *бактерициды* – для борьбы с бактериальными болезнями растений, *гербициды* – против сорных растений. Установлено, что пестициды, уничтожая вредителей, наносят вред многим полезным организмам. В сельском хозяйстве давно уже стоит проблема перехода от химических к биологическим (экологически чистым) методам борьбы с вредителями. В настоящее время более 5 млн. т пестицидов поступает на мировой рынок. Около 1,5 млн. т этих веществ уже вошло в состав наземных и морских экосистем.

Промышленное производство пестицидов сопровождается появлением большого количества побочных продуктов, загрязняющих сточные воды. В водной среде чаще других встречаются представители инсектицидов, фунгицидов и гербицидов. Синте-

зированные инсектициды делятся на три основных группы: хлороорганические, фосфоорганические и карбонаты.

Хлороорганические инсектициды получают путем хлорирования ароматических и гетероциклических жидких углеводородов. К ним относятся ДДТ и его производные. Эти вещества имеют период полураспада до нескольких десятков лет и очень устойчивы к биодegradации. В водной среде часто встречаются полихлорбифенилы – производные ДДТ без алифатической части, насчитывающие 210 гомологов и изомеров. За последние 40 лет использовано более 1,2 млн. т полихлорбифенилов в производстве пластмасс, красителей, трансформаторов, конденсаторов.

Полихлорбифенилы (ПХБ) попадают в окружающую среду в результате сбросов промышленных сточных вод и сжигания твердых отходов на свалках. Последний источник поставляет ПХБ в атмосферу, откуда они с атмосферными осадками выпадают во всех районах Земного шара. Так, в пробах снега, взятых в Антарктиде, содержание ПХБ составило 0,03-1,2 кг/л.

Синтетические поверхностно-активные вещества.

Детергенты (СПАВ) относятся к обширной группе веществ, понижающих поверхностное натяжение воды. Они входят в состав синтетических моющих средств, широко применяемых в быту и промышленности. Вместе со сточными водами СПАВ попадают в материковые воды и морскую среду.

Синтетические моющие средства содержат полифосфаты натрия, в которых растворены детергенты, а также ряд добавочных ингредиентов, токсичных для водных организмов: ароматизирующие вещества, отбеливающие реагенты (персульфаты, пербораты), кальцинированная сода, карбоксиметил-целлюлоза, силикаты натрия.

Присутствие СПАВ в сточных водах промышленности связано с использованием их в таких процессах, как флотационное обогащение руд, разделение продуктов химических технологий, получение полимеров, улучшение условий бурения нефтяных и газовых скважин, борьба с коррозией оборудования. В сельском хозяйстве СПАВ применяется в составе пестицидов.

1.9. Вредные физические воздействия

К числу *вредных физических воздействий* относят:

- *ионизирующие излучения* – радиационные воздействия высокого уровня энергии (потоки α -, β - и γ -частиц, образующиеся при радиоактивном распаде или в ускорителях), электромагнитные излучения длиной волны менее 10^{-7} см;
- *неионизирующие излучения* – часть электромагнитного спектра длиной волны более 10^{-7} см в диапазоне от низких до лазерных частот, малые дозы радиоактивного излучения;
- *акустические воздействия* – шум, ультразвук и инфразвук;
- *вибрацию*.

Ионизирующие излучения характеризуются высокой степенью биологического воздействия на уровне молекул и клеток, отдельных органов и организма целом. При этом происходит поглощение биосубстратом энергии излучения, ионизация атомов и молекул, повреждение молекулярных соединений и образование активных свободных радикалов. Реакции организма, которые включают как соматические, так и генетические изменения, зависят от вида излучения, скорости поглощения энергии, поглощенной дозы излучения, распределения энергии облучения в организме, индивидуальных особенностей организма.

Неионизирующие излучения не оказывают столь быстрого разрушающего действия на живые организмы, однако отдаленные последствия его воздействия часто оказываются достаточно опасными.

Радиоактивное облучение связано с воздействием источников, как естественного происхождения, так и созданных человеком.

Воздействующее на живой организм излучение подразделяется на *внешнее* и *внутреннее*.

Внешнее облучение предполагает, что источник воздействия находится вне организма. Оно связано в основном с бета- и гамма-излучением, имеющими высокую проникающую способность. В случае, если радиоактивные вещества с пищей или вдыхаемым воздухом попадают внутрь организма, появляется источник внутреннего облучения.

При *внутреннем излучении* на клетки организма воздей-

ствуют альфа-частицы.

Радиационный фон Земли складывается под влиянием *трех компонентов*:

- 1) излучения, обусловленного космическим излучением;
- 2) излучения от естественных радионуклидов, рассеянных в земной коре, почве, воздухе, воде и других объектах внешней среды;
- 3) излучения от искусственных радионуклидов.

Первые два компонента определяют *естественный радиационный фон* нашей планеты, третий компонент характеризует *радиационное загрязнение* биосферы.

Основная часть получаемой жителями Земли дозы облучения обусловлена естественными источниками. Средняя годовая индивидуальная эквивалентная доза от них составляет для землян 2 миллизиверта (мЗв).

Дозы облучения населения от естественных источников радиации зависят от высоты городов над уровнем моря, геологического строения и планировочно-архитектурных особенностей территории.

Для жителей горных местностей возрастает доля космического излучения в полученной за год эквивалентной индивидуальной дозе. Так, при подъеме от уровня моря до 2000 м облучение от космических лучей возрастает в несколько раз.

Повышение дозы облучения может быть вызвано использованием при строительстве зданий, дорог или планировке территорий материалов с высоким содержанием радионуклидов.

Уголь, сжигаемый в промышленных энергетических установках или в жилых домах содержит естественные радиоактивные калий-40, а также уран-238 и торий-232.

Опасным естественным источником внутреннего облучения человека является газ *радон*. Он в 7,5 раз тяжелее воздуха, не имеет цвета и запаха. Радиоактивными свойствами обладают радон-222 и радон-220, которые являются продуктом распада радия-226. Радон выделяется из горных пород через почву и скапливается в помещениях первых этажей зданий, особенно при их недостаточной вентиляции. Определенный вклад в поступление радона в жилые помещения вносят материалы, из которых они построены, и вода, поступающая из скважин. Радон скапливается

в ваннных комнатах особенно при пользовании душем.

Источники радиоактивного излучения, созданные человеком, от светящихся циферблатов и аппаратов медицинской диагностики до атомного оружия и атомной энергетики, привели к возрастанию как индивидуальных, так и коллективных доз облучения.

Радиационное облучение может вызвать многие болезни, в том числе рак. Значительные дозы приводят к смерти, меньшие дозы вызывают мутации в человеческой популяции.

Актуальна проблема захоронения радиоактивных отходов. В России имеется 257 мест неглубокого захоронения радиоактивных отходов. Там сосредоточено свыше 400 млн. м³ жидких и около 300 млн. т твердых отходов. Их активность превышает 1 млрд. Ки. Кроме того, в глубоких хранилищах сосредоточены жидкие отходы примерно такой же активности. При эксплуатации таких хранилищ необходим жесткий мониторинг, контроль излучения и утечек вещества.

К *естественным электромагнитным полям* относится магнитное поле Земли. Магнитное поле Земли оказывает сильное влияние на электрические частицы, движущиеся в межпланетном пространстве около Земли. Магнитное поле Земли удерживает огромное число электронов и протонов. Частицы заполняют как бы огромные кольца или пояса, охватывающие Землю вокруг геомагнитного экватора.

Всю область околоземного пространства, заполненную частицами, движущимися в магнитном поле Земли, называют *магнитосферой*. Она отделена от межпланетного пространства *магнитопазой*, вдоль которой частицы корпускулярных потоков («солнечного ветра») обтекают магнитосферу. Под влиянием корпускулярных потоков магнитное поле Земли испытывает кратковременные изменения. Это явление называется *магнитной бурей*.

Организм человека, как показывают проведенные в последние годы исследования, реагирует на изменение напряженности магнитного поля. Так, магнитные бури, возникающие в период солнечной активности, вызывают нарушения сердечно-сосудистой системы.

Искусственные магнитные поля, создаваемые постоянным

электрическим током большой силы, характеризуются напряженностью до нескольких тысяч ампер на метр.

Нормативная величина напряженности постоянного магнитного поля, образующегося вблизи установок и линий электропередач постоянного тока, течение рабочего дня составляет 8000 А/м, предельно допустимый уровень напряженности не установлен.

Наряду с магнитным постоянный электрический ток создает электрическое поле, называемое *электростатическим*. Электростатическое поле высокой напряженности оказывает негативное воздействие на организм человека, в частности вызывает расстройства нервной системы, отрицательно влияет на репродуктивную функцию организма, особенно у мужчин. Нормативная величина напряженности электростатического поля в течение рабочего дня составляет 20 кВ/м, предельно допустимый уровень напряженности – 60 кВ/м.

Источником электромагнитных полей является переменный ток. Электромагнитное поле характеризуется напряженностью (В/м) и плотностью потока мощности (Вт/м^2). Создаваемые электромагнитным полем электромагнитные волны характеризуются частотой колебаний (Гц).

Переменный ток промышленной частоты (50 Гц) передается по линиям электропередач напряженностью 330, 500, 750 и 1150 кВ. Источниками низкочастотного (50 Гц) электромагнитного излучения являются также открытые распределительные устройства и электроустановки переменного тока.

Для защиты населения от воздействия поля, генерируемого воздушными линиями электропередач, устанавливаются санитарно-защитные зоны по обе стороны трассы

Источниками электромагнитных излучений являются также радиотехнические и электронные устройства: связь, локация, радио и телевидение.

Вокруг любого источника электромагнитного излучения образуются *три зоны воздействия: ближняя* (индукции), *промежуточная* (интерференции) и *дальняя* (волновая).

По мере удаления от источника излучения интенсивность воздействия электромагнитного поля затухает.

Воздействие электромагнитного излучения на жителей

населенных пунктов зависит от мощности источника и частоты.

Для защиты населения от воздействия электромагнитного поля высокой частоты радиостанции, телецентры, ретрансляторы и другие источники радиоволнового излучения мощностью свыше 100 кВт должны размещаться за пределами населенных пунктов. Если источники радиоволнового излучения располагаются в городской черте, то вокруг них в обязательном порядке должна быть создана *санитарно-защитная зона (СЗЗ)*, состоящая из зоны строгого режима и зоны ограниченного пользования.

На внешней границе зоны строгого режима напряженность электромагнитного поля не должна превышать 20 В/м, а на внешней границе зоны ограниченного пользования – 2 В/м. В зоне строгого режима находится источник радиоволнового излучения. Она, как правило, ограждена и охраняется. В пределах СЗЗ не допускается расположение жилых домов. Размеры СЗЗ определяются расчетом, исходя из суммарной мощности передатчиков, высоты и коэффициента усиления антенны, рельефа местности. Расчетные размеры СЗЗ составляют от нескольких сот метров до 1-2 км. С увеличением высоты антенн, в частности для локаторов непрерывного действия, напряженность создаваемого электромагнитного поля возрастает по вертикали, что необходимо учитывать при установлении границ СЗЗ и этажности застройки в зоне влияния источника радиоволнового излучения

Акустическое воздействие – шум представляет собой беспорядочные колебания сложной спектральной структуры, часто смешанные с периодическими акустическими колебаниями. Интенсивность и спектральный состав шума определяют качественные особенности восприятия его органами слуха человека и степень воздействия на организм в целом.

Шум вызывает раздражающее действие на людей. Предельный уровень шумового давления, длительность которого не приводит к преждевременным повреждениям органов слуха, равен 80-90 децибел (дБ). Если же уровень звукового давления превышает 90 дБ, то это постепенно приводит к частичной или даже полной глухоте.

Акустические колебания в зависимости от частоты подразделяются на *ультразвук*, *звук* и *инфразвук*. При частоте от 16 до 20 000 Гц акустические колебания воспринимаются органами

слуха человека. Колебания с частотой более 20 000 Гц относят к *ультразвуковым*, с частотой менее 16 Гц – к *инфразвуковым* колебаниям. Выделяется также диапазон частот от 2-104 до 109 Гц, который получил название *гиперзвуковых*.

Громкость звука зависит от амплитуды звуковых колебаний, а сила (или интенсивность) звука характеризуется мощностью звука, приходящейся на единицу площади, и выражается в Вт/м².

Звуковое воздействие оценивают относительной интенсивностью звука, для числового выражения которой принята единица децибел (дБ).

Звуковые колебания с частотой ниже 20 Гц получили название *инфразвука*. В природе сильный инфразвук – явление крайне редкое. Он наблюдается лишь при извержениях вулканов, землетрясениях, сильных штормах. Проблема инфразвука возникла в век огромных сооружений, машин и установок. Именно их эксплуатация выявила инфразвуковые эффекты.

Звук очень низкой частоты вызывает резонанс в различных внутренних органах человека. Раздражается множество рецепторов. Колебания передают информацию о раздражителе в нервные центры и вызывают рефлекторные реакции органов и систем. Таковы механизмы возникновения болевых и других неприятных ощущений, а также реакции со стороны нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Американский ученый Р. Вуд провел такой эксперимент: во время одного из спектаклей он воспроизвел в театре звук частотой 13 Гц. Почти у всех зрителей действие этого звука вызвало ощущение неясной тревоги и безотчетного страха.

Инфразвуки являются главной причиной нервной усталости жителей крупных городов.

Источниками инфразвука в промышленности являются компрессоры, дизельные двигатели, вентиляторы.

Инфразвуковые и низкочастотные колебания возникают при взлете и посадке самолетов гражданской авиации, движении автотранспортных потоков и электропоездов.

Уровень инфразвукового давления достигает мощности от 80 дБ при работе небольших компрессоров до сотен децибел при испытаниях реактивных двигателей.

Поэтому при проектировании различных строительных объ-

ектов и жилых зданий следует учитывать инфразвуковой резонанс. Используя ребристые конструкции повышенной жесткости, можно снизить инфразвуковой шум в зданиях аэровокзалов, вблизи оживленных эстакад, на промышленных предприятиях.

Частота звуковых колебаний свыше 20 тыс. Гц называется *ультразвуком*. Ультразвук применяется в промышленности для контрольно-измерительных целей (дефектоскопия, измерение толщины стенок трубопроводов и др.), а также для осуществления и интенсификации различных технологических процессов (очистка деталей, сварка, пайка, дробление). Ультразвук ускоряет протекание процессов диффузии, растворения и химических реакций.

Вредное воздействие ультразвука на организм человека выражается в нарушении деятельности нервной системы, снижении болевой чувствительности, изменении сосудистого давления, а также состава и свойств крови.

Вибрация представляет собой механические колебания материальных систем с частотой обычно больше одного герца и с малой амплитудой.

Вибрационные воздействия связаны с акустическими колебаниями низких частот и инфразвуковыми колебаниями. Инфразвуки генерируются многочисленными природными источниками (ураганами, предштормовыми явлениями на море, действующими вулканами и т. д.) и способны распространяться на огромные расстояния, огибая препятствия. Мощность инфразвуковых колебаний естественного происхождения невелика.

Города являются сосредоточием техногенных источников инфразвуковых колебаний и связанной с ними вибрации. К ним относятся компрессорные станции, вентиляторы, виброплощадки, кондиционеры, градирни, турбины дизельных электростанций, внутридомовые технические устройства.

По интенсивности колебаний наиболее значимым для человека является городской рельсовый транспорт: метрополитены мелкого заложения, железнодорожные магистрали. Вибрация в квартирах часто связана с эксплуатацией лифта. В некоторых случаях ощутимая вибрация наблюдается при строительных работах, проводимых вблизи жилых зданий (забивка свай, демонтаж зданий, дорожные работы).

Вибрация негативно воздействуют на состояние людей, вызывая ощущение учащенного колебания внутренних органов и болевые ощущения, синдром морской болезни, а также чувство тревоги, страха, затрудняют интеллектуальную деятельность.

Различают *общую* и *местную вибрацию*. Общая вибрация действует на весь организм в целом, а местная – только на отдельные части его (верхние конечности, плечевой пояс, сосуды сердца). Если частоты колебания рабочих мест совпадают с собственными частотами колебаний внутренних органов человека (6–9 Гц – частота собственных колебаний), то возможно механическое повреждение органов вплоть до разрывов.

Нормирование уровня вибрации в жилых помещениях по показателям броскорости, виброускорения и вибросмещения (в децибелах) производится в диапазоне частот от 2 до 63 Гц с учетом времени суток, характера вибрации; ее продолжительности.

Вибрацию нормируют в соответствии с ГОСТ «Вибрация. Общие требования безопасности» и «Санитарными нормами и правилами».

Защита от вибрационного и инфразвукового воздействия должна быть ориентирована на совершенствование и регулирование источников воздействия.

Снижение вибрации в источнике ее возникновения достигается заменой динамических технологических процессов статическими (например, ковку и штамповку рекомендуется заменять прессованием, операцию ударной правки – вальцовкой, пневматическую клепку – сваркой). Рекомендуется тщательно выбирать режимы работы оборудования, чтобы вибрация была минимальной. Необходима также тщательная балансировка вращающихся механизмов.

Уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника достигается вибропоглощением. Например, в конструкциях вибрирующих агрегатов используются специальные материалы (сплав медь – никель), применяются двухслойные материалы (сталь – алюминий).

1.10. Воздействие горного производства на биосферу

Для всех способов разработки месторождений характерно воздействие на биосферу, затрагивающее практически все её элементы: водный и воздушный бассейны, землю, недра, растительный и животный мир.

Это воздействие может быть, как непосредственным (прямым), так и косвенным, являющимся следствием первого. Размеры зоны распространения косвенного воздействия значительно превышают размеры зоны локализации прямого воздействия и, как правило, в зону распространения косвенного воздействия попадает не только элемент биосферы, подвергающийся непосредственному воздействию, но и другие элементы.

В процессе горного производства образуются и быстро увеличиваются пространства, нарушенные горными выработками, отвалами пород и отходов переработки и представляющие собой бесплодные поверхности, отрицательное влияние которых распространяется на окружающие территории.

В связи с осушением месторождений и сбросом дренажных и сточных вод (отходов переработки полезных ископаемых) в поверхностные водоёмы и водотоки резко изменяются гидрогеологические и гидрологические условия в районе месторождения, ухудшается качество подземных и поверхностных вод. Атмосфера загрязняется пылегазовыми организованными и неорганизованными выбросами и выделениями различных источников, в том числе горных выработок, отвалов, перерабатывающих цехов и фабрик. В результате комплексного воздействия на указанные элементы биосферы существенно ухудшаются условия произрастания растений, обитания животных, жизни человека. Недра, являясь объектом и операционным базисом горного производства, подвергаются наибольшему воздействию. Так как недра относятся к элементам биосферы, не обладающим способностью к естественному возобновлению в обозримом будущем, охрана их должна предусматривать обеспечение научно обоснованной и экономически оправданной полноты и комплексности использования.

Воздействие горного производства на биосферу проявляется в различных отраслях народного хозяйства и имеет большое со-

циальное и экономическое значение. Так, косвенное воздействие на земли, связанное с изменением состояния и режима грунтовых вод, осадением пыли и химических соединений из выбросов в атмосферу, а также продуктов ветровой и водной эрозии. Приводит к ухудшению качества земель в зоне влияния горного производства. Это проявляется в угнетении и уничтожении естественной растительности, миграции и сокращении численности диких животных, снижении продуктивности сельского и лесного хозяйства, животноводства и рыбного хозяйства.

Классификация воздействия горного производства на окружающую среду.

Некоторыми авторами сделана попытка классифицировать воздействие горного производства на окружающую среду.

Японский учёный М. Накао разделяет негативное воздействие горного производства на окружающую среду на следующие группы:

1 – осадка земной поверхности вследствие образования подземных пустот и полостей, которые возникают при извлечении полезных ископаемых и откачке шахтных вод;

2 – ущерб сельскому хозяйству и рыболовству от воздействия откачанных шахтных вод;

3 – ущерб сельскому хозяйству и лесоводству от выделений газов, содержащих сернистые оксиды;

4 – ущерб живым существам. Строениям и земельным угольям вследствие образования терриконов, отстойников шахтных воды складирования отходов.

Эта классификация является очень узкой и не отражает всех особенностей воздействия горного производства на окружающую среду.

Польские специалисты Е. Малара, Т. Скавина и З. Боярский считают, что это воздействие вызывают геомеханические, гидрологические, химические, физико-механические и термические изменения в окружающей среде.

Геомеханические изменения обусловлены:

1. Строительством карьеров, отвалов, отстойных водоёмов, различных насыпей и траншей.

2. Деформацией поверхности в результате ведения горных работ.

3. Хранением отходов обогатительных фабрик.
4. Монтажными работами, работой тяжёлого оборудования и др.

В результате этого воздействия происходят: изменения рельефа местности, геологической структуры массива горных пород, почвы и строительного полотна; механические повреждения почвы, ликвидация почвы и создание беспочвенных местностей; повреждения строительных объектов и инженерных сооружений.

Гидрологические изменения обусловлены:

1. Дренажным воздействием подземных и открытых горных выработок.
2. Деформацией поверхности в результате ведения горных пород.
3. Строительством карьеров, отвалов, водоёмов, различных насыпей и траншей.
4. Смещением русел рек, строительством водоёмов, перепадов и других гидротехнических сооружений.
5. Загрязнением вод.
6. Использованием подземных вод для различных целей.
7. Дренированием месторождений.

В результате этого воздействия происходят: изменения положения и движения уровня подземных вод и гидрографической сети; ухудшение качества вод мелкозалегающих водоносных горизонтов, геолого-инженерных условий строительного полотна, водного режима почвенного слоя; уменьшение ресурсов подземных вод; увеличение суффозии и механического уплотнения грунтов; изменения морфодинамического режима рек; создание пойм.

Химические изменения обусловлены:

1. Эмиссией газов и химически активной пыли.
2. Сбросом засоленных и загрязнённых вод.
3. Воздействием токсичных компонентов, содержащихся в породных отвалах и хвостохранилищах.

В результате этого воздействия происходят: изменения состава и свойств атмосферного воздуха, вод и почвы.

Физико-механические изменения обусловлены:

1. Эмиссией пыли и аэрозолей.
2. Сбросами вод, загрязнённых суспензией и гидрозолями.

В результате этого воздействия происходят: изменения состава и свойств атмосферного воздуха, вод и почв; калькуляция русел и водотоков.

Термические изменения обусловлены:

1. Загрязнением воздуха.
2. Сбросом подогретых вод.
3. Нагнетанием подогретых вод в массив горных пород.

В результате этого воздействия происходят: изменения качества атмосферного воздуха и водного бассейна.

Целесообразно классифицировать воздействие горного производства на окружающую среду по отдельным элементам биосферы.

В настоящее время месторождения твердых полезных ископаемых разрабатываются, в основном, тремя способами: открытым, подземным и геотехническим. В будущем значительные перспективы имеет подводная добыча полезных ископаемых со дна морей и океанов.

Академик Н.В. Мельников отмечал, что генеральным направлением развития горнодобывающих отраслей является обеспечение опережающего роста прогрессивного открытого способа добычи, на долю которого в производстве угля, руд и нерудного сырья приходится 75 %. Подземным способом целесообразно добывать коксующиеся и ценные энергетические угли, залегающие на больших глубинах, железные и марганцевые руды, а также жильные руды цветных металлов, калийные соли и часть фосфатного сырья.

Академик В.В. Ржевский выделяет открытые разработки залежи полезного ископаемого относительно земной поверхности:

1. Поверхностного вида, т.е. залежи, непосредственно выходящие на поверхность или расположенные под насосами небольшой (до 20-30 м) мощности. Залегание – горизонтальное или пологое.

К этому виду относится большинство разработок россыпей, природных строительных горных работ, значительная часть угольных и небольшая часть рудных разработок.

2. Глубинного вида, т.е. залежи, расположенные значительно ниже господствующего уровня поверхности; мощность толщи

пустынных пород может составлять от 30 до 250 м. Залегание чаще наклонное или крутое.

К этому виду относится большая часть рудных, нерудных и частично угольных разработок. Карьеры постепенно углубляются; их конечная глубина может достигать 400-700 м. Такими карьерами разрабатываются все типы горных пород.

3. Нагорного вида, т.е. залежи, расположенные выше господствующего уровня поверхности на возвышенности или склоне горы. К этому виду относятся в основном разработки различных руд и сырья для стройиндустрии. Полезные ископаемые и вскрышные породы в основном скальные.

4. Нагорно-глубинного вида, т.е. залежи, одна часть которого расположена выше, а другая – ниже господствующего уровня земной поверхности. Залегание может быть согласным или несогласным с рельефом косогора. Залежь может занимать всю или часть возвышенности (склона горы).

К этому виду относятся разработки руд, угля и сырья для стройиндустрии.

Полезные ископаемые чаще всего скального или полускального типа.

5. Подводного вида, т.е. залежи, кровля и почва которых расположены ниже открытого уровня воды. Покрывающие породы имеют обычно небольшую мощность. К данному виду относятся, в частности, разработки в поймах рек и озер. Породы чаще всего мягкие или полускальные.

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает горнопромышленная экология?
2. Опишите все виды воздействия горной промышленности на биосферу.
3. Дайте понятие биосферы. Какие границы имеет биосфера?
4. Объясните, чем биологический круговорот отличается от геологического.
5. Какие элементы называют биогенными?
6. Опишите круговороты важнейших химических элементов в биосфере.

7. В чем заключается вмешательство человека в биогеохимические циклы?

8. Что такое природные ресурсы? Дайте классификацию природным ресурсам.

9. Дайте классификацию антропогенным воздействиям на биосферу.

10. Назовите основные загрязнители биосферы, дайте им характеристику, опишите принцип действия.

11. В чем заключается воздействие горного производства на биосферу?

2. ОХРАНА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

2.1. Источники и виды загрязнения атмосферы при производстве горных работ

Разработка месторождений полезных ископаемых оказывает сложное и многоплановое воздействие на окружающую среду. Это, в особой степени, относится к открытому способу добычи полезных ископаемых. При производстве открытых горных работ в воздушную среду поступает значительное количество загрязнителей, причем основным загрязняющим веществом выступает *неорганическая пыль*. Эмиссия данного вещества приводит к постепенной деградации зеленых насаждений, снижению их продуктивности и утрате устойчивости.

Величина выброса вредных веществ для горнодобывающих предприятий этого класса зависит от термодинамических параметров атмосферного воздуха (температура, влажность, скорость и направление ветра) и горнотехнических особенностей разработки (глубина карьера, его ориентация относительно розы ветров, высота уступа, расположение внутренних и внешних отвалов пустой породы, наличие и размеры хвостохранилищ, технология производства буровзрывных работ и транспортирования полезного ископаемого, тип используемого горного оборудования и т.п.).

Загрязнение атмосферы сернистыми газами, окисью углерода, двуокисью азота, пылью и другими специфическими веществами, свойственными промышленным выбросам, ведёт к нарушению норм качества воздуха. В мире ежегодно отбивается 10

млрд. м³ горной массы с применением взрывчатых веществ. При массовых взрывах образуется пылегазовое облако объёмом 15-20 млн. м³, поднимающееся на высоту до 1500-1700 м, где воздушное течение рассеивает и уносит 93-99 % пыли, при бурении скважин – 91-93 %, при погрузке разрушенной горной массы – до 88 %, внутрикарьерные дороги дают 80-90 % общего пылевого баланса. Особую опасность представляет пыль тяжёлых металлов, выбрасываемая в атмосферу или в водоёмы, т.к. она включается в природный кругооборот; ещё опаснее металлические яды. Горящие породные отвалы выделяют на каждую тонну породы до 135 мг пыли и от 86,3 до 363 кг газов (СО, СО₂, SO₂, H₂S, смесь NO и NO₂).

В горном деле эмиссию вредных веществ в атмосферу определяют естественные и производственные факторы.

Естественные факторы – это состав вмещающих горных пород и полезных ископаемых, окислительные процессы, шахтные и подземные воды.

Производственные факторы – это использование взрывчатых веществ при ведении горных работ, выхлопные газы применяемого самоходного оборудования и буровые работы.

Источники выбросов делятся на:

- стационарные и передвижные,
- точечные, линейные и площадные,
- организованные и неорганизованные.

К основным источникам загрязнения углекислым газом относятся рудничные пожары, взрывы угольной пыли и метана, взрывные работы. Сероводород в шахтах выделяется при гниении органических веществ, разложении водой сернистого колчедана и гипса, а также при пожарах и взрывных работах. Сернистый газ выделяется в небольших количествах из пород и угля вместе с другими газами. Метан в угольных пластах находится в основном в связанном состоянии, 10-15 % метана – в свободном. При разрушении угля, в первую очередь, выделяется свободный метан, а затем десорбирует связанный.

Загрязнение атмосферы пылью происходит при транспортировке, сортировке, дроблении, складировании и отгрузке полезных ископаемых. Наибольшая запыленность (125-160 мг/м³)

наблюдается в местах перегрузки полезных ископаемых и сопровождающих пород.

При открытой добыче полезных ископаемых источники загрязнения подразделяют на периодические и непрерывно действующие.

Взрывные работы, проводимые на карьерах, бурение скважин и погрузка горной массы интенсивно загрязняют атмосферу мелкодисперсной пылью. Буровые станки шарошечного бурения без пылеподавления выделяют в атмосферу до 2200 мг/с, роторные экскаваторы – 8000 мг/с, погрузочные экскаваторы – 6000 мг/с. В районе внутрикарьерных работ запыленность воздуха составляет 100 мг/м³. Технологические машины и механизмы (бульдозеры, скреперы, погрузчики, тракторы и др.) загрязняют воздух отработанными газами. Около половины выбрасываемых в атмосферу веществ приходится на промышленные и коммунально-бытовые котельные.

2.2. Предельно допустимые концентрации для основных видов загрязнителей атмосферного воздуха. Пределы допустимых выбросов в атмосферу вредных веществ

Для количественной оценки содержания примеси в атмосфере используется понятие *концентрации* – количества вещества, содержащегося в единице объема воздуха, приведенного к нормальным условиям.

Качество атмосферного воздуха – это совокупность его свойств, определяющая степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом. Качество атмосферного воздуха может считаться удовлетворительным, если содержание примесей в нем не превышает *предельно допустимых концентраций* (ПДК).

ПДК – это максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него и на окружающую среду в целом прямого или косвенного воздействия, включая отдаленные последствия.

Под *прямым воздействием* понимается нанесение организму человека временного раздражающего действия, вызывающего ощущение запаха, кашель, головную боль. При накоплении в организме вредных веществ выше определенной дозы могут возникать патологические изменения отдельных органов или организма в целом.

Под *косвенным воздействием* понимаются такие изменения в окружающей среде, которые, не оказывая вредного влияния на живые организмы, ухудшают обычные условия обитания: поражаются зеленые насаждения, увеличивается число туманных дней и т. д.

Основным критерием установления нормативов ПДК для оценки качества атмосферного воздуха является воздействие содержащихся в воздухе загрязняющих примесей на организм человека.

Для оценки качества атмосферного воздуха установлены две категории ПДК: *максимально разовая* (ПДК_{МР}) и *среднесуточная* (ПДК_{С С}).

ПДК_{МР} – основная характеристика опасности вредного вещества. Установлена для предупреждения рефлекторных реакций у человека (ощущение запаха, световой чувствительности, биоэлектрической активности головного мозга) при кратковременном воздействии атмосферных примесей. По этому нормативу оцениваются вещества, обладающие запахом или воздействующие на другие органы чувств человека.

ПДК_{С С} – установлена для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и другого влияния вещества на организм человека. Вещества, оцениваемые по этому нормативу, обладают способностью временно или постоянно накапливаться в организме человека.

ПДК наиболее распространенных загрязняющих веществ приведены в табл. 1.

Таблица 1

ПДК наиболее распространенных веществ

Наименование загрязняющего вещества	ПДК _{м.р.} , мг/м ³	ПДК _{с.с.} , мг/м ³
Азота диоксид	0,085	0,04
Азота оксид	0,4	0,06
Аммиак	0,2	0,04
Бенз(а)пирен	-	0,1 мкг/100 м ³
Взвешенные вещества	0,5	0,15
Ртуть металлическая	-	0,0003
Свинец и его соединения	-	0,0003
Углерода оксид	5	3
Угольная зола ТЭС	0,05	0,02
Формальдегид	0,35	0,003
Хлор	0,1	0,03

Также различают ПДК вредных веществ в воздухе населенных пунктов и ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

ПДК вредных веществ в воздухе населенных пунктов – это максимальная концентрация примеси в атмосфере, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного влияния.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны – это концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или при другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю в течение всего рабочего стажа не может вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья в процессе работы или в отдаленные сроки жизни.

Необходимость отдельного нормирования примесей в воздушной среде определяется условиями восприятия вредных веществ людьми на предприятиях. В течение рабочего дня загрязненным воздухом дышат здоровые, прошедшие медицинское освидетельствование люди, а в населенных пунктах круглосуточно дышат как взрослые, так и дети, пожилые и больные люди. Поэтому ПДК рабочей зоны больше ПДК атмосферного воздуха для населенных пунктов.

В воздухе территории предприятия содержание вредных

веществ должно быть втрое ниже по сравнению с ПДК рабочей зоны. Такое ограничение обусловлено тем, что воздух территории используется для вентиляции производственных помещений, где концентрация примесей периодически может быть очень высокой. Поэтому приточный воздух для проветривания должен быть незагрязненным.

Если вещество оказывает на окружающую природную среду вредное действие в меньших концентрациях, чем на человека, то при нормировании исходят из порога действия этого вещества на окружающую природу.

Воздействие веществ, для которых не установлены ПДК, оценивается по *ориентировочному безопасному уровню воздействия загрязняющего атмосферу вещества (ОБУВ)*.

ОБУВ – временный гигиенический норматив для загрязняющего атмосферу вещества, устанавливаемый расчетным методом для целей проектирования промышленных объектов.

Нормативы ПДК для атмосферного воздуха являются едиными для всей территории России. Установленные в других странах ПДК могут отличаться в большую или меньшую сторону. Например, в США установлена ПДК_{МР} для SO₂ – 0,75 мг/м³, а в России – 0,5 мг/м³. Для зон санитарной охраны курортов, мест размещения крупных санаториев и домов отдыха, а также для зон отдыха городов ПДК установлена на 20 % меньше, чем для жилых районов.

Некоторые вещества при одновременном присутствии в атмосферном воздухе обладают однонаправленным действием, т. е. *эффектом суммации*. В этом случае при оценке качества атмосферного воздуха должно выполняться следующее условие:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где C₁, C₂, ..., C_n – концентрация каждого из веществ, обладающих эффектом суммации, мг/м³; ПДК₁, ПДК₂, ... ПДК_n – предельно допустимые концентрации этих веществ.

Перечень веществ, обладающих эффектом суммации, постоянно дополняется и на сегодня насчитывает 51 группу веществ однонаправленного действия.

Для каждого проектируемого и действующего объекта, яв-

ляющегося стационарным источником загрязнения воздушного бассейна, устанавливают *нормативы предельно допустимых выбросов* (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферный воздух. ПДВ устанавливают из условия, что выбросы вредных веществ от данного источника в совокупности с другими источниками не создают приземную концентрацию, превышающую ПДК за пределами санитарно-защитной зоны:

$$C + C_{\text{ф}} < \text{ПДК},$$

где C – концентрация вещества в приземном слое от расчетного источника при сохранении норматива ПДВ, $C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация этого же вещества.

Если на данном предприятии или группе предприятий, расположенных в одном районе, значения ПДВ по объективным причинам не могут быть немедленно достигнуты, устанавливают *временно согласованный выброс* (ВСВ). Норматив ВСВ устанавливают на период разработки и реализации воздухоохраных мероприятий, обеспечивающих достижение нормативов ПДВ. Срок действия норматива ПДВ, как правило, не превышает 5 лет. При появлении новых производств, реконструкции действующих, изменении технологического процесса или вида используемого сырья и в других аналогичных случаях нормативы ПДВ подлежат пересмотру.

Для каждого города на основании нормативов ПДВ предприятий и фонового состава атмосферного воздуха разрабатывают общегородские нормативы ПДВ, в соответствии с которыми индивидуальные ПДВ предприятий могут быть пересмотрены в сторону уменьшения.

Расчет нормативов ПДВ производится на ЭВМ по специально разработанным программам.

Соблюдение установленных нормативов качества атмосферного воздуха обеспечивает благоприятную экологическую обстановку в данном районе в соответствии с требованиями закона Российской Федерации «Об охране атмосферного воздуха».

2.4. Мероприятия по снижению уровня выбросов в атмосферу

В газообразных промышленных выбросах вредные примеси можно разделить на две группы:

а) взвешенные частицы (аэрозоли) твердых веществ – пыль, дым; жидкостей – туман;

б) газообразные и парообразные вещества.

К аэрозолям относятся взвешенные твердые частицы неорганического и органического происхождения, а также взвешенные частицы жидкости (тумана).

Пыль – это дисперсная малоустойчивая система, содержащая больше крупных частиц, чем дымы и туманы. Счетная концентрация (число частиц в 1 см^3) мала по сравнению с дымами и туманами. Неорганическая пыль в промышленных газовых выбросах образуется при горных разработках, переработке руд, металлов, минеральных солей и удобрений, строительных материалов, карбидов и других неорганических веществ. Промышленная пыль органического происхождения – это, например, угольная, древесная, торфяная, сланцевая, сажа и др.

К *дымам* относятся аэродисперсные системы с малой скоростью осаждения под действием силы тяжести. Дымы образуются при сжигании топлива и его деструктивной переработке, а также в результате химических реакций, например, при взаимодействии аммиака и хлороводорода, при окислении паров металлов в электрической дуге и т. д. Размеры частиц в дымах много меньше, чем в пыли и туманах, и составляют от 5 мкм до субмикронных размеров, т. е. менее 0,1 мкм.

Туманы состоят из капелек жидкости, образующихся при конденсации паров или распылении жидкости. В промышленных выхлопах туманы образуются главным образом из кислоты: серной, фосфорной и др.

Вторая группа – газообразные и парообразные вещества, содержащиеся в промышленных газовых выхлопах, гораздо более многочисленна. К ней относятся кислоты, галогены и галогенопроизводные, газообразные оксиды, альдегиды, кетоны, спирты, углеводороды, амины, нитросоединения, пары металлов, пириди-

ны, меркаптаны и многие другие компоненты газообразных промышленных отходов.

В настоящее время, когда безотходная технология находится в периоде становления и полностью безотходных предприятий еще нет, основной задачей газоочистки служит доведение содержания токсичных примесей в газовых примесях до предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных санитарными нормами.

При невозможности достигнуть ПДК очисткой иногда применяют многократное разбавление токсичных веществ или выброс газов через высокие дымовые трубы для рассеивания примесей в верхних слоях атмосферы.

Метод достижения ПДК с помощью «высоких труб» не предохраняет атмосферу, а лишь переносит загрязнения из одного района в другие.

В соответствии с характером вредных примесей различают методы очистки газов от аэрозолей и от газообразных и парообразных примесей. Все способы очистки газов определяются, в первую очередь, физико-химическими свойствами примесей, их агрегатным состоянием, дисперсностью, химическим составом и др. Разнообразие вредных примесей в промышленных газовых выбросах приводит к большому разнообразию методов очистки, применяемых реакторов и химических реагентов.

2.4. Очистка газов от аэрозолей

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

Механическая очистка газов включает сухие и мокрые методы. К сухим методам относятся:

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

В большинстве промышленных газоочистительных установок комбинируется несколько приемов очистки от аэрозолей, причем конструкции очистных аппаратов весьма многочисленны.

Гравитационное осаждение основано на осаждении взвешенных частиц под действием силы тяжести при движении запы-

ленного газа с малой скоростью без изменения направления потока. Процесс проводят в отстойных газоходах и пылеосадительных камерах. Для уменьшения высоты осаждения частиц в осадительных камерах установлено на расстоянии 40-100 мм множество горизонтальных полок, разбивающих газовый поток на плоские струи. Степень очистки составляет не выше 40-50%. Метод пригоден лишь для предварительной, грубой очистки газов.

Инерционное осаждение основано на стремлении взвешенных частиц сохранять первоначальное направление движения при изменении направления газового потока. Среди инерционных аппаратов наиболее применяют жалюзийные пылеуловители с большим числом щелей (жалюзи). Газы обеспыливаются, выходя через щели и меняя при этом направление движения, скорость газа на входе в аппарат составляет 10-15 м/с. Гидравлическое сопротивление аппарата 100-400 Па. Частицы пыли с $d < 20$ мкм в жалюзийных аппаратах не улавливаются. Степень очистки в зависимости от дисперсности частиц составляет 20-70%. Инерционный метод можно применять лишь для грубой очистки газа. Помимо малой эффективности недостаток этого метода – быстрое истирание или забивание щелей.

Центробежные методы очистки газов основаны на действии центробежной силы, возникающей при вращении очищаемого газового потока в очистном аппарате или при вращении частей самого аппарата. В качестве центробежных аппаратов пылеочистки применяют циклоны различных типов: батарейные циклоны, вращающиеся пылеуловители (ротоклоны) и др. Циклоны наиболее часто применяют в промышленности для осаждения твердых аэрозолей. Газовый поток подается в цилиндрическую часть циклона тангенциально, описывает спираль по направлению к дну конической части и затем устремляется вверх через турбулизованное ядро потока у оси циклона на выход. Циклоны характеризуются высокой производительностью по газу, простотой устройства, надежностью в работе. Степень очистки от пыли зависит от размеров частиц. Для циклонов высокой производительности, в частности батарейных циклонов (производительностью более $20000 \text{ м}^3/\text{ч}$), степень очистки составляет около 90% при диаметре частиц $d > 30$ мкм. Для частиц с $d = 30$ мкм степень

очистки снижается до 80%, а при $d = 25$ мкм она составляет менее 40%.

Циклоны (рис. 6) широко применяют при грубой и средней очистке газа от аэрозолей.

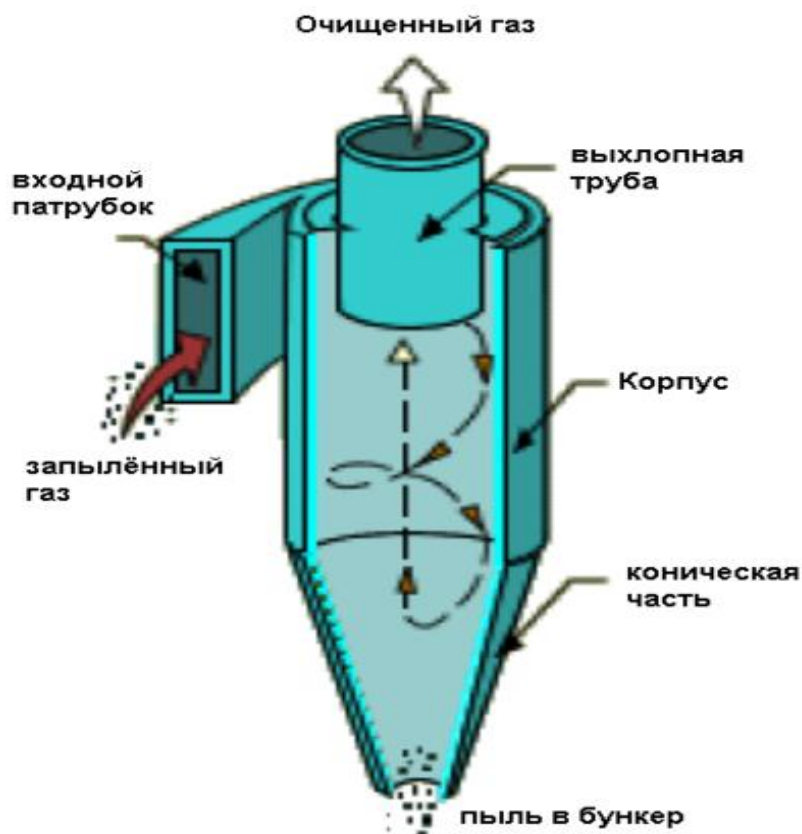


Рис. 6. Схема циклона

Другим типом центробежного пылеуловителя служит ротоклон, состоящий из ротора и вентилятора, помещенного в осадительный кожух. Лопастей вентилятора, вращаясь, направляют пыль в канал, который ведет в приемник пыли.

Фильтрация основана на прохождении очищаемого газа через различные фильтрующие ткани (хлопок, шерсть, химические волокна, стекловолокно и др.) или через другие фильтрующие материалы (керамика, металлокерамика, пористые перегородки из пластмассы и др.). Наиболее часто для фильтрации применяют специально изготовленные волокнистые материалы – стекловолокно, шерсть или хлопок с асбестом, асбоцеллюлозу. В зависимости от фильтрующего материала различают тканевые фильтры (в том числе рукавные), волокнистые, из зернистых материалов

(керамика, металлокерамика, пористые пластмассы). Тканевые фильтры, чаще всего рукавные, применяются при температуре очищаемого газа не выше 60-65°C. В зависимости от гранулометрического состава пылей и начальной запыленности степень очистки составляет 85-99%.

Для непрерывной очистки ткани продувают воздушными струями, которые создаются различными устройствами – соплами, расположенными против каждого рукава, движущимися наружными продувочными кольцами и др. Сейчас применяют автоматическое управление рукавными фильтрами с продувкой их импульсами сжатого воздуха. Волокнистые фильтры, имеющие поры, равномерно распределенные между тонкими волокнами, работают с высокой эффективностью; степень очистки составляет 99,5 (99,9% при скорости фильтруемого газа 0,15-1,0 м/с и $P = 500-1000$ Па.

На фильтрах из стекловолоконистых материалов возможна очистка агрессивных газов при температуре до 275°C. Для тонкой очистки газов при повышенных температурах применяют фильтры из керамики, тонковолокнистой ваты из нержавеющей стали, обладающие высокой прочностью и устойчивостью к переменным нагрузкам; однако их гидравлическое сопротивление велико – 1000 Па.

Фильтрация – весьма распространенный прием тонкой очистки газов. Ее преимущества – сравнительная низкая стоимость оборудования (за исключением металлокерамических фильтров) и высокая эффективность тонкой очистки. Недостатки фильтрации – высокое гидравлическое сопротивление и быстрое забивание фильтрующего материала пылью.

Мокрая очистка газов от аэрозолей основана на промывке газа жидкостью (обычной водой) при возможно более развитой поверхности контакта жидкости с частицами аэрозоля и возможно более интенсивном перемешивании очищаемого газа с жидкостью. Этот универсальный метод очистки газов от частиц пыли, дыма и тумана любых размеров является наиболее распространенным приемом заключительной стадии механической очистки, в особенности для газов, подлежащих охлаждению.

В аппаратах мокрой очистки применяют различные приемы развития поверхности соприкосновения жидкости и газа.

Башни с насадкой (насадочные скрубберы) отличаются простотой конструкции и эксплуатации, устойчивостью в работе, малым гидравлическим сопротивлением и сравнительно малым расходом энергии. В насадочном скруббере возможна очистка газов с начальной запыленностью до 5-6 г/м³. Эффективность одной ступени очистки для пылей с $d > 5$ мкм не превышает 70-80%. Насадка быстро забивается пылью, особенно при высокой начальной запыленности.

Орошаемые циклоны (центробежные скрубберы) применяют для очистки больших объемов газа. Они имеют сравнительно небольшое гидравлическое сопротивление – 400-850 Па. Для частиц размером 2-5 мкм степень очистки составляет ~50%.

Центробежные скрубберы высокопроизводительны благодаря большой скорости газа.

Пенные аппараты применяют для очистки газа от аэрозолей полидисперсного состава. Интенсивный пенный режим создается на полках аппарата при линейной скорости газа в его полном сечении 1-4 м/с. Пенные газоочистители обладают высокой производительностью по газу и сравнительно небольшим гидравлическим сопротивлением. Для частиц с диаметром $d > 5$ мкм эффективность их улавливания на одной полке аппарата 90-99 %; при $d < 5$ мкм – 75-90 %. Для повышения устанавливают двух- и трехполочные аппараты.

Скрубберы Вентури (рис. 7) – высокоинтенсивные газоочистительные аппараты, но работающие с большим расходом энергии. Скорость газа в сужении трубы (горловине скруббера) составляет 100-200 м/с, а в некоторых установках – до 1200 м/с. При такой скорости очищаемый газ разбивает на мельчайшие капли завесу жидкости, впрыскиваемой по периметру трубы. Это приводит к интенсивному столкновению частиц аэрозоля с каплями и улавливанию частиц под действием сил инерции. Скруббер Вентури – универсальный малогабаритный аппарат, обеспечивающий улавливание тумана на 99-100%, частиц пыли с $d = 0,01-0,35$ мкм – на 50-85% и частиц пыли с $d = 0,5-2$ мкм – на 97%. Для аэрозолей с $d = 0,3-10$ мкм эффективность улавливания определяется в основном силами инерции.

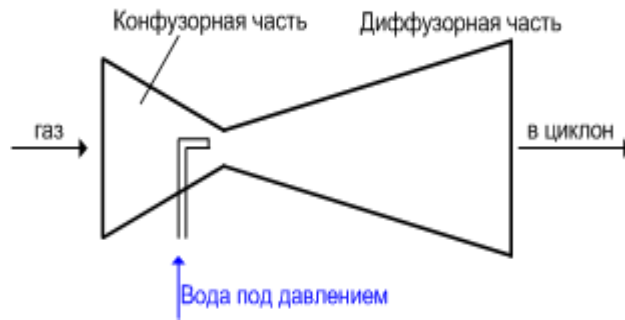


Рис. 7. Схема скруббера Вентури

Главный недостаток скруббера Вентури – большой расход энергии по преодолению высокого гидравлического сопротивления, которое в зависимости от скорости газа в горловине может составлять 0,002-0,013 МПа. Помимо того, аппарат не отличается надежностью в эксплуатации, управление им сложное.

Принцип действия скруббера основан на осаждении частиц на поверхности капель жидкости, образующихся при интенсивном дроблении последней высокоскоростным турбулентным газовым потоком. Основная часть скруббера – труба (сопло) Вентури. Сопла Вентури имеют плавное сужение на входе и расширение на выходе. В конфузурную часть сопла подводится запыленный поток газа и через форсунки подается вода на орошение. В конфузурной части сопла происходит разгон газа до скорости в узком сечении сопла 200 м/с и более. Процесс осаждения пыли на капле жидкости обусловлен турбулентным характером газового потока, развитой поверхностью капель и высокой относительной скоростью частиц жидкости и пыли в конфузурной части сопла. В диффузорной части поток тормозится до скорости 20 м/с и подается в каплеуловитель, который выполняют в виде циклона.

Барботажно-пенный уловитель (рис. 8). Процесс очистки происходит на границе раздела сред между водой и газом. Принцип работы: газ на очистку поступает под решетку, проходит через отверстия в решетке и в виде пузырьков пропускается через слой жидкости и пену (вспенивающую жидкость), где очищается от пыли путем осаждения частиц на внутренней поверхности газовых пузырей. Скорость движения газа – 1-3 м/с. Эффективность очистки уловителем – до 95 %. Минусы: склонность решеток к забиванию шламом – трудно регулировать равномерность

(интенсивность) газового потока; сравнительно большие габариты – высокий каплеунос.

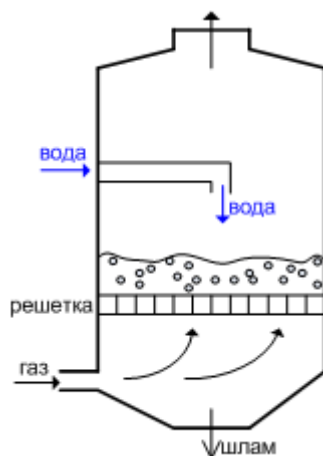


Рис. 8. Схема барботажно-пенного уловителя

Основной недостаток всех методов мокрой очистки газов от аэрозолей – это образование больших объемов жидких отходов (шлама). Таким образом, если не предусмотрены замкнутая система водооборота и утилизация всех компонентов шлама, то мокрые способы газоочистки по существу только переносят загрязнители из газовых выбросов в сточные воды, т. е. из атмосферы в водоемы.

Электростатическая очистка газов служит универсальным средством, пригодным для любых аэрозолей, включая туманы кислот, и при любых размерах частиц. Метод основан на ионизации и зарядке частиц аэрозоля при прохождении газа через электрическое поле высокого напряжения, создаваемое коронирующими электродами. Осаждение частиц происходит на заземленных осадительных электродах. Промышленные электрофилтры состоят из ряда заземленных пластин или труб, через которые пропускается очищаемый газ.

Между осадительными электродами подвешены проволочные коронирующие электроды, к которым подводится напряжение 25-100 кВ.

При очистке от пыли сухих газов электрофилтры могут работать в широком диапазоне температур (от 20 до 500°С) и давлений. Их гидравлическое сопротивление невелико – 100-150 Па. Степень очистки от аэрозолей – выше 90, достигая 99,9% на многопольных электрофилтрах при $d > 1$ мкм.

Недостаток этого метода – большие затраты средств на сооружение и содержание очистных установок и значительный расход энергии на создание электрического поля. Расход электроэнергии на электростатическую очистку – 0,1-0,5 кВт на 1000 м³ очищаемого газа.

Звуковая и ультразвуковая коагуляция, а также предварительная электризация пока мало применяются в промышленности и находятся в основном в стадии разработки. Они основаны на укрупнении аэрозольных частиц, облегчающем их улавливание традиционными методами. Аппаратура звуковой коагуляции состоит из генератора звука, коагуляционной камеры и осадителя. Звуковые и ультразвуковые методы применимы для агрегирования мелкодисперсных аэрозольных частиц (тумана серной кислоты, сажи) перед их улавливанием другими методами. Начальная концентрация частиц аэрозоля для звуковой коагуляции должна быть не менее 2 г/м³ (для частиц $d = 1-10$ мкм).

Коагуляцию аэрозолей методом предварительной электризации производят, например, пропуская газ через электризационную камеру с коронирующими электродами, где происходит зарядка и коагуляция частиц, а затем через мокрый газоочиститель, в котором газожидкостный слой служит осадительным электродом. Осадительным электродом может служить пенный слой в пенных аппаратах, слой газожидкостной эмульсии в насадочных скрубберах и других мокрых газопромывателях, в которых решетки или другие соответствующие детали должны быть заземлены.

2.5. Очистка газов от парообразных и газообразных примесей

Газы в промышленности обычно загрязнены вредными примесями, поэтому очистка широко применяется на заводах и предприятиях для технологических и санитарных (экологических) целей. Промышленные способы очистки газовых выбросов от газо- и парообразных токсичных примесей можно разделить на следующие основные группы:

- абсорбция,
- хемосорбция,

- адсорбция,
- термическое дожигание,
- каталитическая нейтрализация,
- биохимические методы.

Абсорбция – это явление растворения вредной газовой примеси сорбентом, как правило, водой. Методом абсорбции можно улавливать только хорошо растворимые газовые примеси и пары. Так, хорошей растворимостью в воде обладают аммиак, хлороводород, фтороводород, пары кислот и щелочей. Для проведения процесса абсорбции используют аппараты мокрого типа, применяемые в технике пылеулавливания.

Абсорбция жидкостями применяется в промышленности для извлечения из газов диоксида серы, сероводорода и других сернистых соединений, оксидов азота, паров кислот (HCl, HF, H₂SO₄), диоксида и оксида углерода, разнообразных органических соединений (фенол, формальдегид, летучие растворители и др.).

Абсорбционные методы служат для технологической и санитарной очистки газов. Они основаны на избирательной растворимости газо- и парообразных примесей в жидкости (физическая абсорбция) или на избирательном извлечении примесей химическими реакциями с активным компонентом поглотителя (хемосорбция). Абсорбционная очистка – непрерывный и, как правило, циклический процесс, так как поглощение примесей обычно сопровождается регенерацией поглотительного раствора и его возвращением в начале цикла очистки. При физической абсорбции (и в некоторых хемосорбционных процессах) регенерацию абсорбента проводят нагреванием и снижением давления, в результате чего происходит десорбция поглощенной газовой примеси и ее концентрирование.

Абсорбенты, применяемые в промышленности, оцениваются по следующим показателям:

- 1) абсорбционная емкость, т. е. растворимость извлекаемого компонента в поглотителе в зависимости от температуры и давления;
- 2) селективность, характеризуемая соотношением растворимостей разделяемых газов и скоростей их абсорбции;

3) минимальное давление паров во избежание загрязнения очищаемого газа парами абсорбента;

4) дешевизна;

5) отсутствие коррозирующего действия на аппаратуру.

В качестве абсорбентов применяют воду, растворы аммиака, едких и карбонатных щелочей, солей марганца, этаноламина, масла, суспензии гидроксида кальция, оксидов марганца и магния, сульфат магния и др.

Очистная аппаратура аналогична аппаратуре мокрого улавливания аэрозолей. Наиболее распространен насадочный скруббер, применяемый для очистки газов от диоксида серы, сероводорода, хлороводорода, хлора, оксида и диоксида углерода, фенолов и т. д. В насадочных скрубберах скорость массообменных процессов мала из-за малоинтенсивного гидродинамического режима этих реакторов, работающих при скорости газа 0,02-0,7 м/с. Объемы аппаратов поэтому велики и установки громоздки.

Для очистки выбросов от газообразных и парообразных примесей применяют и интенсивную массообменную аппаратуру – пенные аппараты, безнасадочный форсуночный абсорбер, скруббер Вентури, работающие при более высоких скоростях газа. Пенные абсорберы обеспечивают сравнительно высокую скорость абсорбционно-десорбционных процессов; их габариты в несколько раз меньше, чем насадочных скрубберов. При достаточном числе ступеней очистки (многополочный пенный аппарат) достигаются высокие показатели глубины очистки: для некоторых процессов до 99,9 %. Особенно перспективны для очистки газов от аэрозолей и вредных газообразных примесей пенные аппараты со стабилизатором пенного слоя. Они сравнительно просты по конструкции и работают в режиме высокой турбулентности при линейной скорости газа до 4-5 м/с. Примером безотходной абсорбционно-десорбционной циклической схемы может служить поглощение диоксида углерода из отходящих газов растворами моноэтаноламина с последующей регенерацией поглотителя при десорбции CO_2 .

Абсорбционные методы характеризуются непрерывностью и универсальностью процесса, экономичностью и возможностью извлечения больших количеств примесей из газов. Недостаток этого метода в том, что насадочные скрубберы, барботажные и

даже пенные аппараты обеспечивают достаточно высокую степень извлечения вредных примесей (до ПДК) и полную регенерацию поглотителей только при большом числе ступеней очистки. Поэтому технологические схемы мокрой очистки, как правило, сложны, многоступенчаты и очистные реакторы (особенно скрубберы) имеют большие объемы.

Любой процесс мокрой абсорбционной очистки выхлопных газов от газо- и парообразных примесей целесообразен только в случае его цикличности и безотходности. Но и циклические системы мокрой очистки конкурентоспособны только тогда, когда они совмещены с пылеочисткой и охлаждением газа.

Хемосорбцию применяют для улавливания газовых примесей, нерастворимых или плохо растворимых в воде. Метод хемосорбции заключается в том, что очищаемый газ орошают растворами реагентов, вступающих в химическую реакцию с вредными примесями с образованием нетоксичных, малолетучих или нерастворимых химических соединений. Этот метод широко используется для улавливания диоксида серы. Отходящие газы орошают суспензией известняка (CaCO_3), известковым молоком (мелкодисперсной суспензией гашеной $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или негашеной CaO извести), суспензией магнезита MgO .

Адсорбция заключается в улавливании поверхностью микропористого адсорбента (активированный уголь, силикагель, цеолиты) молекул вредных веществ. Метод обладает очень высокой эффективностью, но жесткими требованиями к запыленности газа – не более $2...5 \text{ мг/м}^3$. Одним из лучших адсорбентов является активированный уголь, у которого в 1 г содержится до 1600 м^2 поверхностей. Адсорбция широко применяется для улавливания паров растворителей, неприятно пахнущих веществ, органических соединений и множества других газов. Адсорбционная способность адсорбента тем выше, чем меньше его температура и существенно снижается с ее повышением. Это используется в работе адсорберов и при их регенерации. Примером конструкции адсорбера является противогаз. Очищаемый газ проходит через кольцевой слой адсорбента и очищается. Регенерация адсорбента осуществляется путем продувки горячим водяным паром с последующей сушкой горячим воздухом, т. е. работа аппарата проходит в три стадии, для осуществления которых необходимы три

параллельных линии аппаратов. Каждый аппарат работает на определенной стадии – один в режиме адсорбции, другой – продувки водяным паром, третий – сушки воздухом. Затем происходит переключение их на другой режим. Перед адсорберами установлен холодильник для охлаждения газов, после них также устанавливается холодильник-конденсатор для конденсации удаляемых при регенерации паров воды и примесей, сепаратор для разделения воды и растворителей за счет разной плотности. Растворители могут вновь направляться в производство.

Адсорбционные методы применяют для различных технологических целей – разделение парогазовых смесей на компоненты с выделением фракций, осушка газов и для санитарной очистки газовых выхлопов. В последнее время адсорбционные методы выходят на первый план как надежное средство защиты атмосферы от токсичных газообразных веществ, обеспечивающее возможность концентрирования и утилизации этих веществ.

Адсорбционные методы основаны на избирательном извлечении из парогазовой смеси определенных компонентов при помощи адсорбентов – твердых высокопористых материалов, обладающих развитой удельной поверхностью. Промышленные адсорбенты, чаще всего применяемые в газоочистке, – это активированный уголь, силикагель, алюмогель, природные и синтетические цеолиты (молекулярные сита). Основные требования к промышленным сорбентам – высокая поглотительная способность, избирательность действия (селективность), термическая устойчивость, длительная служба без изменения структуры и свойств поверхности, возможность легкой регенерации. Чаще всего для санитарной очистки газов применяют активный уголь благодаря его высокой поглотительной способности и легкости регенерации.

Адсорбцию газовых примесей обычно ведут в полочных реакторах периодического действия без теплообменных устройств; адсорбент расположен на полках реактора. Когда необходим теплообмен (например, требуется получить при регенерации десорбат в концентрированном виде), используют адсорберы с встроенными теплообменными элементами или выполняют реактор в виде трубчатых теплообменников; адсорбент засыпан в трубки, а в межтрубном пространстве циркулирует теплоноситель. Очища-

емый газ проходит адсорбер со скоростью 0,05-0,3 м/с. После очистки адсорбер переключается на регенерацию. Адсорбционная установка, состоящая из нескольких реакторов, работает в целом непрерывно, так как одновременно одни реакторы находятся на стадии очистки, а другие – на стадиях регенерации, охлаждения. Регенерацию проводят нагреванием, например, выжиганием органических веществ, пропусканием острого или перегретого пара, воздуха, инертного газа (азота). Иногда адсорбент, потерявший активность (экранированный пылью, смолой), полностью заменяют.

Наиболее перспективны непрерывные циклические процессы адсорбционной очистки газов в реакторах с движущимся или взвешенным слоем адсорбента, которые характеризуются высокими скоростями газового потока (на порядок выше, чем в периодических реакторах), высокой производительностью по газу и интенсивностью работы.

Общие достоинства адсорбционных методов очистки газов:

- 1) глубокая очистка газов от токсичных примесей;
- 2) сравнительная легкость регенерации этих примесей с превращением их в товарный продукт или возвратом в производство; таким образом осуществляется принцип безотходной технологии.

Адсорбционный метод особенно рационален для удаления токсических примесей (органических соединений, паров ртути и др.), содержащихся в малых концентрациях, т. е. как завершающий этап санитарной очистки отходящих газов.

Недостатки большинства адсорбционных установок – периодичность процесса и связанная с этим малая интенсивность реакторов, высокая стоимость периодической регенерации адсорбентов. Применение непрерывных способов очистки в движущемся и кипящем слое адсорбента частично устраняет эти недостатки, но требует высокопрочных промышленных сорбентов, разработка которых для большинства процессов еще не завершена.

Каталитическая нейтрализация достигается применением катализаторов. В результате каталитических реакций примеси, находящиеся в газе, превращаются в другие соединения, т. е. в отличие от рассмотренных методов примеси не извлекаются из

газа, а трансформируются в безвредные соединения, присутствий: которых допустимо в выхлопном газе, либо в соединения, легко удаляемые из газового потока. Если образовавшиеся вещества подлежат удалению, то требуются дополнительные операции (например, извлечение жидкими или твердыми сорбентами).

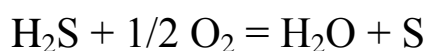
В качестве катализаторов используются прежде всего платину, палладий в виде тонкослойных напылений на металлические или керамические носители, кроме того применяются мо-нельметалл, диоксид титана, пентаоксид ванадия и т. д. Конструкция промышленного термокаталитического реактора включает слой катализатора, где на его поверхности протекают изотермические окислительные реакции, при этом температура газов может повышаться с 250 до 500°C. Для использования этой энергии и снижения тем самым расхода топлива, подаваемого в горелку для предварительного подогрева очищаемых газов, реактор снабжен трубчатым теплообменником, в котором газы, подаваемые на очистку, подогреваются за счет теплоты отходящих очищенных газов, выходящих из каталитического слоя. Термокаталитические реакторы широко применяют для очистки отходящих газов окрасочных цехов, сушильных камер и т. д. Каталитические нейтрализаторы используют для очистки выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания от оксидов азота, углерода, углеводородов.

Трудно провести границу между адсорбционными и каталитическими методами газоочистки, так как такие традиционные адсорбенты, как активированный уголь, цеолиты, служат активными катализаторами для многих химических реакций. Очистку газов на адсорбентах – катализаторах называют адсорбционно-каталитической. Этот прием очистки выхлопных газов весьма перспективен ввиду высокой эффективности очистки от примесей и возможности очищать большие объемы газов, содержащих малые доли примесей (например, 0,1-0,2 в объемных долях SO₂). Но методы утилизации соединений, полученных при катализе, иные, чем в адсорбционных процессах.

Адсорбционно-каталитические методы применяют для очистки промышленных выбросов от диоксида серы, сероводорода и серо-органических соединений.

Катализатором окисления диоксида серы в триоксид и сероводорода в серу служат модифицированный добавками активированный уголь и другие углеродные сорбенты. В присутствии паров воды на поверхности угля в результате окисления SO_2 образуется серная кислота, концентрация которой в адсорбенте составляет в зависимости от количества водяного пара при регенерации угля от 15 до 70 %.

Окисление H_2S происходит по реакции



Активаторами этой каталитической реакции служат водяной пар и аммиак, добавляемый к очищаемому газу в количестве $\sim 0,2 \text{ г/м}^3$. Активность катализатора снижается по мере заполнения его пор серой и когда масса S достигает 70-80% от массы угля, катализатор регенерируют промывкой раствором $(\text{NH}_4)_2\text{S}$. Промывной раствор полисульфида аммония разлагают острым паром с получением жидкой серы.

Представляет большой интерес очистка дымовых газов ТЭЦ или других отходящих газов, содержащих SO_2 (концентрацией 1-2 % SO_2), во взвешенном слое высокопрочного активного угля с получением в качестве товарного продукта серной кислоты и серы.

Другим примером адсорбционно-каталитического метода может служить очистка газов от сероводорода окислением на активном угле или на цеолитах во взвешенном слое адсорбента-катализатора.

Каталитические методы получают все большее распространение благодаря глубокой очистке газов от токсичных примесей (до 99,9 %) при сравнительно невысоких температурах и обычном давлении, а также при весьма малых начальных концентрациях примесей. Каталитические методы позволяют утилизировать реакционную теплоту, т. е. создавать энерготехнологические системы. Установки каталитической очистки просты в эксплуатации и малогабаритны.

Недостаток многих процессов каталитической очистки – образование новых веществ, которые подлежат удалению из газа

другими методами (абсорбция, адсорбция), что усложняет установку и снижает общий экономический эффект.

Термическое дожигание – это процесс окисления вредных веществ кислородом воздуха при высоких температурах (900...1200 °С). С помощью термического дожигания окисляют токсичный угарный газ СО до нетоксичного углекислого газа СО₂ ($2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$), углеводороды C_nH_m до углекислого газа и воды. Процесс термического окисления при низкой температуре отходящих газов энергозатратен, так как требует использования дополнительного топлива для нагрева газов до высоких температур. Термическое дожигание применяют для очистки отходящих газов от органических веществ, например, паров растворителей и красок в лакокрасочных производствах, очистки выбросов испытательных станций двигателей, работающих на органических горючих.

Термические методы обезвреживания газовых выбросов применимы при высокой концентрации горючих органических загрязнителей или оксида углерода.

Простейший метод – факельное сжигание – возможен, когда концентрация горючих загрязнителей близка к нижнему пределу воспламенения. В этом случае примеси служат топливом, температура процесса 750-900° С и теплоту горения примесей можно утилизировать. Когда концентрация горючих примесей меньше нижнего предела воспламенения, необходимо подводить некоторое количество теплоты извне. Чаще всего теплоту подводят добавкой горючего газа и его сжиганием в очищаемом газе. Горючие газы проходят систему утилизации теплоты и выбрасываются в атмосферу. Такие энерготехнологические схемы применяют при достаточно высоком содержании горючих примесей, иначе возрастает расход добавляемого горючего газа.

Биохимические методы основаны на способности микроорганизмов использовать загрязняющие вещества, содержащиеся в отходящих газах в качестве питательных и энергетических источников.

Реакторы, используемые в настоящее время для этой цели, могут быть подразделены на «мокрые» и «сухие». «Мокрый» реактор, или биоскруббер, работает как реактор с насадкой и противотоком жидкости и загрязненного газа. На поверхности

насадки развивается биопленка, представляющая собой микробиоценоз. Загрязняющие компоненты переносятся из воздуха в жидкость, как в любом обычном скруббере, а затем окисляются микрофлорой в биопленке.

Основные преимущества этого процесса следующие:

– эффективность поглощения велика, так как биоокисление снижает концентрацию в жидкости молекул загрязняющего вещества практически до нуля, тем самым усиливая массоперенос из газовой фазы;

– объем жидкой фазы, необходимый для поглощения, резко снижается.

«Сухой» реактор представляет собой реактор с насадкой из биоактивного, сорбирующего материала (например, компост, торф). Загрязненные газы продуваются через слой насадки.

Биологическая очистка отходящих газов от загрязняющих веществ находится еще в зачаточном состоянии. Перспективы развития данного метода чрезвычайно велики. Должна быть оптимизирована не только конструкция реактора, но и должен быть определен или получен генетическими методами состав микробного сообщества, пригодного для окисления широкого спектра субстратов.

Для полноценной очистки газовых выбросов целесообразны комбинированные методы, в которых применяется оптимальное для каждого конкретного случая сочетание грубой, средней и тонкой очистки газов и паров. На первых стадиях, когда содержание токсичной примеси велико, более подходят абсорбционные методы, а для доочистки – адсорбционные или каталитические.

Наиболее надежным и самым экономичным способом охраны биосферы от вредных газовых выбросов является переход к безотходному производству, или к безотходным технологиям.

2.6. Охрана воздушного бассейна от загрязнения вредными выбросами предприятий угольной промышленности

Охрана воздушного бассейна от загрязнения вредными выбросами предприятий угольной промышленности предполагает проведение работ по следующим направлениям:

- создание нормативной базы для планирования природоохранных мероприятий;
- определение источников загрязнения атмосферы, состава и количества выбросов, уровней загрязнения приземного слоя воздуха в зонах рассеивания выбросов;
- расчет ПДВ вредных веществ в атмосферу каждым источником и предприятием в целом;
- экологизация технологических процессов и оборудования для добычи угля и ведения проходческих работ с минимальными интенсивностями образования вредных веществ, использование которых обеспечит соблюдение санитарных норм загрязнения в приземном слое в окрестности предприятия;
- сокращение количества организованных и неорганизованных источников вредных выбросов;
- очистку отходящих газов до норм ПДВ и пылеподавление на источниках выбросов пыли в атмосферу с помощью газо- и пылеулавливающего оборудования.

Для реализации перечисленных направлений разрабатываются мероприятия, которые по классификации Харченко В.А. и др., могут быть разделены на две группы:

- общего характера, способствующие улучшению состояния воздушного бассейна в районе горного предприятия;
- специальные, непосредственно направленные на предотвращение загрязнения атмосферного воздуха.

В первую группу включены:

- территориально-планировочные мероприятия, предусматривающие размещение объектов горного производства – источников пылегазовыделений с учетом природно-климатических условий местности, прежде всего розы ветров, а также планомерность восстановления земель;
- мероприятия по уменьшению площадей эродируемых техногенных поверхностей посредством оптимизации параметров техногенных образований: открытых горных выработок, отвалов и терриконов, хвостохранилищ, складов минерального сырья и пр.;
- рекультивация нарушенных земель для использования их в народном хозяйстве, обеспечивающая предотвращение ветровой эрозии;

– утилизация отходов горного производства, комплексное использование минеральных ресурсов, способствующие уменьшению как площадей эродируемых поверхностей, так и объемов пылегазовыделений.

Ко второй группе отнесены:

– мероприятия по улучшению качества воздуха непосредственно в зоне горных работ путем предотвращения или снижения пылегазовыделений различными объектами в технологической цепи производства;

– мероприятия по улавливанию, отводу и очистке пылегазовых выделений и выбросов;

– мероприятия межотраслевого характера, например, по улучшению газового баланса отработанных взрывчатых веществ и т.д.

Указанные мероприятия инженерной защиты используются для сокращения вредных выбросов в атмосферу:

– из подземных горных выработок;

– технологического комплекса поверхности шахт.

Они имеют целью как снижение пыле- и газовой выделений во время выполнения технологических процессов, так и санитарную очистку выбрасываемых воздушных потоков от вредных примесей до нормативных показателей.

Экологизация технологических процессов (в первую очередь создание замкнутых технологических циклов, без- и малоотходных технологий, исключающих попадание в атмосферу вредных загрязняющих веществ) – наиболее радикальная мера охраны воздушного бассейна от загрязнения. Несмотря на преимущества данного направления, нынешний уровень экологизации технологических процессов еще недостаточен для полного предотвращения пылегазовых выбросов в атмосферу. Поэтому повсеместно используются различные локальные методы очистки отходящих потоков загрязненного воздуха от аэрозолей (пыли) и токсических газо- и парообразных примесей (CO , CO_2 , SO_2 , NO , NO_2 и др.), а устройство очистных сооружений остается все еще одной из основных мер по охране атмосферного воздуха. При очистке происходит выделение примесей в чистом (концентрированном) виде и упорядочение в них молекул или твердых частиц. Такой процесс сопровождается понижением энтропии системы, а сле-

довательно, требует затрат энергии. Поэтому все процессы очистки энергоемки, а ее технические аспекты сложны. Выбор метода очистки и соответствующих ему устройств обусловлен свойствами примеси и характером производства.

Основой предупреждения загрязнения воздушного бассейна вредными примесями, поступающими из шахт, является использование комплекса мер и технических средств борьбы с пылью и газами во всех технологических процессах добычи и первичной обработки полезного ископаемого. При этом особенно надо выделить разработку таких технологических процессов производства, которые бы в максимальной степени имитировали природные процессы, т.е. создание малоотходных технологий производства, позволяющих утилизировать вредные для биосферы вещества, а также оснащение предприятий газо- и пылеулавливающей аппаратурой повышенной эффективности с возможным последующим использованием выбрасываемых веществ.

Наибольшую массу вредных веществ, выделяющихся в атмосферу из подземных горных выработок, составляют метан, оксид углерода, оксиды азота, пыль.

В качестве основных мероприятий по сокращению вредных газообразных выбросов в атмосферу из подземных горных выработок используют следующие:

- предотвращение окислительных процессов угля;
- уменьшение метанообильности угольных шахт и утилизация метана;
- предварительное увлажнение угольного массива;
- уменьшение образования продуктов буровзрывных работ.

2.7. Методы определения качественных показателей воздуха, контрольно-измерительная аппаратура

Для обеспечения мониторинга атмосферного воздуха созданы автоматизированные системы контроля загрязнения воздуха (АСКЗВ).

Задачи, решаемые АСКЗВ:

- автоматическое наблюдение и регистрация концентраций загрязняющих веществ;
- анализ полученной информации с целью определения фак-

тического состояния загрязнения воздушного бассейна;

- принятие экстренных мер по борьбе с загрязнением;
- прогноз уровня загрязнения;
- выработка рекомендаций для улучшения состояния окружающей среды;
- уточнение и проверка расчетов рассеивания примесей.

АСКЗВ рассчитаны на измерение концентраций одного или нескольких ингредиентов из следующего ряда: SO_2 ; CO ; NO_x ; O_3 ; C_mH_n ; H_2S ; NH_3 ; взвешенных веществ, а также определения влажности, температуры, направления и скорости ветра.

АСКЗВ оснащаются приборами на основе сенсоров. Различают электрохимические, амперометрические, полупроводниковые, пьезокварцевые, фотометрические сенсоры с использованием волоконной оптики и индикаторных трубок, биосенсоры, сенсоры на поверхностно-активных волокнах и др. АСКЗВ функционируют на уровне отдельных предприятий, города, региона, а также на национальном и межгосударственном уровнях.

Центральная станция системы укомплектована вычислительным комплексом. Система имеет обратную связь с предприятиями-источниками загрязнения атмосферного воздуха.

Частота фиксации результатов измерений – от 3 раз в сутки до 60 раз в час. Для передачи информации используются телефонные линии, УКВ-радиоканалы или телеграфный канал.

Станции, как правило, работают без обслуживающего персонала, все виды контроля осуществляются автоматически.

Развитие АСКЗВ происходит путем увеличения числа стационарных станций и применения передвижных постов наблюдений. Дальнейшее совершенствование систем наблюдений осуществляется путем применения более современной техники, объединения отдельных локальных систем в региональные, общегосударственные, интернациональные.

Правила организации наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах и населенных пунктах в Российской Федерации изложены в ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов». Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы осуществляют на постах. Постом наблюдения является выбранное место (точка местности), на котором размещают павильон или автомобиль,

оборудованные соответствующими приборами.

Устанавливаются посты наблюдений *трех категорий: стационарные, маршрутные, передвижные (подфакельные)*. *Стационарный пост* предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа.

Из числа стационарных постов выделяются *опорные стационарные посты*, которые предназначены для выявления долговременных изменений содержания основных и наиболее распространенных специфических загрязняющих веществ.

Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха, когда невозможно (нецелесообразно) установить стационарный пост или необходимо более детально изучить состояние загрязнения воздуха в отдельных районах, например, в новых жилых районах.

Передвижной (подфакельный) пост предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника промышленных выбросов.

Стационарные посты оборудованы специальными павильонами, которые устанавливают в заранее выбранных местах. Наблюдения на маршрутных постах проводятся с помощью передвижной лаборатории, которая оснащена необходимым оборудованием и приборами. Маршрутные посты также устанавливают в заранее выбранных точках. Одна машина за рабочий день объезжает 4-5 точек. Порядок объезда автомашиной выбранных маршрутных постов должен быть одним и тем же, чтобы обеспечить определение концентраций примесей в постоянные сроки. Наблюдения под факелом предприятия проводятся также с помощью оборудованной автомашины. Подфакельные посты представляют собой точки, расположенные на фиксированных расстояниях от источника. Они перемещаются в соответствии с направлением факела обследуемого источника выбросов.

Регулярные наблюдения на стационарных постах проводятся по одной из четырех программ наблюдений: *полной, неполной, сокращенной, суточной*.

Полная программа наблюдений предназначена для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения по полной программе выполняются ежедневно пу-

тем непрерывной регистрации с помощью автоматических устройств или дискретно через равные промежутки времени не менее четырех раз при обязательном отборе в 1, 7, 13, 19 ч по местному времени.

По *неполной программе* наблюдения проводятся с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13, 19 ч местного времени.

По *сокращенной программе* наблюдения проводятся с целью получения информации только о разовых концентрациях ежедневно в 7 и 13 ч местного времени. Наблюдения по сокращенной программе допускается проводить при температуре воздуха ниже минус 45 °С и в местах, где среднемесячные концентрации ниже 1/20 максимальной разовой ПДК или меньше нижнего предела диапазона измерений концентрации примеси используемым методом.

Допускается проводить наблюдения по скользящему графику в 7, 10, 13 ч во вторник, четверг, субботу и в 16, 19, 22 ч в понедельник, среду, пятницу. Наблюдения по скользящему графику предназначены для получения разовых концентраций.

Программа *суточного отбора проб* предназначена для получения информации о среднесуточной концентрации. В отличие от наблюдений по полной программе наблюдения по этой программе проводятся путем непрерывного суточного отбора проб и не позволяют получать разовых значений концентрации. Все программы наблюдений позволяют получать концентрации среднемесячные, среднегодовые и средние за более длительный период.

Одновременно с отбором проб воздуха определяют следующие *метеорологические параметры*: направление и скорость ветра, температуру воздуха, состояние погоды и подстилающей поверхности. Для стационарных постов допускается смещение всех сроков наблюдений на 1 ч в одну сторону. Допускается не проводить наблюдения в воскресные и праздничные дни.

Наблюдения на *маршрутных постах*, как и на стационарных, проводятся по *полной, неполной* или *сокращенной программе*. Для этого типа постов разрешается смещение сроков наблюдений на 1 ч в обе стороны от стандартных сроков. Сроки отбора проб воздуха при подфакельных наблюдениях должны обеспечить выявление наибольших концентраций примесей, связанных

с особенностями режима выбросов и метеорологических условий рассеивания примесей, и они могут отличаться от сроков наблюдений на стационарных и маршрутных постах.

В период неблагоприятных метеорологических условий, сопровождающихся значительным возрастанием содержания примесей до высокого уровня загрязнения, проводят наблюдения через каждые 3 ч.

Пробы воздуха, отобранные на постах, доставляют в одно из химических подразделений, где осуществляется их анализ.

Имеется *четыре типа химических подразделений*:

1) группа или лаборатория наблюдений за загрязнением атмосферы,

2) кустовая лаборатория или группа наблюдений за загрязнением атмосферы,

3) централизованные лаборатории различной специализации,

4) специализированные лаборатории научно-исследовательских учреждений.

Группы или лаборатории наблюдений за загрязнением атмосферы осуществляют химический анализ проб воздуха, отобранных на постах в том же городе, с целью определения содержания основных и наиболее распространенных специфических примесей.

Кустовые лаборатории или группы осуществляют анализ проб, отобранных на постах в других городах и пересылаемых в кустовые лаборатории рейсовым транспортом. В этих лабораториях проводят также химический анализ, который не может быть выполнен в лабораториях первого типа.

Централизованные специализированные лаборатории обеспечивают проведение многокомпонентного (спектрального, хроматографического и др.) анализа на определенную группу веществ (металлы, органические соединения и пр.), газовых проб и аэрозольных фильтров, отобранных в ряде городов.

Специализированные лаборатории научно-исследовательских учреждений осуществляют детальный анализ проб воздуха для определения содержания тех веществ, анализ которых не производится сетевыми подразделениями.

Используемые на стационарных постах средства измерения размещаются в комплектных лабораториях «Пост-1» и «Пост-2», на маршрутных и подфакельных постах – в автолаборатории «Атмосфера-II». Для отбора проб воздуха используются электроаспираторы или воздухоотборники.

Электроаспираторы модели 822 и ЭА-1 предназначены для отбора разовых (20-30 мин.) проб воздуха в поглотительные приборы с целью дальнейшего определения концентраций газообразных примесей и сажи. Используются в стационарных лабораториях «Пост-1» и «Пост-2». Электроаспиратор ЭА-1А также предназначен для отбора разовых проб, имеет автономное питание и используется в автолаборатории «Атмосфера-II». Электроаспиратор ЭА-2 предназначен для отбора разовых проб воздуха на фильтры с целью дальнейшего определения концентраций аэрозольных примесей. Используется в лабораториях «Пост-2».

Электроаспиратор ЭА-2С предназначен для отбора суточных проб на один фильтр в циклическом или непрерывном режиме. Используется в лаборатории «Пост-2». С 1988 г. серийно выпускается электроаспиратор ЭА-2СМ взамен снятых с производства электроаспираторов ЭА-2 и ЭА-2С. Он предназначен для отбора разовых или суточных проб на один фильтр в циклическом или непрерывном режиме. Используется в «Пост-2».

Электроаспиратор ЭА-3 предназначен для отбора разовых или суточных проб большого объема на один фильтр и адсорбер с твердым сорбентом для определения малых концентраций примесей, находящихся в газообразном и аэрозольном состоянии. Используется на станциях фоновое мониторинга и в населенных пунктах, где устанавливается автономно на охраняемой территории.

Воздухоотборник «Компонент» предназначен для циклического отбора разовых проб воздуха в поглотительные приборы с целью дальнейшего определения концентрации газообразных примесей. Предусмотрен автоматический отбор 32 проб, распределенных по четырем каналам. Используется в стационарных лабораториях «Пост-2».

В шахтах для определения загрязненности воздуха используются приборы – газоанализаторы.

Газоанализатор – прибор для определения качественного и

количественного состава смесей газов. Работа газоанализатора основана на измерении физических, физико-химических характеристик газовой смеси или её отдельных компонентов: теплового эффекта сгорания газа; электропроводности растворов, поглотивших газы; теплопроводности; плотности; оптической плотности; спектров поглощения или испускания и др.

На предприятиях угольной промышленности применяют газоанализаторы: автоматические стационарные, автоматические, полуавтоматические и интерферометрические переносные.

Автоматические стационарные, автоматические и полуавтоматические переносные газоанализаторы предназначены для непрерывного автоматического определения содержания метана в шахтном воздухе, обеспечения при концентрациях метана от 0,5 до 4 % звуковой и световой сигнализации (СМП-1, СШ-2, СММ-1 и СМС-1), а также автоматического отключения электроэнергии при предельно допустимой концентрации метана, передачи непрерывной информации о содержании метана в пределах от 0 до 2 % и регистрации её на поверхности шахты (АМТ-3, АМТ-3М, «Метан»).

Переносные интерферометрические газоанализаторы применяют для раздельного определения концентрации метана и углекислого газа непосредственно в горных выработках шахт при концентрации этих газов от 0 до 6 % (ШИ-3, ШИ-5, ШИ-7 и ШИ-10) и кислорода от 20,9 до 5 % (ШИ-6), а также определения концентрации газов в дегазационных трубопроводах (ШИ-7). С помощью переносных газоанализаторов экспресс-методом контролируется концентрация в воздухе двуокиси углерода (ГХ-5), окиси углерода, окислов азота, сернистого газа и сероводорода (ГХ-4), а также хлора, аммиака, бензина, бензола, ацетона, паров этилового эфира, углеводородов нефти, толуола и ксилола (УГ-2).

Автоматический контроль и регистрация содержания метана при бурении скважин (с применением буровых растворов и газообразных агентов) осуществляются установкой АУСГ; при возникновении опасных концентраций метана (в точках его отбора на анализ) подаётся световой и звуковой сигналы.

2.8. Источники шумового загрязнения атмосферы. Виды шумов и вибрации при ведении горных работ. Мероприятия по защите от шума и вибрации

Источники шума разнообразны. Причиной шума в городах могут служить предприятия машиностроения, легкой и строительной промышленности, основным же источником шума является транспорт. Его доля составляет 70-80% от общего фонового шума, передающегося через атмосферу.

На крупных транспортных магистралях уровень шума составляет 85-92 дБ с максимумом звукового давления в диапазоне частот 400-800 Гц.

Уровень уличных шумов определяется интенсивностью, скоростью и характером (составом) транспортного потока. Кроме того, уровень уличных шумов зависит от планировочных решений (продольный и поперечный профиль улиц, высота и плотность застройки) и таких элементов благоустройства, как покрытие проезжей части и наличие зеленых насаждений. Каждый из этих факторов способен изменить уровень транспортного шума до 10 дБ.

В промышленном городе обычен высокий процент грузового транспорта на магистралях. Увеличение в общем потоке автотранспорта грузовых автомобилей, особенно большегрузных с дизельными двигателями, приводит к росту уровней шума. В целом грузовые и легковые автомобили создают на территории городов тяжелый шумовой режим. Шум, возникающий на проезжей части магистрали, распространяется не только на примагистральную территорию, но и в глубь жилой застройки.

Таблица 2.

**Шкала оценки процесса шумового загрязнения
городских земель**

Уровень шума, дБ	Степень шумового загрязнения
≤ 34	зашумление комфортное
35-50	нормальное
51-60	среднее
61-70	сильное
> 70	чрезвычайное

За точку отсчета наличия процесса зашумления принято критическое значение уровня звука в помещениях выше 24 дБ, а на территории города – выше 34 дБ. Жилые помещения, уровень звука в которых превышает 70 дБ в дневное время и 55 дБ – в ночное, считаются аварийными, а их эксплуатация – недопустимой.

Жилые помещения, особенно расположенные в многоэтажных домах, имеют большое число «внутренних» источников шума: работающие лифты, вентиляторы, насосы, телевизоры, магнитофоны могут создавать шум интенсивностью от 70 до 95 дБ. Громкий разговор по телефону является источником акустического воздействия интенсивностью до 70 дБ.

Для защиты людей от вредного влияния шума необходимо регламентировать его интенсивность, спектральный состав, время действия и другие параметры.

При гигиеническом нормировании в качестве допустимого устанавливается такой уровень шума, действие которого в течение длительного времени не вызывает изменений во всем комплексе физиологических показателей, отражающих реакции наиболее чувствительных к шуму систем организма.

Снижение городского шума может быть достигнуто, в первую очередь, за счет уменьшения шумности транспортных средств.

Практикуется два метода ослабления шумового воздействия на среду обитания:

а) снижение скорости движения транспортных средств, улучшение регулировки уличного потока, запрещение движения для отдельных видов автомобилей по определенным трассам и в определенное время суток, улучшение звукоизоляции зданий и сооружение противозумовых экранов вдоль скоростных авто-трасс;

б) совершенствование ходовой и моторной частей транспортных средств.

Меры по защите от акустического загрязнения среды и вибрации могут быть подразделены на те, которые связаны со снижением шума в самом источнике, и те, которые обеспечиваются использованием определенных архитектурно-планировочных решений и специальных звукопоглощающих материалов при

строительстве.

В целях борьбы с производственными шумами должны осуществляться: внедрение малошумных технологических процессов; улучшение конструкций транспортных средств и их эксплуатации, а также содержания железнодорожных и трамвайных путей, автомобильных дорог, уличных покрытий; размещение аэродромов и аэропортов на необходимом расстоянии от населенных пунктов и районов жилой застройки; улучшение планировки и застройки городов.

Снижают уровень шума полосы зеленых насаждений между проезжей частью магистрали и жилой застройкой.

Для акустического комфорта жилых районов устраивается шумозащитное озеленение.

Акустический эффект снижения уровня шума зависит в основном от конструкции и ширины зеленой полосы и ее дендрологического состава. Наиболее эффективной формой поперечного сечения шумозащитной полосы является форма треугольника с пологой стороной, обращенной к источнику шума.

Для снижения уровней шума на 15-18 дБ рекомендуется сочетать двух- и трехрядные зеленые полосы с экранирующими барьерами. Значительный эффект достигается при замкнутом типе застройки. Наиболее целесообразна свободная застройка, защищенная со стороны улицы зелеными насаждениями и экранирующими зданиями временного пребывания людей (магазины, столовые, рестораны, ателье и др.) Расположение магистрали на насыпи или в выемке также снижает уровень шума на близ расположенной территории.

При разработке проектов детальной планировки и застройки автомагистралей защитный эффект может быть достигнут с помощью зонирования. В зоне, непосредственно примыкающей к магистрали, следует располагать невысокие здания нежилого назначения, в следующей зоне – малоэтажную жилую застройку, далее жилую застройку повышенной этажности и в наиболее удаленной от магистрали зоне – детские учреждения, школы, поликлиники, больницы и др.

Защита от шума достигается специальной планировкой домов с ориентацией окон спален и большинства общих комнат в сторону дворового пространства.

Защита от внутридомового шума связана с использованием звукопоглощающих материалов, звуконепроницаемых окон и четкой работой коммунальных служб, обеспечивающих исправную работу оборудования.

Граждане обязаны соблюдать требования, установленные в целях борьбы с бытовым шумом в квартирах, а также во дворах жилых домов, на улицах, в местах отдыха.

При реконструкции городов одним из важнейших мероприятий по улучшению экологической обстановки является вынос аэропорта за пределы города, перевод на специальные автодороги грузового и транзитного автотранспорта.

Аэропорты следует выносить за пределы города, используя специальное акустическое озеленение их окрестностей и рациональную планировку самого аэропорта.

Предельные значения шума на рабочих местах регламентирует ГОСТ 12.1.003-83 и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-86, в которых даны предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот.

В условиях шахт и рудников шум мешает вовремя распознать звуки, предшествующие обвалу кровли, горным ударам, выбросу угля, пород и газа. Шум заглушает сигналы при работе машин и механизмов, мешает правильно воспринимать их, что снижает безопасность работ. Уровень громкости шума, не вызывающий вредных воздействий, называется нормальным пределом громкости. Для частоты 1000 Гц он соответствует 75-80 дБ. Для помещений, требующих речевой связи (нарядные, диспетчерские) допустимый уровень шума при частоте 1000 Гц равен 50 дБ. Воздействие шума уровнем выше 75 дБ может привести к потере слуха. При воздействии шума высоких уровней (около 180 дБ) может быть разрыв барабанных перепонки, контузия, а при дальнейшем увеличении (более 190 дБ) возможен летальный исход.

По своей природе шумы разделяются на механические (динамические процессы, деформации машин и механизмов), аэродинамические (пульсации давления в газах, жидкостях) и магнитные (силы, возникающие между статором и ротором электрических машин). На горных предприятиях практически все технологические процессы, также многие машины и механизмы явля-

ются источником шума. Причем уровень шума у некоторого оборудования превышает предельно допустимые уровни, что может быть причиной профессиональных заболеваний. Так, на расстоянии 2 м от бурильного молотка уровень звукового давления составляет 120 дБ, а от бурового станка СБШ-200 равен 96 дБ.

Способы борьбы с шумом могут быть коллективными и индивидуальными.

Коллективные способы защиты включают:

- уменьшение шума в источнике;
- звукоизоляция;
- звукопоглощение;
- архитектурно-планировочные решения;
- специальные глушители.

Средства индивидуальной защиты включают беруши, наушники, шлемы.

Снижение шума в источнике достигается улучшением конструкций машин, заменой металлических деталей на пластмассовые, заменой зубчатых передач на ременные, нанесением смазки, заменой ударных технологических процессов безударными. Для звукоизоляции используют ограждения, кабины, кожухи, акустические экраны, устанавливаемые между источником и приемником шума. В районе источника шум может увеличиваться за счет отражения от строительных конструкций и оборудования. Звукопоглощение производится с помощью пористых материалов и резонансных поглотителей. Звуковые волны, падающие на пористый материал, вызывают колебания воздуха в порах и скелета, что приводит к переходу звуковой энергии в тепловую. В качестве звукопоглощающих покрытий используют органические и минеральные волокна, пенопласт и др. Резонансные поглотители имеют воздушную полость, соединенную отверстием с окружающей средой. Отраженная в полости волна гасит падающие волны. Резонансным поглотителем является также перфорированный экран с отверстиями, затянутыми тканью или мелкой сеткой. Для звукопоглощения используют и штучные поглотители – объемные тела в виде конуса, куба и других форм, подвешенные к потолку

Шум и вибрация сопровождают многие технологические процессы в угольных шахтах. Основными источниками шума в

шахтах являются различные машины и механизмы (врубковые машины, комбайны, закладочные машины, вентиляторы, насосы и др.), ручные механизированные инструменты (отбойные молотки, пневматические и электрические перфораторы), подземный транспорт (рельсовый транспорт, конвейеры). Современные угольные комбайны при рабочей нагрузке генерируют шум интенсивностью 100-105 дБА и более. По спектральному составу шум широкополосный с максимумом энергии в диапазоне средних и высоких частот (500-2000 Гц). При работе отбойных молотков шум составляет 90-95 дБА с преобладанием частот от 50 до 2300 Гц. Шум от перфоратора может достигать 115 дБА и выше. При работе гидромониторов зарегистрированы уровни шума свыше 125 дБА. Таким образом, шум шахтных механизмов превышает предельно допустимые уровни для производственных шумов на 10-20 дБА и более.

Источниками вибрации при угледобыче являются пневматические отбойные молотки, электрические и пневматические перфораторы, гидромониторы. Перечисленные механизмы генерируют так называемую местную вибрацию, передающуюся главным образом на руки работающих. Их параметры, как правило, значительно превышают допустимые санитарными нормами уровни вибрационной скорости в широком диапазоне частот. Работа с отбойными молотками связана с действием отдачи – обратного удара, частота этих ударов соответствует основной скорости колебания инструментов (25-30 Гц), амплитуда отдачи зависит от силы нажима (чем больше сила нажима, тем меньше амплитуда отдачи). Именно с действием отдачи инструментов связаны поражения опорно-двигательного аппарата у шахтеров. Работа на угольных комбайнах, рудничном рельсовом транспорте связана с воздействием общих вибраций низких и средних частот. Их параметры нередко превышают допустимые уровни. На электровозах наблюдаются сложно компонентные колебания, преимущественно с частотами 4,5-6 Гц, амплитуда 0,7-1 мм. Максимальные же величины колебаний достигают 3,25 мм при частоте около 15 Гц. Наиболее выражена горизонтальная компонента колебаний.

Параметры производственной вибрации регламентирует ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие

требования» и санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите источники и виды загрязнения атмосферы при производстве горных работ. К какому виду источников загрязнения атмосферы относятся массовые взрывы?

2. К какому виду источников загрязнения атмосферы относятся буровые станки? К какому виду источников загрязнения атмосферы относятся выемочно-погрузочные работы?

3. Какие вредные выбросы в атмосферу разреза происходят во время взрыва?

4. Меры по снижению пылегазовых выбросов при взрывных работах.

5. Назовите предельно допустимые концентрации для основных видов загрязнителей атмосферного воздуха.

6. Методы очистки газов от аэрозолей и газообразных примесей.

7. Мероприятия по защите от шума и вибрации при ведении горных работ.

3. ОХРАНА ВОДНОЙ СРЕДЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

3.1. Методы защиты и восстановления поверхностных водных объектов

Самоочищающая способность поверхностных водных объектов, подверженных антропогенной нагрузке, как правило, недостаточна для противостояния высокому уровню внешнего негативного воздействия. В результате водные экосистемы подвергаются перестройке, следствием которой является обеднение видового состава, биологической ценности гидробионтов, ухудшение качественных характеристик воды. По этой причине для промышленно развитых стран с предельной остротой возникает проблема защиты водных объектов и восстановления деградировавших водных экосистем. Решение этой задачи возможно только

путем совместного воздействия на поступления веществ в водные объекты и внутриводоемные процессы.

Внешнее воздействие на водные объекты проявляется в виде поступления в них посторонних примесей и тепла, что приводит к нарушению норм качества воды. С целью поддержания самоочищающей способности водных объектов и обеспечения различных видов водопользования объем внешних воздействий не должен превышать установленных нормативов ПДС (предельно допустимого сброса). Реализация норм ПДС достигается за счет уменьшения количества возвратных вод или снижения концентрации веществ в них.

Основными *организационно-техническими мероприятиями*, применяемыми в этих целях, являются:

- изменение технологии производства;
- канализование и санитарная очистка городов;
- повторное использование сточных вод;
- очистка сточных вод.

Изменение технологических процессов в сторону ресурсосберегающих, малоотходных и безотходных технологий является одним из наиболее экономически и экологически эффективных направлений. Однако такой путь, как правило, характеризуется высокой капиталоемкостью и требует первоначальных инвестиций.

Канализование населенных пунктов позволяет предотвратить загрязнение водных объектов неорганизованным стоком. Организованный сток из канализационных сетей, как правило, направляется на очистные сооружения. При отсутствии очистных сооружений снижение негативного воздействия на качество воды водных объектов может быть достигнуто за счет использования специальных конструкций выпусков сточных вод (рассеивающих, в стрежень, глубоководных), которые обеспечивают более эффективное разбавление сточных вод.

Санитарная очистка территории позволяет снизить поступление веществ в дождевые и снеговые сточные воды, снизить загрязнение грунтовых вод и тем самым уменьшить поступление загрязняющих веществ в водные объекты. Этот метод является достаточно эффективным и относительно малозатратным.

Повторное использование сточных вод может осуществ-

ляться путем оборотного водоснабжения в пределах одного предприятия или передачей сточных вод в другие сферы хозяйствования. Например, использование очищенных сточных вод для технического водоснабжения или орошения.

Оборотное водоснабжение может осуществляться как единая система для всего предприятия или в виде отдельных циклов для цеха или группы цехов.

Предотвращение сброса подогретых вод уменьшает вероятность развития процессов эвтрофирования водных объектов.

Очистка сточных вод является наиболее традиционным способом снижения нагрузки на водные объекты.

Управление качеством воды водных объектов на основе целенаправленного вмешательства в ход внутриводоемных процессов достигается в основном воздействием на абиотические компоненты экосистемы.

В основе технологий защиты и восстановления водотоков лежит целенаправленное изменение гидрологических условий или непосредственное воздействие на биотическую часть водной экосистемы.

Основными техническими решениями являются изменение скорости течения, формы поперечного сечения русла, материала крепления береговых откосов и разработка специальных биоинженерных сооружений.

Скорость течения является одним из главных экологических факторов на водотоках. Она оказывает существенное воздействие на все биотические компоненты водной экосистемы – планктон, бентос, перифитон, макрофиты. Это воздействие имеет *прямой* и *косвенный характер*. *Прямое воздействие* проявляется в непосредственном механическом воздействии течения на гидробионты. *Косвенное воздействие* осуществляется через изменение физических и химических условий в водотоке, например, скорости процесса атмосферной реэрации, условий перемешивания, мутности потока. Скорость потока является комплексным управляющим фактором. Чем больше время пребывания вещества в водотоке, тем сильнее проявляются процессы биохимической трансформации веществ. Чем больше транспортирующая способность потока, тем меньше его прозрачность. В свою очередь прозрачность воды сильно влияет на продукционные про-

цессы и тепловой режим водотоков. Скорость потока лимитирует скорость роста различных биотических сообществ. Для каждого вида водорослей существует так называемая *лимитирующая скорость течения*, при достижении которой развитие водорослей замедляется, и *критическая скорость течения*, при которой водоросли перестают развиваться и могут погибнуть.

Форма сечения русла имеет большое значение для трансформации органических веществ. Изменяя форму русла, можно изменять скорость течения и соотношение *трофогенного* и *трофолитического слоев*, добиваясь таким образом необходимого соотношения продукции и деструкции.

При *искусственной облицовке береговых откосов*, характерной для водных объектов, находящихся в черте города, большое значение имеет используемый облицовочный материал. Его вид во многом определяет интенсивность процессов самоочищения. Например, облицовка берегов щебнем или бетоном приводит к их усиленному обрастанию и, как следствие – к автохтонному вторичному загрязнению водного объекта за счет увеличения продукции органического вещества.

Перспективным направлением развития технологий защиты водотоков является *разработка биоинженерных сооружений* типа *биоплато*. Для защиты и восстановления водных объектов используют *естественные* или *искусственные биоплато* различных типов.

Русловые биоплато представляют собой мелководные расширения русла с развитой высшей водной растительностью. Очистка воды здесь производится высшей водной растительностью по всему сечению потока. Создание русловых биоплато возможно на участках водотоков глубиной не более 1,5-2 м, со скоростью течения до 0,2-0,3 м/с.

Береговые биоплато представляют собой заросли высшей водной растительности вдоль берегов водотока. Очистка воды в этом случае производится только частью потока.

Устьевые биоплато располагаются в местах впадения в водоток малых притоков.

Наплавные биоплато предназначены для очистки верхнего слоя поверхностных вод. В этом случае высшая водная растительность размещается в специальных плавающих контейнерах,

располагаемых поперек потока.

Биоинженерные сооружения типа биоплато позволяют существенно снизить содержание загрязняющих веществ в поверхностных водах. Очистку воды осуществляют все элементы сообщества высшей водной растительности. Взвешенные вещества задерживаются и осаждаются в основном *макрофитами*. Главную роль в деструкции органических веществ играет *бактериоперифитон* – бактериальная пленка, развивающаяся на подводной части высшей водной растительности. Биогенные элементы ассимилируются высшей водной растительностью, накапливаются в надводной ее части и корневой системе, что позволяет надолго исключить их из водной среды. Нефтепродукты окисляются бактериоперифитоном и углеводородоокисляющими бактериями, количество которых в зарослях высшей водной растительности существенно возрастает за счет выделения растениями специфических стимуляторов и потребления ими ингибиторов роста этих бактерий. Пестициды, тяжелые металлы и радионуклиды извлекаются высшей водной растительностью и накапливаются в ее корневой системе и зеленой массе. Фенолы накапливаются и трансформируются высшей водной растительностью, летучие фенолы частично выделяются в атмосферу.

В водоемах характер внутри водоемных процессов во многом определяется степенью и характером *экологической стратификации*.

Важнейшей проблемой водоемов является *эвтрофицирование*, поэтому большинство защитных технологий направлены на противодействие этому процессу. Такие технологии называются технологиями *деэвтрофирования*. Целью деэвтрофирования является снижение уровня трофности водных объектов.

Рассмотрим некоторые технологии деэвтрофирования.

Удаление донных отложений. Содержание биогенных элементов в донных отложениях обычно увеличивается от нижних слоев к верхним. Поэтому удаление верхних слоев этих отложений приводит к обнажению слоев, обедненных биогенными элементами и, следовательно, к снижению переноса их в водную толщу.

Экранирование донных отложений, создающее физический барьер на границе раздела «вода – донные отложения». Как экран

могут использоваться пластиковые пленки, песок, глина.

Отвод воды из гипolimниона, в результате которого из водоема извлекаются богатые биогенами воды. Эта технология эффективна в глубоких водоемах с большим периодом водообмена.

Химическая обработка, основанная на использовании веществ, способствующих осаждению биогенных элементов или преобразованию их в менее доступную для микроорганизмов форму. Наиболее эффективным и экологически безопасным является использование в этих целях сульфата алюминия.

Изменение условий среды обитания. В основе этих технологий обычно лежит затемнение, приводящее к снижению продукции органического вещества. Существуют различные технологии затемнения – использование специальных красителей, избирательно пропускающих солнечный свет, непроницаемых плавающих покрытий, посадка высоких деревьев по берегам.

3.2. Методы очистки сточных вод

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

Освобождение сточных вод от загрязнения – сложное производство. В нем, как и в любом другом производстве имеется сырье (сточные воды) и готовая продукция (очищенная вода).

Методы очистки сточных вод можно разделить на механические, химические, физико-химические и биологические, когда же они применяются вместе, то метод очистки и обезвреживания сточных вод называется комбинированным. Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей.

Сущность *механического метода* состоит в том, что из сточных вод путем отстаивания и фильтрации удаляются механические примеси. Грубодисперсные частицы в зависимости от размеров улавливаются решетками, ситами, песколовками, септиками, навозоуловителями различных конструкций, а поверхностные загрязнения – нефтеловушками, бензомаслоуловителями, отстойниками и др. Механическая очистка позволяет выделять из бытовых сточных вод до 60-75 % нерастворимых приме-

сей, а из промышленных до 95 %, многие из которых как ценные примеси, используются в производстве.

При очистке воды методом отстаивания используются следующие технические средства.

Песколовки – используются для очищения от примесей с диаметром частиц более 0,25 мм. Выделяют вертикальные и горизонтальные песколовки. Время пребывания воды в песколовке для ее очистки: от 30 сек до 3 минут. Песколовки бывают аэрируемыми.

Отстойники – используются для отделения примесей с размером частиц менее 0,25 мм (рис. 9). Время пребывания воды для очистки – несколько часов. Выделяют вертикальные, горизонтальные, радиальные отстойники. Эффективность метода порядка 60 %.



Рис. 9. Схема отстойника

Маслоловушки (рис. 10), *нефтеловушки*, *жироловки* – их эффективность зависит от исходной концентрации нефти, достигает 90 %. Такие устройства делают закрытыми.

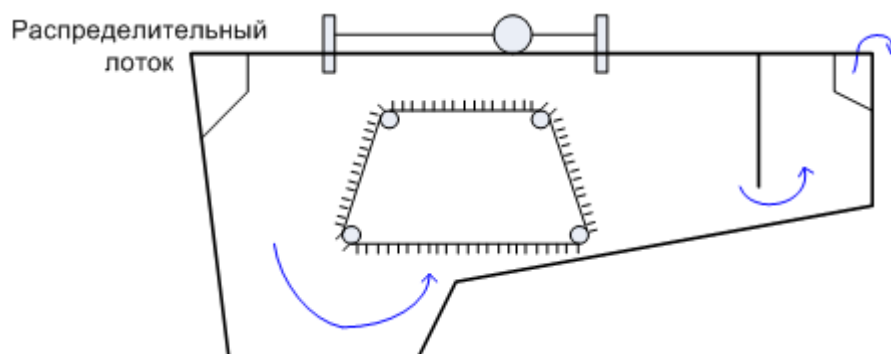


Рис. 10. Схема маслоловушки

Радиальные отстойники (рис. 11) используют, чтобы ускорить сбор шлама, в них используется совок (шибер). Диаметр радиального отстойника 18-40 м, глубина 1,5-5 м; эффективность очистки – до 60 %. Очень эффективны для предварительного осаждения примесей в очень мутной воде.

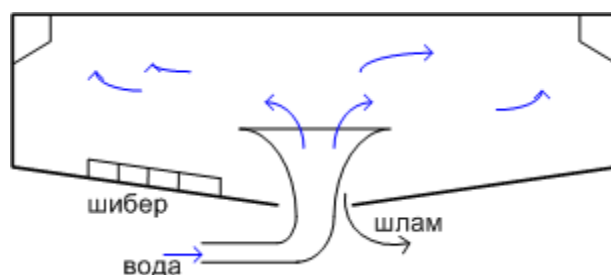


Рис. 11. Схема радиального отстойника

Вертикальный отстойник – высота 6-7 м, эффективность – порядка 40 % (рис. 12).

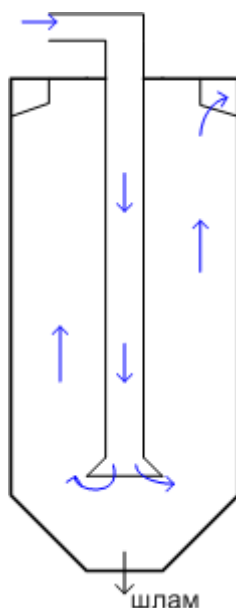


Рис. 12. Схема вертикального отстойника

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

При *физико-химическом методе* обработки из сточных вод удаляются тонкодисперсные и растворенные неорганические примеси и разрушаются органические и плохо окисляемые вещества, чаще всего из физико-химических методов применяется *коагуляция, окисление, сорбция, экстракция* и т. д. Широкое применение находит также *электролиз*. Он заключается в разрушении органических веществ в сточных водах и извлечении металлов, кислот и других неорганических веществ. Электролитическая очистка осуществляется в особых сооружениях – электролизерах. Очистка сточных вод с помощью электролиза эффективна на свинцовых и медных предприятиях, в лакокрасочной и некоторых других областях промышленности.

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

Для повышения эффективности очистки используют коагулянты и флокулянты.

В качестве *коагулянтов* используют соли железа, алюминия: железный купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; сернокислый алюминий $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$; хлорное железо $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

В качестве щелочных реагентов обычно используют известь в виде известкового молока, соду Na_2CO_3 . Эффективность отстойников с использованием коагулянтов достигает 98-99 %.

В качестве *флокулянтов* используют полиакриламид, активную кремниевую кислоту. Перед употреблением флокулянт замачивают в горячей воде, он в ней набухает, после этого его добавляют в отстойник.

Среди методов очистки сточных вод большая роль принадлежит *биологическому методу*, основанный на биологическом окислении органических и некоторых неорганических веществ в результате деятельности микроорганизмов, использующих примеси сточных вод как питательный субстрат, подвергая их биохимическим превращениям, образуя при этом относительно безвредные продукты окисления – воду, диоксид углерода, нитрат- и сульфат-ионы.

Существует два основных приема биологической очистки сточных вод – *аэробный* – при непрерывном притоке кислорода воздуха и *анаэробный* – в отсутствие кислорода.

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

Метантенк (метанреактор) представляет собой реактор с частично неподвижным слоем, который оборудован дополнительным внешним отстойником со скребком для обратной подачи анаэробного ила в метанреактор. На рис. 13 представлены промышленные очистные сооружения. Промышленный метанреактор имеет объем около 1000 м³.



Рис. 13. Анаэробные очистные сооружения для химической промышленности

При брожении в метантенке образуется газ, состоящий на 70% из метана и на 30 % из углекислого газа. Сброженный осадок содержит около 12 % гуминовых кислот, 3 % общего азота, 3,8 % фосфорной кислоты, соединения калия, кальция и может использоваться как удобрение для сельскохозяйственных полей.

Для накопления и усреднения залповых сбросов сточных вод используется усреднитель. За метанреактором следует один из аэробных реакторов биологической очистки.

В *биофильтрах* сточные воды пропускаются через слой крупнозернистого материала, покрытого тонкой бактериальной пленкой. Благодаря этой пленке интенсивно протекают процессы

биологического окисления. Именно она служит действующим началом в биофильтрах.

Биологические пруды часто доочистки сточных вод в комплексе с другими очистными сооружениями. Пруды представляют собой каскад неглубоких (до 1 м) искусственных водоемов с естественной или принудительной аэрацией, через которые с малой скоростью протекает очищаемая вода. В биологических прудах в очистке сточных вод принимают участие все организмы, населяющие водоем. Органические примеси окисляются с помощью бактерий, а продукты распада усваиваются водными организмами – микроводорослями, водными растениями.

Аэротенки – огромные резервуары из железобетона с непрерывно протекающей сточной водой (рис. 14). Здесь очищающее начало – *активный ил* из бактерий и микроскопических животных. Все эти живые существа бурно развиваются в аэротенках, чему способствуют органические вещества сточных вод и избыток кислорода, поступающего в сооружение потоком подаваемого воздуха. Бактерии склеиваются в хлопья и выделяют ферменты, минерализующие органические загрязнения. Ил с хлопьями быстро оседает, отделяясь от очищенной воды. Инфузории, жгутиковые, амёбы, колероватки и другие мельчайшие животные, поедая бактерии, неслипающиеся в хлопья, омолаживают бактериальную массу ила. В аэротенк непрерывно подается и равномерно распределяется воздух. Концентрация кислорода, растворенного в воде, должна быть не менее 2 м^3 .



Рис. 14. Аэротенк с активным илом

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

Биологический метод дает большие результаты при очистке коммунально-бытовых стоков. Он применяется также и при очистке отходов предприятий нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, производстве искусственного волокна.

Недостаток метода – малая скорость биологических окислительных процессов, для завершения которых необходимы большие объемы очистных сооружений.

3.3. Использование и очистка сточных вод в горной промышленности

Производственные сточные воды предприятий горной промышленности могут быть разделены на две основные группы:

– воды, образующиеся при разработке месторождений,

– сточные воды обогатительных предприятий.

В зависимости от способа разработки сточные воды подразделяются на шахтные (при подземной добыче), карьерные (при поверхностной отработке месторождения), а также воды гидромеханизации.

Состав сточных вод обогатительных фабрик разнообразен и зависит от природы сырья и технологии обогащения. Наиболее широк спектр загрязнений сточных вод обогатительными фабриками в цветной металлургии, которые, помимо ионов цветных металлов, загрязнены флотореагентами (ксантогенаты, высокомолекулярные спирты, ПАВ, жирные кислоты, масла, нефтепродукты и пр.), цианидами, растворимыми сульфидами, ионами рассеянных элементов (селен, теллур и т.д.) и рядом других веществ.

Содержащиеся в сточных водах вещества, попадая в значительных количествах в водоёмы, ухудшают их санитарное состояние и гидробиологический режим. Поэтому перед выпуском в водоёмы должна осуществляться обязательная очистка сточных вод.

Одним из способов обезвреживания сточных вод, широко используемым в горнодобывающих отраслях промышленности, является закачка их в глубокие подземные горизонты. Для ряда категорий сточных вод, содержащих биогенные элементы и некоторые органические компоненты, перспективно использование их для орошения сельскохозяйственных земель.

Очистка производственных сточных вод до нормативной концентрации загрязнений перед сбросом требует значительных капитальных и эксплуатационных затрат. Поэтому одним из основных направлений рационального водопользования является повторное использование производственных сточных вод за счёт создания оборотных систем водоснабжения и замкнутых (частично или полностью) систем водоснабжения и канализации, при которых исключается или значительно сокращается сброс сточных вод в водоёмы. В замкнутых системах требования к качеству очистки производственных сточных вод от загрязнений, как правило, намного ниже, чем при сбросе в водоём, что позволяет сократить расходы на их обезвреживание.

Одним из основных направлений предотвращения загрязнения водоемов и рационального использования водных ресурсов являются *оборотные системы водоснабжения*.

Оборотное водоснабжение – это когда вся вода или ее часть все время находится в обороте. Отличительная особенность водного хозяйства угольной промышленности состоит в том, что забор воды и сброс ее в процессе добычи угля и сланца превышают потребление воды на производственные нужды отрасли более чем в 3 раза, причем для шахт – в 7 раз, для разрезов – в 4,5 раза. Уровень оборотного водоснабжения на угледобывающих и перерабатывающих предприятиях может быть: 48 % – при добыче подземным механическим способом; 94 % – при добыче гидравлическим способом; 67 % – при добыче открытым способом; 92% – при обогащении от общего водопотребления.

Из сточных вод угольной промышленности около 90 % составляют воды, забираемые попутно при добыче угля и сланца: шахтные, карьерные, дренажные. Шахтные и карьерные воды в соответствии с действующими стандартами и санитарными правилами не могут быть рекомендованы как источник питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Расход воды на технические нужды в угольной промышленности в соответствии с нормами может достигать 15-30 % от общего объема попутно забираемых вод, остальная часть используется на соседних предприятиях других отраслей промышленности, на орошение полей, рыбозаведения, или сбрасывается в гидрографическую сеть.

Основными потребителями являются: обогатительные фабрики – 50 %; шахты – 36 % и разрезы – 14 %. Так как шахтные и карьерные воды имеют близкие состав и свойства, области возможного их использования одинаковы. Дренажные воды не загрязнены, как шахтные или карьерные, и потому могут использоваться для хозяйственно-бытового водоснабжения и технических нужд. Основными потребителями шахтных и карьерных вод являются обогатительные фабрики с мокрыми процессами обогащения. Технологические процессы мокрого обогащения на большинстве фабрик организованы по оборотной системе водоснабжения с замыканием водно-шламового цикла через наружные очистные сооружения – шламовые отстойники, илонакопители, хвостохранилища. Свежую воду расходуют, на восполнение без-

возвратных потерь технической воды в процессе обогащения угля и сланца, к которым относят потери с продуктами обогащения, при испарении с поверхности сооружений и др. Потери воды в значительной степени зависят от класса обогащенного угля, а также от степени его обогатимости. В результате многократного использования воды в оборотном цикле качественные показатели ее изменяются, и наступает момент, когда часть воды сбрасывается в наружные сооружения, а оттуда – в водоемы. Система пополняется свежей водой.

При строительстве угольных предприятий шахтную воду используют для горнопроходческих работ, при тушении горящих породных отвалов и профилактике их самовозгорания, для геологоразведческих работ, при этом рН должен быть не менее 5. Шахтные воды могут быть перспективным источником орошения сельскохозяйственных культур. Для определения возможности применения шахтных вод с целью орошения необходимо проводить всестороннюю оценку (почвенную, агрохимическую, биологическую, ирригационную).

Одним из путей расширения комплексного использования шахтных вод следует считать создание прудов и водохранилищ, в которых будут аккумулироваться еще дождевые и талые воды. Последние будут разбавлять шахтные воды, и улучшать их качество. Такие водохранилища могут служить зоной отдыха и использоваться для рыборазведения.

Методы очистки шахтных вод обуславливаются их физико-химическими и техническими свойствами, а также климатическими условиями угольных месторождений. Шахтные и карьерные воды очищают механическими, физико-химическими и химическими методами, а для очистки их от взвешенных веществ основными являются – осветление и фильтрование. Биологические методы очистки находят ограниченное применение. Количество осадков, образующихся при очистке шахтных вод, составляет 0,05-0,3 % объема обрабатываемой воды.

Отстаивание (осветление) шахтных и карьерных вод производят в прудах-осветлителях или отстойниках различных конструкций. Пруды-осветлители сооружают одно-, двух- и многокаскадные со временем пребывания воды в них до 10 суток и более. Эффективность осветления в прудах достигает 50-62 %, но

зимой они работают хуже. Пруды периодически чистят. Однако они занимают большие площади земли и загрязняют окружающую среду (воздух, почву, воду).

В практике очистки шахтных (карьерных) вод широкое применение нашли горизонтальные и вертикальные отстойники, реже – радиальные. Отстойники используют, как правило, на первой стадии очистки, но на многих шахтах отстойники являются самостоятельными и последними сооружениями, после которых стоки сбрасываются в водоемы. Горизонтальные отстойники, которые нашли наиболее широкое применение, представляют собой прямоугольные резервуары с приямком для сбора осадка, который располагается вначале сооружения. Для задержания плавающих примесей и распределения потока на входе и выходе воды из отстойника устанавливают перегородку, погруженную на глубину 0,25 м. Продолжительность отстаивания воды составляет примерно 1-3 ч.

Эффективность очистки горизонтальных отстойников с регулирующими дырчатыми перегородками от 39 до 49 %, для отстойников с системой рассредоточенного поверхностного отбора воды – 62-69 % и для отстойников с тонкослойными элементами из наклонных перегородок – от 47 до 71 %.

С целью повышения эффективности отстаивания без изменения конструктивных параметров отстойников применяют реагентную обработку воды коагулянтами или флокулянтами (сернокислый алюминий, хлористое железо, полиакриламид, полиэлектролит ВПК-402 и др.).

Для очистки сточных вод от *взвешенных веществ* применяют аппараты гидроциклоны и центрифуги, в которых используется центробежная сила. Особенно широко для очистки шахтных вод за рубежом нашли применение гидроциклоны. Они успешно заменяют отстойники, имея ряд преимуществ перед ними: занимают малую площадь, имеют высокую степень очистки до 70 %, высокую производительность, не имеют подвижных частей, работа их может быть полностью автоматизирована. Наибольшее применение нашли напорные (закрытые) и безнапорные (открытые) гидроциклоны.

Флотация как физико-химический процесс применяется для очистки сточных вод и для обогащения углей. Этот метод

обеспечивает высокую степень очистки стоков от нерастворимых примесей и взвешенных веществ на 90-98 %, кроме того, флотационные установки применяют для удаления из сточных вод масел, жиров, нефтепродуктов, смол, поверхностно-активных веществ, гидроксидов тяжелых металлов, полимеров, жиров и т.д. Извлечение происходит в результате прилипания частиц к пузырькам газа (воздуха), образующимися в жидкости или введением в нее. Вместе с пузырьками воздуха частицы всплывают на поверхность, образуя пенный слой, который удаляют. Прилипание частиц, находящейся в воде, к поверхности газового пузырька возможно только тогда, когда частица не смачивается или плохо смачивается водой (гидрофобные частицы). Для получения такого эффекта в сточные воды добавляют различные флотационные реагенты (керосин, каменноугольные масла, пенообразователи и др.) которые приводят к вторичному загрязнению сточных вод, особенно при обогащении углей и различных руд.

Для глубокой очистки сточных вод после других методов (осветления, флотации и др.) применяют *фильтрование*. Оно может быть через зернистую загрузку и через фильтрующие перегородки. Фильтры с зернистой загрузкой подразделяются: по скорости фильтрования (медленные до 0,7 м/ч), скорые (до 17 м/ч), сверхскоростные (36-100 м/ч); по количеству слоев загрузки: однослойные, двухслойные, многослойные; по крупности фильтрующего материала; мелкозернистые, среднезернистые, крупнозернистые; по направлению потока; нисходящий, восходящий, горизонтальный; по количеству потоков однопоточные, двухпоточные, многопоточные. В качестве загрузки при фильтровании шахтных вод используются: песок, дробленый антрацит, керамзит, горелые породы, тяжелые минералы (гранат, ильменит, магнетит), синтетические гранулированные материалы (полистирол, полиэтилен и др.), пластмассы с наполнителем – для устройства слоев, однородных по размерам зерен и другие материалы. по рабочему давлению; безнапорные (открытые), напорные (закрытые).

3.4. Показатели качества воды водных объектов

Качество поверхностных вод в настоящее время оценивается по целому ряду показателей состояния: санитарно-бактериологическим, радиологическим, гидробиологическим, показателям кислородного режима и степени минерализации, а также по состоянию загрязненности донных отложений, характеризующих в значительной степени накопленное загрязнение.

Система контроля загрязнений природных водных объектов, существующая в настоящее время, основана на определении аналитическими методами *ПДК отдельных веществ*, а также *санитарно-гигиенических показателей*.

При этом содержание каждого загрязняющего вещества измеряют в мг/м³ и выражают кратностью превышения его фактической концентрации принятого норматива для того или иного вида использования вод (хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения). Для интегральной характеристики качества воды часто используется «индекс загрязненности вод» (ИЗВ), определяемый по среднему превышению предельно допустимых концентраций (ПДК) среднегодовыми концентрациями шести основных загрязняющих веществ.

По итоговому значению ИЗВ выделяют 7 классов качества воды: I – очень чистые (ИЗВ менее 0,5), II – чистые (0,5–1,0), III – умеренно загрязненные (1–2,5), IV – загрязненные (2,5–4,0), V – грязные (4–6), VI – очень грязные (6–10) и чрезвычайно грязные (более 10).

Поскольку не существует единого показателя, который характеризовал бы весь комплекс характеристик воды, оценка качества воды ведется на основе *системы показателей*. Показатели качества воды делятся на *физические, бактериологические, гидробиологические* и *химические*.

Другой формой классификации показателей качества воды является их разделение на *общие* и *специфические*.

К *общим* относят показатели, характерные для любых водных объектов. Присутствие в воде *специфических показателей* обусловлено природными условиями, а также особенностями антропогенного действия на водный объект.

К *основным физическим показателям* качества воды отно-

сятся:

Температура воды. В водных объектах температура является результатом действия солнечной радиации, теплообмена с атмосферой, переноса тепла течениями, перемешивания водных масс и поступления погретых вод из внешних источников. Температура влияет практически на все процессы, от которых зависят состав и свойства воды. Температура воды измеряется в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$).

Запах. Запах воды создается специфическими веществами, поступающими в воду в результате жизнедеятельности гидробионтов, разложения органических веществ, химического взаимодействия содержащихся в воде компонентов и поступления из *внешних (аллохтонных)* источников. Запах воды меряется в баллах.

Прозрачность. Прозрачность воды зависит от степени рассеивания солнечного света в воде веществами органического и минерального происхождения, находящимися в воде во взвешенном и коллоидном состоянии. Прозрачность определяет протекание биохимических процессов, требующих освещенности. Прозрачность измеряется сантиметрах.

Цветность. Цветность воды обуславливается содержанием органических окрашенных соединений. Вещества, определяющие окраску воды, поступают в воду вследствие выветривания горных пород, внутриводоемных процессов, с подземным стоком, из антропогенных источников. Высокая цветность снижает органолептические свойства воды, уменьшает содержание растворенного кислорода. Цветность измеряется в градусах.

Содержание взвешенных веществ. Источниками взвешенных веществ могут служить процессы эрозии почв и горных пород, взмучивание донных отложений, продукты метаболизма и разложения гидробионтов, продукты химических реакций и антропогенные источники. Взвешенные вещества влияют на глубину проникновения солнечного света, ухудшают жизнедеятельность гидробионтов, приводят к заиливанию водных объектов, вызывая их экологическое старение (*эвтрофизирование*). Содержание взвешенных веществ измеряется в граммах на кубический метр или в миллиграммах на литр ($\text{г}/\text{м}^3$, $\text{мг}/\text{л}$).

Бактериологические показатели характеризуют загрязнен-

ность воды патогенными микроорганизмами. К числу важнейших бактериологических показателей относят: *коли-индекс* – количество кишечных палочек в одном литре воды; *коли-титр* – количество воды в миллилитрах, в котором может быть обнаружена одна кишечная палочка; *численность лактозоположительных кишечных палочек*; *численность колифагов*.

Гидробиологические показатели дают возможность оценить качество воды по населению водоемов животными и растениями. Изменение видового состава водных экосистем может происходить при столь слабом загрязнении водных объектов, которое не обнаруживается никакими другими методами. Поэтому гидробиологические показатели являются наиболее чувствительными.

Существует несколько подходов к *гидробиологической оценке качества воды*.

а) Оценка качества воды по уровню *сапробности*. *Сапробность* – это степень насыщения воды органическими веществами. В соответствии с этим подходом водные объекты (или их участки) в зависимости от содержания органических веществ подразделяют на *полисапробные*, *мезосапробные* и *олигосапробные*. Наиболее загрязненными являются полисапробные водные объекты. Каждому уровню сапробности соответствует свой набор индикаторных организмов-сапробионтов. На основе индикаторной значимости организмов и их количества вычисляют *индекс сапробности*, по которому определяется *уровень сапробности*.

б) Оценка качества воды по *видовому разнообразию организмов*. С увеличением степени загрязненности водных объектов видовое разнообразие, как правило, снижается. Поэтому изменение видового разнообразия является показателем изменения качества воды. Оценку видового разнообразия осуществляют на основе *индексов разнообразия* (индексы Маргалефа, Шеннона и др.).

в) Оценка качества воды по *функциональным характеристикам водного объекта*. В этом случае о качестве воды судят по величине *первичной продукции*, *интенсивности деструкции* и некоторым другим показателям.

Физические, бактериологические и гидробиологические показатели относят к *общим показателям* качества воды.

Химические показатели могут быть *общими* и *специфиче-*

скими.

Химические показатели измеряются в г/м^3 , мг/дм^3 (мг/л).

К числу *общих химических показателей* качества воды относят:

а) *Растворенный кислород*. Основными источниками поступления кислорода в водные объекты является газообмен с атмосферой, фотосинтез, а также дождевые и талые воды, которые, как правило, перенасыщены кислородом. Окислительные реакции являются основными источниками энергии для большинства гидробионтов. Основными потребителями растворенного кислорода являются процессы дыхания гидробионтов и окисления органических веществ. Низкое содержание растворенного кислорода (*анаэробные условия*) сказывается на всем комплексе биохимических и экологических процессов в водном объекте.

б) *Химическое потребление кислорода (ХПК)*. ХПК определяется как количество кислорода, необходимого для химического окисления содержащихся в единице объема воды органических и минеральных веществ. При определении ХПК в воду добавляется окислитель – бихромат калия. Величина ХПК позволяет судить о загрязнении воды окисляемыми веществами, но не дает информации о составе загрязнения. Поэтому ХПК относят к обобщенным показателям.

в) *Биохимическое потребление кислорода (БПК)*. БПК определяется как количество кислорода, затрачиваемое на биохимическое окисление содержащихся в единице объема воды органических веществ за определенный период времени. На практике БПК оценивают за пять суток (БПК_5) и двадцать ток (БПК_{20}). БПК также носит к обобщенным показателям, поскольку оно служит оценкой общего загрязнения воды легкоокисляемыми органическими веществами.

г) *Водородный показатель (рН)*. В природных водах концентрация ионов водорода зависит, главным образом, от соотношения концентраций угольной кислоты и ее ионов. Источниками содержания ионов водорода в воде являются также гуминовые кислоты, присутствующие в кислых почвах и, особенно, в болотных водах, гидролиз солей тяжелых металлов. От рН зависит развитие водных растений, характер протекания продукционных процессов.

д) *Азот*. Азот может находиться в природных водах в виде свободных молекул N_2 и разнообразных соединений в растворенном, коллоидном или взвешенном состоянии. В *общем азоте* природных вод принято выделять *органическую* и *минеральную* формы. Основными источниками поступления азота являются внутриводоемные процессы, газообмен с атмосферой, атмосферные осадки и антропогенные источники. Различные формы азота могут переходить одна в другую в процессе круговорота азота. Азот относится к числу важнейших лимитирующих биогенных элементов. Высокое содержание азота ускоряет процессы эвтрофирования водных объектов.

е) *Фосфор*. Фосфор в свободном состоянии в естественных условиях не встречается. В природных водах фосфор находится в виде органических и неорганических соединений. Основная масса фосфора находится во взвешенном состоянии. Соединения фосфора поступают в воду в результате внутри водоемных процессов, выветривания и растворения горных пород, обмена донными отложениями и из антропогенных источников. На содержание различных форм фосфора оказывают влияние процессы его круговорота, в отличие от азота круговорот фосфора несбалансирован, что определяет его более низкое содержание в воде.

Поэтому фосфор наиболее часто оказывается тем лимитирующим биогенным элементом, содержание которого определяет характер продукционных процессов в водных объектах.

ж) *Минеральный состав*. Минеральный состав определяется по суммарному содержанию семи главных ионов: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Основными источниками повышения минерализации являются грунтовые и сточные воды. С точки зрения воздействия на человека и на гидробионтов, неблагоприятными являются как высокие, так и чрезмерно низкие показатели минерализации воды.

К наиболее часто встречающимся *специфическим показателям качества* воды относят:

а) *Фенолы*. Содержание фенолов в воде, наряду с поступлением из антропогенных источников, может определяться метаболизмом гидробионтов и биохимической трансформацией органических веществ. Источником поступления фенолов являются гуминовые вещества, образующиеся в почвах и торфяниках. Фено-

лы оказывают токсическое воздействие на гидробионты и ухудшают органолептические свойства воды.

б) *Нефтепродукты*. К нефтепродуктам относятся топлива, масла, битумы и некоторые другие продукты, представляющие собой смесь углеводородов различных классов. Источниками поступления нефтепродуктов являются утечки при их добыче, переработке и транспортировке, а также сточные воды. Незначительное количество нефтепродуктов может выделяться в результате внутри водоемных процессов. Входящие в состав нефтепродуктов углеводороды оказывают токсическое и, в некоторой степени, наркотическое воздействие на живые организмы, поражая сердечно-сосудистую и нервную системы.

в) *ПАВ* и *СПАВ*. К поверхностно-активным веществам (ПАВ) относят органические вещества, обладающие резко выраженной способностью к адсорбции на поверхности раздела «воздух-жидкость». В подавляющем большинстве попадающие в воду поверхностно-активные вещества являются синтетическими (СПАВ). СПАВ оказывают токсическое воздействие на гидробионты и человека, ухудшают газообмен водного объекта с атмосферой, снижают интенсивность внутриводоемных процессов, ухудшают органолептические свойства воды. СПАВ относятся к медленно разлагающимся веществам.

г) *Пестициды*. Под пестицидами понимают большую группу искусственных хлорорганических и фосфорорганических веществ, применяемых для борьбы с сорняками, насекомыми и грызунами. Основным источником их поступления является поверхностный и дренажный сток с сельскохозяйственных территорий. Пестициды обладают токсическим, мутагенным и кумулятивным действием, разрушаются медленно.

д) *Тяжелые металлы*. К числу наиболее распространенных тяжелых металлов относятся свинец, медь, цинк. Тяжелые металлы обладают мутагенным и токсическим действием, резко снижают интенсивность биохимических процессов в водных объектах.

В соответствии с *Водным кодексом* Российской Федерации оценка качества воды осуществляется на основе нормативов экологической безопасности водопользования и экологических нормативов качества воды водных объектов.

Оценка качества воды на основе нормативов экологической безопасности водопользования.

Действующие нормативы позволяют оценить качество воды, используемой для коммунально-бытового, хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного водопользования.

К коммунально-бытовому водопользованию относится использование водных объектов для купания, занятия спортом и отдыха.

К хозяйственно-питьевому водопользованию относится использование водных объектов в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения и для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

К рыбохозяйственному водопользованию относится использование водных объектов в качестве среды обитания рыб и других водных организмов. Водные объекты рыбохозяйственного назначения подразделяются на *высшую, первую и вторую категории*. Разные участки одного водного объекта могут относиться к различным категориям водопользования.

Нормативную базу оценки качества воды составляют общие требования к составу и свойствам воды и значения предельно допустимых концентраций веществ в воде водных объектов.

Общие требования определяют допустимые состав и свойства воды, оцениваемые наиболее важными физическими, бактериологическими и обобщенными химическими показателями. Они могут задаваться в виде конкретной величины, изменения величины показателя в результате воздействия внешних факторов или в виде качественной характеристики показателя.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) – это установленный уровень концентрации веществ в воде, выше которого вода считается непригодной для конкретного вида водопользования. ПДК, как правило, задаются в виде конкретного значения концентрации.

Все вещества по характеру своего отрицательного воздействия делятся на группы. Каждая группа объединяет вещества одинакового признака действия, который называют признаком вредности. Одно и то же вещество при различных концентрациях может проявлять различные признаки вредности. Признак вредности, который проявляется при наименьшей концентрации ве-

щества, называют *лимитирующим признаком вредности* (ЛПВ). В водных объектах коммунально-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования различают три ЛПВ – *органолептический, общесанитарный и санитарно-токсикологический*. В водных объектах рыбохозяйственного водопользования, кроме названных, выделяют еще два ЛПВ – *токсикологический и рыбохозяйственный*.

При оценке качества воды в водоемах коммунально-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования учитывают также *класс опасности вещества*. Его определяют в зависимости от токсичности, кумулятивности, мутагенности и ЛПВ вещества. Различают *четыре класса опасности* веществ: первый – чрезвычайно опасные; второй – высокоопасные; третий – опасные; четвертый – умеренно опасные.

При оценке качества воды учитывается принцип *аддитивности* – однонаправленного действия. В соответствии с этим принципом принадлежность нескольких веществ к одному и тому же ЛПВ проявляется в суммировании их негативного воздействия.

С учетом сказанного, оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности водопользования производится по следующей методике.

Водные объекты считаются *пригодными для коммунально-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования*, если одновременно выполняются следующие условия:

- не нарушаются общие требования к составу и свойствам воды для соответствующей категории водопользования;
- для веществ, принадлежащих к третьему и четвертому классам опасности, выполняется условие:

$C < \text{ПДК}$, где C – концентрация вещества в водном объекте, г/м³;

- для веществ, принадлежащих к первому и второму классам опасности, выполняется условие:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1$$

где $C_1 \dots C_n$ – концентрации веществ первого и второго класса опасности, обнаруживаемые в воде водного объектов; ПДК₁...ПДК_n – ПДК тех же веществ.

Водные объекты считаются пригодными для рыбохозяйственного водопользования, если одновременно выполняются следующие условия:

- не нарушены общие требования к составу и свойствам воды для соответствующей рыбохозяйственной категории;
- в водном объекте не зарегистрированы случаи гибели рыб и кормовых для рыб организмов;
- не наблюдается постепенное исчезновение тех или иных видов рыб, для которых водоем был ранее пригоден, не заменяются ценные в кормовом для рыб отношении организмы на малоценные или не имеющие кормового значения;
- не происходит порчи товарных качеств обитающих в водоеме рыб;
- для веществ, принадлежащих к одинаковому ЛПВ, выполняется условие

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где $C_1 \dots C_n$ – концентрации веществ, обнаруживаемые в воде водного объектов; ПДК₁...ПДК_n – ПДК тех же веществ, принадлежащего к данному ЛПВ.

Нормы качества воды должны выполняться:

- для водотоков коммунально-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования – на участках от пункта водопользования до контрольного створа, расположенного на расстоянии не менее одного километра выше по течению от этого пункта водопользования;
- для водоемов коммунально-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования – на акватории в радиусе не менее одного километра от пункта водопользования;
- для водотоков рыбохозяйственного водопользования – в пределах всего рыбохозяйственного участка водотока, начиная с контрольного створа, расположенного не далее 500 метров ниже

по течению от источника поступления примесей;

- для водоемов рыбохозяйственного назначения – на всем рыбохозяйственном участке, начиная с контрольного пункта, расположенного в радиусе не более 500 м от места поступления примеси.

Оценка качества воды на основе экологических нормативов.

Экологические нормативы качества воды устанавливаются для оценки состояния водных объектов на основе экологической классификации поверхностных вод.

Вопросы для самоконтроля

1. Методы защиты и восстановления поверхностных водных объектов.
2. Методы очистки сточных вод.
3. Показатели качества воды в водных объектах.
4. Использование и очистка сточных вод в горной промышленности.

4. ОХРАНА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

4.1. Нарушение земной поверхности при ведении горных работ

Основные нарушения поверхности при разработке месторождений заключаются в образовании различного вида углублений (выемок, впадин, провалов) и возвышенностей (отвалов). Снижение площадей таких нарушений может быть достигнуто за счет организации производства и совершенствования технологий добычи полезных ископаемых.

При открытой разработке месторождений расположение вскрышных пород во внутренних отвалах является оптимальным в отношении снижения площадей нарушаемых земель. При расположении отвалов вскрышных пород за пределами контура карьерного поля могут быть выделены два варианта, характеризующиеся различным влиянием на изменение качества и масштабов нарушений земной поверхности.

1. Расположение отвалов на землях, непригодных для сельского и лесохозяйственного производства и других целей (овраги, балки, впадины и провалы, образовавшиеся вследствие подземной разработки месторождений, пустоши, заболоченные плато).

2. Границы отвалов должны быть представлены слабо наклонными поверхностями, снивелированными с окружающим рельефом местности.

При подземной разработке месторождений в последние годы наблюдается переход от традиционных терриконов и хребтовых отвалов к плоским отвалам, в которых складированные породы размещаются или слоем небольшой мощности на малоценных относительно ровных участках земной поверхности или в различных впадинах, оврагах и т.п. Формирование плоских отвалов связано со значительными капиталовложениями, однако экологические преимущества их неоспоримы.

4.2. Рекультивация нарушенных земель

При проведении работ, связанных с нарушением почвенного покрова и рекультивацией земель, соблюдение установленных экологических и других стандартов, правил и норм является обязательным.

Рекультивация земель – это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народно-хозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества (ГОСТ 17.5.1.01-83 «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения»; далее – ГОСТ 17.5.1.01-83).

Рекультивация земель проводится согласно требованиям Постановления Правительства РФ от 23.02.1994 № 140 «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» и Основных положений о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы, утвержденных Приказом Минприроды России и Роскомзема от 22.12.1995 № 525/67).

Согласно ГОСТ 17.5.1.01-83 этапы рекультивации земель – последовательно выполняемые комплексы работ по рекультивации земель.

Рекультивацию земель выполняют в два этапа:

- **Технический** – этап рекультивации земель, включающий их подготовку для последующего целевого использования в народном хозяйстве. Этот этап предусматривает планировку, формирование откосов, снятие, транспортирование и нанесение почв и плодородных пород на рекультивируемые земли, устройство гидротехнических и мелиоративных сооружений, захоронение токсичных вскрышных пород, а также проведение других работ, создающих необходимые условия для дальнейшего использования рекультивированных земель;

- **биологический** — этап рекультивации земель, включающий комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почв.

Согласно п. 1.9 ГОСТ 17.5.3.04-83 при проведении *технического этапа рекультивации земель* в зависимости от направления рекультивируемых земель должны быть выполнены следующие основные работы:

- грубая и чистовая планировка поверхности отвалов, засыпка нагорных, водоподводящих, водоотводных каналов; выполняживание или террасирование откосов; засыпка и планировка шахтных провалов;

- освобождение рекультивируемой поверхности от крупногабаритных обломков пород, производственных конструкций и строительного мусора с последующим их захоронением или организованным складированием;

- строительство подъездных путей к рекультивированным участкам, устройство въездов и дорог на них с учетом прохода сельскохозяйственной, лесохозяйственной и другой техники;

- устройство, при необходимости, дренажной, водоотводящей оросительной сети и строительство других гидротехнических сооружений;

- устройство dna и бортов карьеров, оформление остаточных траншей, укрепление откосов;

- ликвидация или использование плотин, дамб, насыпей, засыпка техногенных озер и протоков, благоустройство русел рек;

- создание и улучшение структуры рекультивационного слоя, мелиорация токсичных пород и загрязненных почв, если невозможна их засыпка слоем потенциально плодородных пород;
- создание, при необходимости, экранирующего слоя;
- покрытие поверхности потенциально плодородными и (или) плодородными слоями почвы;
- противоэрозионная организация территории.

В соответствии с п. 1.13 ГОСТ 17.5.3.04-83 при проведении *биологического этапа рекультивации* должны быть учтены требования к рекультивации земель по направлениям их использования. Биологический этап должен осуществляться после полного завершения технического этапа. Земельные участки в период осуществления биологической рекультивации в сельскохозяйственных и лесохозяйственных целях должны проходить стадию мелиоративной подготовки.

В зависимости от природных и социальных условий района, в котором нарушены земли, а также от вида нарушений целенаправленность рекультивационных работ может быть различной. В соответствии с этим выделяют следующий направления:

- 1) *сельскохозяйственное*, заключающееся в подготовке нарушенных земель под сельскохозяйственные угодья;
- 2) *лесохозяйственное*, включающее подготовку нарушенных земель для создания на них лесных насаждений различного назначения;
- 3) *строительное*, состоящее в подготовке нарушенных земель к промышленному и гражданскому строительству;
- 4) *водохозяйственное* (включая рыбохозяйственное), заключающееся в подготовке нарушенной земной поверхности для создания водоемов различного назначения.

4.3. Утилизация отходов горнодобывающих производств

Из огромных объемов добываемого в мире минерального сырья, исчисляемого десятками миллиардов тонн, используется лишь 5-10 %. Остальное количество представляет собой отходы горнодобывающего и горноперерабатывающего производств. Они представлены отвалами некондиционных полезных ископаемых, вскрышных и вмещающих пород, отходами обогатитель-

ного производства (хвосты, шламы), металлургического (шлаки, золы), энергетического (золы, пыли) и др. производств. Накопление в отвалах, хвостохранилищах и других складированных отходах горных производств огромных объемов полиминеральных образований вызывает нарушения природных ландшафтов, загрязнение воздушного и водного бассейнов, приводит к изъятию из хозяйственного оборота земельных площадей.

Вместе с тем многие отходы горнодобывающих и перерабатывающих минеральное сырье предприятий могут служить дополнительным источником получения полезных компонентов, т.е. использоваться как минеральное сырье. Безрудные отходы могут использоваться для производства строительных материалов, закладки выработанного пространства, рекультивации земель. Утилизация отходов позволила бы на 15-20 % расширить сырьевую базу горно-металлургической, угольной, горнохимической промышленности. Во многих видах техногенного минерального сырья содержание ценных компонентов в ряде случаев находится на том же уровне или даже превышает их концентрацию в рудах природных разрабатываемых месторождений. Для производства различных строительных материалов возможна утилизация до 30 % извлекаемых из недр вскрышных и вмещающих пород, а также отходов обогащения. Скальные породы вскрыши после дробления применяются в качестве балласта при сооружении автомобильных и железных дорог, а также для производства строительного щебня и песка. Рыхлые вскрышные породы (глины, суглинки, песок) находят применение в производстве цемента, керамических изделий, керамзита, известковой муки и других материалов. Отходы добычи и обогащения угля, золы и шлаки, образующиеся при его сжигании, используются при производстве керамики, огнеупоров, тепло- и звукоизоляционных материалов (стекловаты, керамзита, пенопласта), применяются при балластировке дорожных покрытий, сооружении плотин, дамб. Углесодержащие отходы, богатые органическими соединениями, используются в качестве минеральных удобрений и для улучшения структуры почвы.

В результате переработки шлаков металлургического производства получают цемент, пемзу, минеральную вату, щебень.

В Кузбассе из доменного шлака (отход металлургического производства) получают цементно-шлаковую черепицу, не уступающую по своим свойствам цементно-песчаной черепице, которая широко используется в Европе.

Шлак – ценное сырье для строительной и дорожно-строительной отраслей. Шлаковый щебень в 1,5-2 раза дешевле природного, шлаковая пемза – втрое дешевле керамзита и требует меньше удельных затрат. Использование гранулированного шлака в цементной промышленности увеличивает выход цемента, снижает себестоимость и удельные затраты на его производство по сравнению с естественным сырьем – цементным клинкером. Применение шлаков при вторичной переработке металлов для раскисления стали сокращает расход дефицитного ферросилиция. Допустимо даже применение металлургических шлаков в качестве абразивного материала для очистки днищ судов. Шлаки могут использоваться в гидротехническом строительстве для обсыпки дамб вместо грунта.

Вопросы для самоконтроля

1. Вследствие чего возникают нарушения земной поверхности при ведении горных работ?
2. Какие существуют виды и направления рекультивации нарушенных земель?
3. Какие требования предъявляются к рекультивируемым землям в зависимости от направления рекультивации?
4. Назовите способы утилизации отходов горнодобывающих производств.

5. НОРМИРОВАНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМЫ

Нормирование качества окружающей природной среды производится для установления предельно допустимых норм воздействия на окружающую природную среду, гарантирующих экологическую безопасность населения и сохранение генетического фонда, обеспечивающих рациональное использование и

воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности.

В систему оценки техногенного воздействия на окружающую среду входит широкий класс экологических нормативов, включающих предельно допустимые выбросы (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу и предельно допустимые сбросы (ПДС) загрязняющих веществ в водные объекты, размещение твердых отходов, квоты изъятия природных ресурсов, а также многочисленные нормы и регламентации различных сторон хозяйственной деятельности.

Сегодня различают две группы экологических нормативов: предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в природных компонентах и предельно-допустимые уровни (ПДУ) физических свойств природной среды (вкусовые качества, прозрачность, запах, территориальная целостность и т. д.).

Под *вредным воздействием* понимается нанесение организму временного раздражающего воздействия (появляется головная боль, кашель и др.). К прямому воздействию на организм человека также относится влияние тех загрязняющих веществ, которые накапливаются в организме и при превышении определенной дозы могут вызвать патологические изменения. Под косвенным воздействием подразумеваются такие изменения в окружающей природной среде, которые, не оказывая прямого воздействия на организм человека, ухудшают обычные условия обитания.

В настоящее время в установленном порядке для атмосферного воздуха утверждены нормативы ПДК более чем для 1500 загрязняющих веществ, для водных объектов – более чем для 2000 веществ, для почв – более чем для 50. И это количество постоянно растет. В основе разработки ПДК для воздуха лежит определение «порогового» содержания в нем того или иного загрязняющего вещества, при котором ни прямое, ни косвенное воздействие на человека и окружающую среду еще не оказывается.

Разработанные и утвержденные в установленном порядке нормативы выступают в качестве стандартов. Основным правовым документом является Закон РФ «Об охране окружающей среды», которым установлены нижеследующие нормативы.

- *Нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ*, а также вредных микроорганизмов и других

биологических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, воды, почвы.

- *Нормативы предельно допустимых выбросов и сбросов вредных веществ*, а также вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, воды, почвы. Предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу (ПДВ) устанавливаются для каждого источника её загрязнения при условии, что выбросы вредных веществ от него и от совокупности других источников города или других населенных пунктов, с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере, не создадут приземную концентрацию загрязнителей, превышающую ПДК для населения, растительного и животного мира. Они устанавливаются с учетом производственных мощностей объекта, данных о наличии мутагенного эффекта и иных вредных последствий по каждому источнику загрязнения согласно действующим нормативам ПДК вредных веществ. Если в воздухе городов и других населенных пунктов концентрация вредных веществ превышает ПДК, а значение ПДВ, по причинам объективного характера, в настоящее время не может быть достигнуто, вводятся поэтапные снижения выбросов. Таким образом, на каждом этапе для обеспечения величин ПДВ устанавливаются временно согласованные выбросы вредных веществ (ВСВ) на уровне выбросов предприятий с наилучшей технологией производства, аналогичных по мощности и технологическим процессам (ГОСТ 17.2.3.02-78). Аналогичным образом разрабатываются нормативы по предельно допустимым сбросам (ПДС) и временно согласованным сбросам (ВСС) в водные объекты.

- *Нормативы предельно допустимых уровней (ПДУ) шума, вибрации, полей или иных вредных физических воздействий*. Они устанавливаются на уровне, обеспечивающем сохранение здоровья и трудоспособности людей, охрану растительного и животного мира, благоприятную для жизни окружающую природную среду.

- *Нормативы предельно допустимого уровня безопасного содержания радиоактивных веществ в окружающей природной среде и продуктах питания, предельно допустимого уровня радиационного облучения населения*. Данные нормативы устанавли-

ваются в величинах, не представляющих опасности для здоровья и генетического фонда человека.

- *Предельно допустимые нормы применения минеральных удобрений, средств защиты растений, стимуляторов роста и других агрохимикатов в сельском хозяйстве.* Указанные нормы устанавливаются в дозах, обеспечивающих соблюдение нормативов предельно допустимых остаточных количеств химических веществ в продуктах питания, охрану здоровья, сохранение генетического фонда человека, растительного и животного мира.

- *Нормативы предельно допустимых остаточных количеств химических веществ в продуктах питания.* Они устанавливаются путем определения минимально допустимой дозы, безвредной для здоровья человека по каждому используемому химическому веществу и при их суммарном воздействии.

- *Экологические требования к продукции.* Они устанавливаются для предупреждения вреда окружающей природной среде, здоровью и генетическому фонду человека. Данные требования должны обеспечить соблюдение нормативов предельно допустимых воздействий на окружающую природную среду в процессе производства, хранения, транспортировки и использования продукции.

- *Предельно допустимые нормы нагрузки на окружающую природную среду.* Они устанавливаются с целью обеспечения наиболее благоприятных условий жизни населения, недопущения разрушения естественных экологических систем и необратимых изменений в окружающей природной среде.

- *Нормативы санитарных и защитных зон.* Они устанавливаются для охраны водоемов и иных источников водоснабжения, курортных, лечебно-оздоровительных зон, населенных пунктов и других территорий от загрязнения и других воздействий.

Особенность установления нормативов ПДК для почв состоит в том, что почвы, во-первых, способны накапливать значимое количество загрязняющих веществ (эмиссия в почвы), а во-вторых, накопленные в почве ингредиенты действуют на человека косвенным путем через контактирующие с почвой природные среды (эмиссия из почвы) путем жизнедеятельности почвенных организмов, прямого испарения с водой, диффузии, ветровой эрозии и т. д. Поэтому при определении величины допустимого

содержания загрязняющего вещества в почве используются, наряду с показателем его влияния на почвенный микробиоценоз и процесс самоочищения почвы (общесанитарный показатель), еще три специфических показателя:

- транслокационный (миграция химических веществ из почвы в растения);
- миграционный воздушный (миграция химических веществ из почвы в атмосферный воздух);
- миграционный водный (миграция химических веществ из почвы в грунтовые воды).

Нормативы ПДК загрязняющих веществ в почве устанавливаются с учетом лимитирующего показателя их вредности. На первом месте по важности нормирования стоят пестициды и их метаболиты, затем нефтепродукты, сернистые вещества и т. д. При выборе индикаторных растений для обоснования нормативов ПДК в почве предпочтение отдается растениям, представленным в пищевом рационе населения.

Система нормативов ПДК для вод включает три группы показателей, установленных для хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Каждый водопользователь предъявляет свои требования к качеству воды, исходит из своих интересов и технических возможностей. В практике рыбохозяйственного нормирования, так же, как и при гигиеническом нормировании, были приняты следующие показатели вредности:

- санитарный, заключающийся в нарушении исторически сложившихся в водоеме экологических условий;
- токсикологический, отражающий прямую токсичность вещества для водных организмов;
- санитарно-токсикологический;
- органолептический;
- рыбохозяйственный, заключающийся в порче товарных качеств рыбы и других промысловых гидробиот.

Постановка задачи по соблюдению пороговых нормативов содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, воде, водоемах и почвах и поступления загрязняющих веществ от предприятия при его эксплуатации привела к практике распреде-

ления квот и долей между субъектами хозяйствования на право загрязнять окружающую среду.

Третью группу так называемых «экологических» норм составляют требования к процессу организации и ведения хозяйственной деятельности с целью недопущения нерегулируемого воздействия на окружающую среду. Этими нормами обуславливаются все стадии подготовки обосновывающей документации о развитии хозяйственной деятельности – природопользования, эксплуатации предприятия, а также организации контроля за его эксплуатацией. Группа процедурных норм (ПН) представлена следующими их видами и правилами:

- технические нормы;
- градостроительные нормы;
- рекреационные нормы;
- организационные нормы;
- распорядительные нормы;
- терминологические нормы.

Подводя итог вышеприведенному анализу используемых в России «экологических» нормативов можно отметить, что система применяемых ПДК является более жесткой по сравнению с зарубежными (табл. 3), но принятые экологические нормативы во многих случаях не соблюдаются.

Таблица 3

Сравнительная характеристика предельно допустимых (среднесуточных) концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в отдельных странах

Страна	Вид загрязняющего вещества			
	диоксид серы (SO ₂)	диоксид азота (NO ₂)	оксид углерода (CO)	пыль
Россия	0,05	0,04	3,0	0,15
Австрия	0,2	0,1	7,0	0,12-0,2
Швейцария	0,1	0,08	8,0	0,15
Германия	0,14	0,08	10,0	0,15
Канада	0,12	0,16	нд	0,2

К недостаткам существующей системы экологического нормирования можно отнести отсутствие четкой связи с экономическими инструментами защиты природы. Подтверждением тому является значительное превышение ПДК в отдельных городах и регионах страны.

Система нормативов, относящихся к охране окружающей среды, должна отвечать следующим требованиям:

- выполнимость и контролируемость нормативов при современном техническом уровне производства и прибороизмерительной базы;
- экономическая обоснованность их достижения.

Система ПДК не отвечает перечисленным требованиям, однако отказываться от нее нет необходимости, так как ПДК характеризуют тот уровень, ниже которого концентрация вредных веществ безопасна для здоровья населения. ПДК, по сути дела, представляют собой нормы-ориентиры (стандарты), указывающие направление и конечную цель, к которой следует стремиться предприятиям в экологической политике.

Поскольку достижение указанных норм может быть осуществлено через определенные последовательные этапы, общество нуждается в промежуточных вешках, их обозначающих. Этим целям служат прогрессивные нормативы выбросов (сбросов), устанавливаемые на определенный срок, например, на 5 лет. После завершения срока и выполнения требований вводятся новые нормативы с более жесткими требованиями и так вплоть до достижения источниками загрязнения экологических стандартов. При этом появляется возможность не только ставить перед руководителями предприятий конкретные текущие среднесуточные и долгосрочные задачи по сокращению выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, но и целенаправленно управлять этими процессами.

В соответствии с существующим законодательством Российской Федерации при нарушении требований нормативов качества окружающей среды выброс, сброс вредных веществ или иные виды воздействия на окружающую среду могут быть ограничены или прекращены по предписанию природоохранных органов, а также органов санитарно-эпидемиологического надзора.

Поэтому экологическое нормирование играет исключительно важную роль в переходе к устойчивому развитию.

Формы экологического нормирования качества окружающей среды могут быть различными – от «запретительно-ограничительных» до «экологически-управленческих».

Все перечисленные выше «экологические» нормы относятся к нормам «запретительно-ограничительным».

В зависимости от сферы действия они подразделяются на группы: санитарно-гигиенические, строительные (СНиПы) и др. Эти нормы обязательно учитываются при разработке проектной документации – до последнего времени они были эффективными рычагами природоохранной деятельности в строительстве.

Наиболее полно весь комплекс санитарно-гигиенических требований представлен в сфере санитарно-эпидемиологического надзора. Качество окружающей среды оценивается в рамках санитарно-гигиенических норм по санитарно-химическим, физико-физиолого-гигиеническим и микробиологическим показателям. Например, в целях охраны атмосферного воздуха устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками загрязнения. Имеющиеся сегодня сведения о предельно допустимых концентрациях (ПДК, мг/м³) позволяют осуществлять постоянный лабораторный контроль за степенью загрязнения воздуха на промышленных предприятиях.

Сегодня при разработке проектной документации обязательно учитываются не только опасность химического загрязнения, но и загрязнения физического. Для этого используется система радиационного нормирования. Ионизирующая радиация (радиационный фон) действует разрушительным образом на живое вещество и является одной из причин гибели живых организмов. Основным критерием, характеризующим степень радиационной безопасности человека, является среднегодовое значение эффективной дозы. Международной комиссией по радиологической медицине рекомендована, в качестве предельной, доза облучения населения, равная 0,1 бэр/год.

К основным путям облучения человека (как основного объекта защиты), которые должны учитываться при оценке реальных эффективных доз, относятся:

а) внешнее облучение от гамма-излучающих радионуклидов в радиоактивном облаке;

б) внешнее облучение от аэрозольных и твердых выпадений;

в) внутреннее облучение по пищевым цепочкам и по ингаляционному пути. Несмотря на детальную проработанность этих норм, сегодня они оказались недостаточно эффективными из-за изменившейся экологической ситуации и практически не связаны с состоянием экосистем.

Для оценки качества состояния растительности используют многочисленные параметры. Среди них:

- уменьшение биологического разнообразия (индекс разнообразия Симпсона, % от нормы);

- плотность популяции вида – индикатор антропогенной нагрузки (%);

- площадь коренных ассоциаций (% от общей площади);

- лесистость (% от оптимальной зональной);

- плотность зеленых насаждений в крупных городах и промышленных центрах (%).

Нормативы ПДК для растительности представлены концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в зоне лесных насаждений. На сегодня нормативы ПДК для леса достаточно полно разработаны только для особо охраняемых территорий (например, для территории, где расположена музей-усадьба Ясная Поляна) или для зон чрезвычайной экологической ситуации (например, для лесов в окрестностях г. Братска). В дальнейшем можно ожидать, что аналогичные нормативные требования будут распространены и на другие районы.

Сегодня учеными установлено, что лес реагирует на более низкие концентрации содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, чем человек.

Сравнение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для человека и древесных пород приведено в табл. 4.

Существенным недостатком системы экологического нормирования является также отсутствие интегральных показателей предельно допустимого воздействия на отдельные компоненты природной среды и экосистемы в целом. Для обеспечения устойчивого (ноосферного) развития важно знать границу количе-

ственного изменения нормативов экосистемы, при котором сохраняется биологическое разнообразие в экосистеме, продолжают процессы обмена веществ и энергии и не меняется способ функционирования различных ее компонентов.

Таблица 4

Предельно допустимые, максимальные разовые и средние концентрации вредных веществ для человека (ПДК) и древесных пород (ПДК-Л) в воздухе

Вредные вещества	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³			
	для человека		для древесных пород	
	максимальные разовые	среднесуточные	максимальные разовые	среднесуточные
Азота оксиды	0,085	0,04	0,04	0,02
Ангидрид сернистый	0,5	0,05	0,3	0,015
Аммиак	0,2	0,04	0,1	0,04
Бензол	0,5	0,1	0,1	0,05
Взвешенные вещества (пром. пыль, цемент)	0,5	0,05	0,2	0,05
Метанол		–	0,2	0,1
Оксид углерода	5,0	3,0	5,0	3,0
Пары серной кислоты	0,3	0,1	0,1	0,03
Сероводород	0,008	0,008	0,008	0,008
Соединения фтора газообразные (в пересчете на фтор)	0,02	0,005	0,02	0,003
Формальдегид	0,035	0,003	0,02	0,003
Хлор	0,1	0,03	0,025	0,015

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ проблемы взаимодействия горного производства и окружающей среды, позволил выявить закономерности этого взаимодействия и наметить основные пути решения проблемы в

будущем. Принципиальное значение имеет новая классификация видов и результатов воздействия горного производства на различные элементы биосферы, позволяющая более обоснованно разрабатывать стратегию развития горного производства.

Оптимизация воздействия горного производства на окружающую среду может быть достигнута путем создания экологизированного производства.

Это требует широкого развития горно-экологических исследований, направленных на разработку и последующую реализацию:

- мониторинга той части биосферы, которая подвергается воздействию горного производства;
- принципов и методологии экономической оценки эффективности мероприятий по рациональному использованию минеральных ресурсов и охране окружающей среды;
- техники и технологии малоотходного, а в последующем - безотходного горного производства.

Мероприятия по охране окружающей среды, научные и практические работы по оптимизации воздействия горного производства должны основываться на концепции интенсификации, предполагающей в качестве обязательного условия интенсивный путь развития горнодобывающей промышленности и горно-экологической концепции, базирующейся на единстве проблем рационального использования и охраны недр и рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Познание законов биосферы и их учет при организации горного производства – важное условие предотвращения вредного воздействия шахт, рудников, карьеров и обогатительных фабрик на природную среду и улучшения ее состояния в будущем.

Правильная оценка положений современной экологии даёт возможность путём несущественного изменения системы хозяйственного освоения отдельных регионов согласовать интересы развития промышленности и сельского хозяйства с поддержанием оптимального состояния природной среды.

Человек должен научиться управлять эволюцией природных популяций, свести к минимуму возможность появления специфически приспособленных вредных форм, способствовать появлению полезных.