

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

Кафедра «Почвоведение, агрохимия и химия»

**Н.П. Чекаев, А.Н. Арефьев,
Ю.В. Блинохватова, А.А. Блинохватов**

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

Учебное пособие
для студентов, обучающихся по направлению
35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение

Пенза 2020

УДК: 631.95 (075)

ББК 45.2 (я7)

А 26

Рецензент – доктор биологических наук, профессор кафедры «Биология, биологические технологии и ветеринарно-санитарная экспертиза» ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ Г.В. Ильина

Печатается по решению методической комиссии агрономического факультета от 10 марта 2020 г., протокол №8.

А 26 **Агроэкологическое нормирование: учебное пособие / Н.П. Чекаев, А.Н. Арефьев, Ю.В. Блинохватова, А.А. Блинохватов. – Пенза: РИО ПГАУ, 2020. – 262 с.**

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Агроэкологическое нормирование» для студентов, обучающихся по направлению 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение. Предназначено для ознакомления студентов с основными источниками загрязнения окружающей среды, принципами и методами экологического нормирования компонентов агроэкосистем и сельскохозяйственной продукции.

© ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, 2020

© Н.П. Чекаев, А.Н. Арефьев,
Ю.В. Блинохватова, А.А. Блинохватов,
2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Качество и охрана природной среды	8
1.1 Классификация и формы загрязнения (загрязнителей) окружающей среды	8
1.2 Классификация источников загрязнения	12
2 Характеристика качества и охрана атмосферного воздуха.	17
2.1 Состав и характеристика качества атмосферного воздуха	17
2.2 Трансграничное загрязнение атмосферы	25
2.3 Фоновое загрязнение атмосферы	27
2.4 Кислотность атмосферных осадков	30
2.5 Источники загрязнения атмосферы	31
2.6 Способы очистки газовых выбросов в атмосферу	32
2.7 Охрана атмосферного воздуха	33
2.8 Озоновый слой земли	37
3 Водные ресурсы и охрана вод	43
3.1 Гидросфера как природная система	43
3.2 Загрязнение поверхностных вод	47
3.3 Загрязнение подземных вод	51
3.4 Методы очистки вод	52
3.5 Охрана водных ресурсов	53
4 Земельные ресурсы и охрана земель	59
4.1 Состояние земельных ресурсов в России	
4.2 Загрязнение почв пестицидами	66
4.3 Загрязнение почв токсикантами промышленного происхождения	67
4.4 Охрана земельных ресурсов	69
5 Радиоактивность и дозы облучения	73
5.1 Радиоактивное загрязнение приземного слоя атмосферы	74
5.2 Радиоактивное загрязнение местности	75
5.3 Радиоактивное загрязнение водных систем	79
5.4 Дозы облучения. Единицы измерения	81
6 Шум, вибрация и электромагнитные воздействия	89
7 Основные источники загрязнения окружающей среды	95
7.1 Влияние хозяйственной деятельности тяжелой промышленности	95

7.2 Загрязнение окружающей среды транспортно– дорожным комплексом	109
7.3 Загрязнение жилищно–коммунальным хозяйством	111
7.4 Загрязнение сельским хозяйством	113
7.5 Загрязнение оборонной промышленностью и вооруженными силами	114
7.6 Загрязнение особо опасными веществами	116
7.7 Воздействие ракетно–космической техники.....	121
7.8 Техногенные аварии и катастрофы. Их экологические последствия	123
8 Нормативные и качественные показатели окружающей природной среды	128
8.1 Система природоохранных норм и нормативов	128
8.2 Виды норм и нормативов качества окружающей среды....	131
8.3 Виды нормативов при оценке качества воздушной среды, водных ресурсов, почвы, шума и радиоактивного загрязнения	134
8.4 Разработка нормативов вредных выбросов и контроль содержания загрязняющих веществ в окружающей среде....	139
8.5 Обоснование и расчеты нормативов качества окружающей среды	145
8.6 Стандартизация в области охраны окружающей среды....	153
8.7 Экологическая сертификация.....	155
9 Гигиеническое нормирование воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения	161
9.1 Санитарно–гигиенические нормативы химических соединений.....	161
9.2 Гигиеническое нормирование химических веществ в атмосферном воздухе населенных мест	170
9.3 Нормирование химических веществ в воздухе рабочей зоны	171
9.4 Гигиеническое нормирование химических веществ в водной среде	173
9.5 Гигиеническое регламентирование химических веществ в почве	175
9.6 Гигиеническое нормирование химических веществ в продуктах питания	177
10 Вещества, загрязняющие продукты питания и корма	179

11 Оценка экологической обстановки территории для выявления зон чрезвычайной ситуации и экологического бедствия	230
11.1 Классификация экологического неблагополучия	232
11.2 Критерии оценки изменения среды обитания и состояния здоровья населения	236
11.3 Критерии оценки изменения природной среды	239
Приложения	242
Термины и понятия	250
Литература	261

ВВЕДЕНИЕ

Острые проблемы современности – проблемы недоедания и голода – усугубляются болезнями и смертностью в результате употребления некачественных продуктов, а ведь на Земле достаточно ресурсов, разработаны решения и технологии, которые дают возможность навсегда покончить с этими явлениями. Не хватает, к сожалению, лишь обязательств и ответственности.

Считается, что из ядов, регулярно попадающих в организм человека, около 70 % поступает с пищей, 20 % – из воздуха и 10 % – с водой.

В России примерно 30...40 % продукции загрязнено нежелательными ингредиентами. Загрязнено также до 70 % питьевой воды (т.е. примерно семь человек из десяти пьют загрязненную воду). Наряду с такими источниками загрязнения, как энергетика (особенно ТЭС), промышленность, транспорт, есть «критические точки», вызывающие загрязнение продукции и окружающей среды, и в агросфере. Проблему получения качественного продовольствия в условиях негативного антропогенного воздействия на окружающую природную среду, в том числе и в процессе сельскохозяйственного производства, можно решить на основе экологизации сложившихся или вновь создаваемых систем ведения сельского хозяйства.

Загрязнение продукции растениеводства и животноводства различными вредными веществами обусловлено множеством взаимосвязанных, идущих с различной интенсивностью процессов в сопряженных средах и компонентах экосистем. При этом во многих регионах не только возрастает прямое действие химических веществ, но и усложняется проявление этих воздействий.

Для получения экологически безопасной продукции необходимо иметь достоверные исходные данные об эколого–токсикологической обстановке в агроэкосистемах, особенно испытывающих пресс многолетнего интенсивного использования агрохимикатов (удобрения, пестициды, мелиоранты и др.). Работу следует начинать с оценки эколого–токсикологического состояния агроэкосистем, прежде всего – почвенного покрова. Стремление повысить продуктивность возделываемых культур и выращиваемых животных без надлежащего учета природоохранных

требований привело к необоснованному увеличению объемов применения минеральных удобрений (преимущественно азотных), пестицидов и мелиорантов. Выбросы промышленных производств и транспорта, коммунальные отходы поставляют в естественные и искусственные экосистемы соединения полихлорированных бифенилов, серы, тяжелых металлов и т.д. Среди природных загрязнителей выделяют афла- и другие микотоксины.

Для оценки и предотвращения негативного воздействия продуктов питания на здоровье человека и кормов на сельскохозяйственных животных оперируют такими понятиями, как предельно допустимая концентрация (ПДК), допустимое остаточное количество (ДОК) или максимально допустимые уровни (МДУ) вещества в них. Пределы содержания загрязняющих веществ в пищевых продуктах и кормах устанавливают на основании результатов изучения токсичности препаратов для различных организмов. При содержании в продукции загрязняющих веществ в количествах, превышающих ПДК, ДОК или МДУ, такую продукцию в пищу или на корм использовать не разрешается.

При оценке степени токсичности элемента (агрохимиката) для растений учитывают концентрацию элемента. При этом не должно быть снижения продуктивности растений, накопления агрохимиката в растениях, кормах и пищевых продуктах выше ПДК.

Целью и задачами данного учебного пособия являются:

- понятие и осознание того, что ухудшение состояния окружающей среды представляет большую угрозу для будущих поколений;
- раскрытие содержания хозяйственного механизма охраны окружающей среды и природопользования как природоохранной системы в современных условиях;
- рассмотрение воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье населения и экологическое нормирование химических веществ в воздухе, воде, почве, продуктах питания.

Необходимо помнить, что экологические нормативы содержания химических веществ, за редким исключением, характеризуют допустимые, а не оптимальные условия воздействия факторов окружающей среды.

1 КАЧЕСТВО И ОХРАНА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

1.1 Классификация и формы загрязнения (загрязнителей) окружающей среды

Загрязнение окружающей природной среды есть внесение в ту или иную экологическую систему не свойственных ей живых или неживых компонентов или структурных изменений, прерывающих круговорот веществ, их ассимиляцию, поток энергии, вследствие чего данная система разрушается или снижается ее продуктивность.

Загрязнителем может быть любой физический агент, химическое вещество и биологический вид, попадающие в окружающую среду или возникающие в ней в количествах, выходящих за рамки своей обычной концентрации, предельных естественных колебаний или среднего природного фона в рассматриваемое время.

Основным показателем, характеризующим воздействие загрязняющих веществ на окружающую природную среду, является предельно допустимая концентрация (ПДК). С позиции экологии предельно допустимые концентрации конкретного вещества представляют собой верхние пределы лимитирующих факторов среды (в частности, химических соединений), при которых их содержание не выходит за допустимые границы экологической ниши человека.

Ингредиенты загрязнения – это тысячи химических соединений, особенно металлы или их оксиды, токсичные вещества, аэрозоли. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в практике в настоящее время используется до 500 тыс. химических соединений. При этом около 40 тыс. соединений обладают весьма вредными для живых организмов свойствами, а 12 тыс. – токсичны.

Наиболее распространенные загрязнители – зола и пыль различного состава, оксиды цветных и черных металлов, различные соединения серы, азота, фтора, хлора, радиоактивные газы, аэрозоли и т.п. Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха приходится на долю оксидов углерода – около 200 млн. т в год, пыли – около 250 млн. т в год, золы – около 120 млн. т в год,

углеводородов – около 50 млн. т в год. Прогрессирует насыщение биосферы тяжелыми металлами – ртуть, гелий, германий, цинк, свинец и т.д. При этом следует отметить, что при сжигании топлива, особенно угля, с золой и отходящими газами в окружающую среду поступает больше, чем добывается их из недр: магния – в 1,5 раза, молибдена – в 3, мышьяка – в 7, урана и титана – в 10, алюминия, йода, кобальта – в 15, ртути – в 50, лития, ванадия, стронция, бериллия, циркония – в сотни раз, гелия и германия – в тысячи раз, иттрия – в десятки тысяч раз.

Загрязнения окружающей среды подразделяются на:

- природные, вызванные какими-либо естественными явлениями, обычно катастрофическими (наводнения, извержения вулканов, селевые потоки и т.п.);

- антропогенные, возникающие в результате деятельности людей.

Среди антропогенных выделяют следующие загрязнения:

- биологическое – случайное или в результате деятельности человека;

- микробиологическое (микробное) – появление необычно большого количества микробов, связанное с массовым их распространением на антропогенных субстратах или средах, измененных в ходе хозяйственной деятельности человека;

- механическое – засорение среды агентами, оказывающими механическое воздействие без физико-химических последствий;

- химическое – изменение естественных химических свойств среды, в результате которого повышается или понижается среднесуточное колебание количества каких-либо веществ за рассматриваемый период времени, или проникновение в среду веществ, нормально отсутствующих в ней или находящихся в концентрациях, превышающих ПДК;

- физическое – изменение естественного физического состояния среды. Последнее подразделяется на:

- тепловое (термальное), возникающее в результате повышения температуры среды главным образом в связи с промышленными выбросами нагретого воздуха, воды и отходящих газов;

- световое – нарушение естественной освещенности местности в результате воздействия искусственных источников света, приводящее к аномалиям в жизни растений и животных;

- шумовое, образующееся в результате увеличения интенсивности и повторяемости шума сверх природного уровня;
- электромагнитное, появляющееся в результате изменения электромагнитных свойств среды (от линий электропередачи, радио и телевидения, работы некоторых промышленных установок и т.п.), приводящее к глобальным и местным геофизическим аномалиям и изменениям в тонких биологических структурах;
- радиоактивное, связанное с повышением естественного уровня содержания в среде радиоактивных веществ.

Возможные формы загрязнения: окружающей среды приведены на рисунке 1.

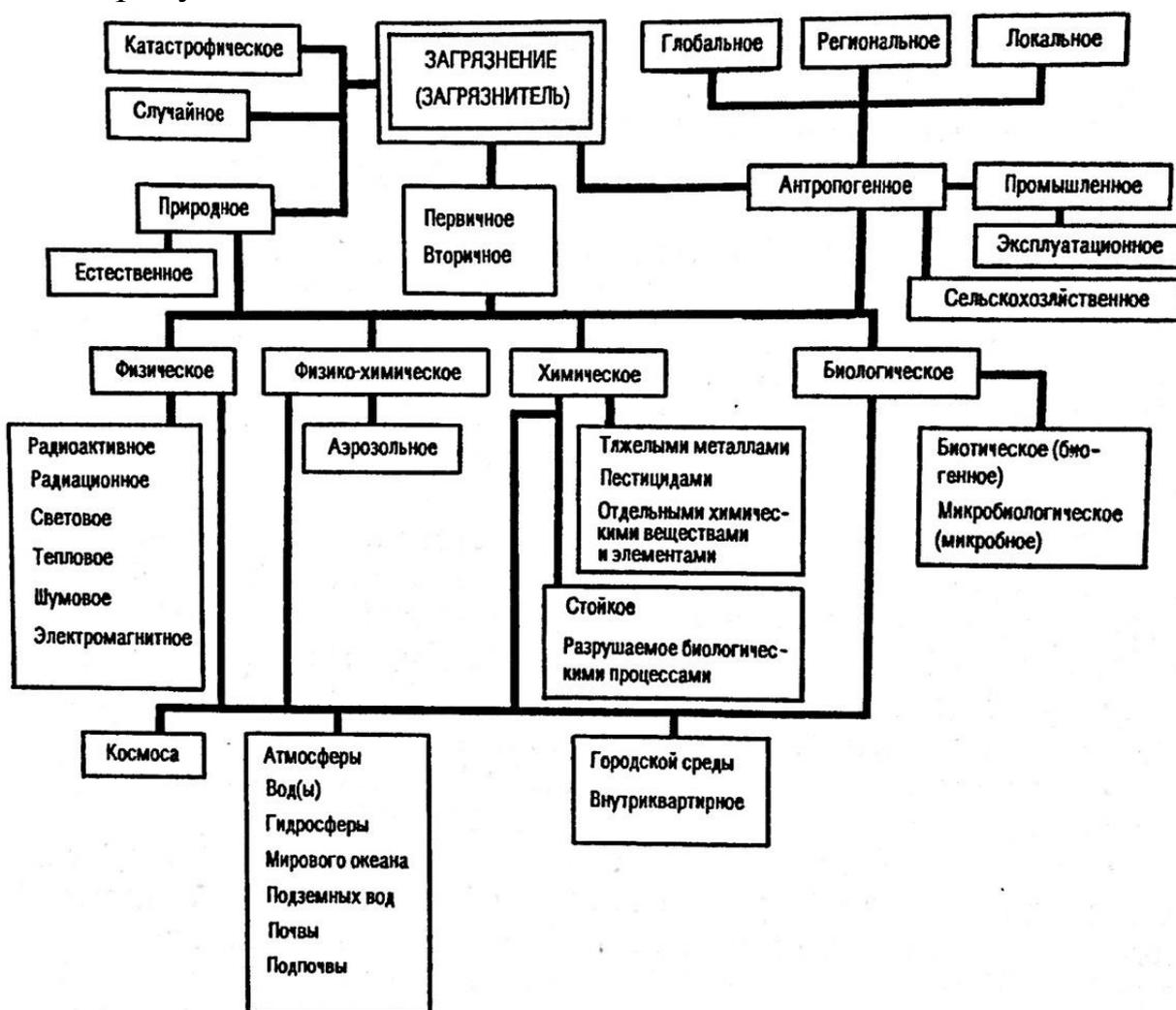


Рисунок 1 – Возможные формы загрязнения (загрязнителей) окружающей среды

Непосредственными объектами загрязнения (акцепторами загрязняющих веществ) служат основные компоненты экотона: атмосфера, вода, почва. Косвенными объектами загрязнения являются составляющие биоценоза: растения, животные, микроорганизмы.

Антропогенные источники загрязнения весьма разнообразны. Среди них не только промышленные предприятия и тепло–энергетический комплекс, но и бытовые отходы, отходы животноводства, транспорта, а также химические вещества, непременно вводимые человеком в экосистемы для защиты полезных продуцентов от вредителей, болезней, сорняков.

На промышленных предприятиях загрязняющие природную среду вещества подразделяются на четыре класса в зависимости от показателя токсичности (в данном случае от локальной концентрации – ЛК):

- чрезвычайно опасные ($ЛК_{50} < 0,5$ мг/л);
- высокоопасные ($ЛК_{50} < 5$ мг/л);
- умеренно опасные ($ЛК_{50} < 50$ мг/л);
- малоопасные ($ЛК_{50} > 50$ мг/л).

Загрязняющие природную среду вещества подразделяются также по их агрегатному состоянию на четыре класса: твердые, жидкие, газообразные и смешанные.

Кроме того, промышленные выбросы в окружающую среду могут классифицироваться и по другим признакам.

1. По организации контроля и отвода – на организованные и неорганизованные:

- организованный промышленный выброс – это выброс, поступающий в окружающую среду (воздушный и водный бассейны) через специально сооруженные газоходы, водоводы и трубы;
- неорганизованный промышленный выброс – это выброс в окружающую среду в виде неправильных самопроизвольных водных или газовых потоков, образующихся в результате несовершенства технологического оборудования или нарушения его герметичности, отсутствия или неудовлетворительной работы оборудования по отсосу газов или отводу загрязненной воды в местах загрузки и хранения сырья, материалов, отходов, готовой продукции, например, пыление отвалов пустой породы, нерегулируемый поверхностный сток промышленных предприятий.

2. По режиму отвода – на непрерывные и периодические. Так, отвод доменного газа считается непрерывным, а отвод конвертерного газа – периодическим.

3. По температуре – когда температура потока (газового, водяного или смешанного) выше, ниже или равна температуре окружающей среды.

4. По локализации – выбросы происходят в основном, вспомогательном, подсобном производствах, на транспорте и т.д.

5. По признакам очистки – на чистые, нормативно очищенные, частично очищенные, выбрасываемые без очистки. При этом под очисткой понимается отделение, улавливание и превращение в безвредное состояние загрязняющего вещества, поступающего от промышленного источника.

Промышленные выбросы в окружающую среду подразделяют на первичные и вторичные.

Первичные – это выбросы, непосредственно поступающие в окружающую среду от тех или иных источников, а вторичные, будучи продуктами образования первичных, могут быть более токсичными и опасными, чем первые. Типичное превращение некоторых веществ – их фотохимическое окисление.

1.2 Классификация источников загрязнения

Источники загрязнения окружающей природной среды промышленностью классифицируются в зависимости от объекта загрязнения: атмосферы, водного бассейна и литосферы.

Источники загрязнения воздушного бассейна

1. По назначению: а) технологические, содержащие хвостовые газы после улавливания на установках, продувки аппаратов, воздушников и др. (для выбросов характерны высокие концентрации вредных веществ и сравнительно малые объемы удаляемого воздуха); б) вентиляционные выбросы – местные отсосы от оборудования и общеобменная вытяжка.

2. По месту расположения: а) незатененные, или высокие, находящиеся в зоне недеформированного ветрового потока (к этим источникам относятся высокие трубы, а также точечные источники, удаляющие загрязнения на высоту, превышающую высоту здания в 2,5 раза); б) затемненные или низкие, расположен-

ные на высоте в 2,5 раза меньше высоты здания; в) наземные, находящиеся вблизи земной поверхности (к этим источникам относится открыто расположенное технологическое оборудование, колодцы производственной канализации, пролитые токсичные вещества, разбросанные отходы производства).

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

4. По режиму работы: непрерывного и периодического действия, залповые и мгновенные. В случае залповых выбросов за короткий промежуток времени в воздух поступает большое количество вредных веществ. Залповые выбросы возможны при авариях или сжигании быстрогорящих отходов производства на специальных площадках уничтожения. При мгновенных выбросах загрязнения распространяются за доли секунды иногда на значительную высоту. Они происходят при взрывных работах и аварийных ситуациях.

5. По дальности распространения: а) внутриплощадочные, когда выбрасываемые в атмосферу загрязнения образуют высокие концентрации только на территории промышленной площадки, а в жилых районах ощутимых загрязнений не наблюдается (для таких выбросов предусматривается достаточных размеров санитарно-защитная зона); б) внеплощадочные, когда выбрасываемые в атмосферу загрязнения потенциально способны создавать высокие концентрации (порядка ПДК для воздуха населенных пунктов) на территории жилого района.

Источники загрязнения водного бассейна

1. Атмосферные воды, несущие массы вымываемых из воздуха поллютантов (загрязнителей) промышленного происхождения. При стекании по склонам атмосферные и талые воды дополнительно увлекают с собой массы веществ. Особенно опасны стоки с городских улиц, промышленных площадок, несущие массы нефтепродуктов, мусора, фенолов, кислот.

2. Городские сточные воды, включающие преимущественно бытовые стоки, содержащие фекалии, детергенты (поверхностно-активные моющие средства), микроорганизмы, в том числе пато-

генные. Ежегодно в целом по стране образуется около 100 км^3 таких вод.

3. Сельскохозяйственные воды. Загрязнение этими водами обусловлено, во-первых, тем, что повышение урожайности и продуктивности земель неизбежно связано с применением ядохимикатов, используемых для подавления вредителей, болезней растений и сорняков. Эти ядохимикаты непосредственно попадают на поверхность почвы или смываются на большие расстояния, неизбежно оказываясь в водных объектах. Во-вторых, животноводство связано с образованием больших масс твердой органики и мочевины. Эти отходы не ядовиты, но их массы огромны и наличие их ведет к тяжелым последствиям для водных экологических систем. Кроме органических веществ, сточные сельскохозяйственные воды содержат массу биогенных элементов, в том числе азота и фосфора.

4. Промышленные сточные воды, образующиеся в самых разнообразных отраслях производства, среди которых наиболее активно потребляют воду черная и цветная металлургия, химическая, лесохимическая и нефтеперерабатывающая отрасли промышленности. При разработке пластовых месторождений в нашей стране каждый год образуется $2,5 \text{ млрд. км}^3$ дренажных шахтных и шламовых вод, загрязненных хлористыми и сульфатными соединениями, соединениями железа и меди, которые не годятся даже в качестве технической воды и перед сбросом должны быть очищены.

При технологических процессах в промышленности образуются следующие основные виды загрязненных сточных вод:

- реакционные воды, образующиеся в процессе реакций с выделением воды, в результате чего они загрязнены как исходными веществами, так и продуктами реакции;
- воды, содержащиеся в сырье и исходных продуктах (свободная или связанная вода), в результате переработки загрязняются всевозможными веществами;
- промывные воды – воды после промывки сырья, продуктов, тары, оборудования, маточные водные растворы;
- водные экстрагенты и абсорберы;

- охлаждающие воды, не соприкасающиеся с технологическими продуктами и использующиеся в системах оборотного водоснабжения;
- бытовые воды – воды столовых, прачечных, душевых, туалетов и т.д.;
- атмосферные осадки, стекающие с территории предприятия, загрязненные различными химическими и взвешенными веществами (поверхностный сток).

Следует отметить, что загрязнение водных систем представляет большую опасность, чем загрязнение атмосферы. Это обусловлено тем, что процессы генерации или самоочищения протекают в водной среде гораздо медленнее, чем в воздушной. Источники загрязнения водоемов более разнообразны и менее предсказуемы. Естественно, процессы, осуществляющиеся в водной среде и подвергающиеся загрязнению, более чувствительны сами по себе и имеют большее значение для обеспечения жизни на Земле, чем те, которые протекают в атмосфере.

Источники загрязнения литосферы

1. Жилые дома и бытовые предприятия. В числе загрязняющих веществ преобладают: бытовой мусор, пищевые отходы, фекалии, строительный мусор, отходы отопительных систем, пришедшие в негодность предметы домашнего обихода, мусор общественных учреждений, больниц, столовых, гостиниц, магазинов и т.д.

2. Сельское хозяйство. Удобрения, ядохимикаты, применяемые в сельском и лесном хозяйствах для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков. Отходы животноводства и сельскохозяйственной продукции.

3. Теплоэнергетика. Помимо образования массы шламов при сжигании каменного угля с теплоэнергетикой связано выделение в атмосферу сажи, несгоревших частиц, оксидов серы, в конечном итоге оказывающихся в почве.

4. Транспорт. При работе двигателей внутреннего сгорания интенсивно выделяются оксиды азота, свинец, углеводороды и другие вещества, оседающие на поверхности почвы или поглощаемые растениями. В последнем случае эти вещества также оказываются в почве, вовлекаются в природные круговороты, связанные с пищевыми цепями.

5. Промышленные предприятия. В твердых и жидких промышленных отходах постоянно присутствуют те или иные вещества, способные оказывать токсическое воздействие на живые организмы и их сообщества. Например, в отходах металлургической промышленности обычно присутствуют соли цветных и тяжелых металлов. Машиностроительная промышленность выводит в окружающую среду цианиды, соединения мышьяка, бериллия. При производстве пластмасс и искусственных волокон образуются отходы бензола и фенола. Отходами целлюлозно-бумажной промышленности, как правило, являются фенолы, метанол, скипидар, кубовые остатки.

При загрязнении почв самоочищения практически не происходит или происходит очень медленно. В таком случае токсичные вещества накапливаются, что способствует постепенному изменению химического состава почв, нарушению единства геохимической среды и живых организмов. Из почвы токсичные вещества могут попасть в организмы животных, людей и вызвать нежелательные последствия.

Контрольные вопросы

1. Классификация загрязнения окружающей среды. 2. Назовите основные формы загрязнителей окружающей среды. 3. Источники загрязнения атмосферного воздуха. 4. Источники загрязнения водных экосистем. 5. Основные источники загрязнения почвенного покрова. 6. Дайте определение термина «загрязнение».

2 ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА И ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

2.1 Состав и характеристика качества Атмосферного воздуха

Важнейшие климатические и экологические особенности Земли в решающей степени определяются наличием и свойствами ее газовой оболочки – атмосферы. Благодаря специфическому газовому составу, способности поглощать и отражать солнечную радиацию, озоновому слою, в котором задерживается основная часть коротковолнового излучения Солнца, благоприятному температурному режиму и присутствию водяного пара атмосферу можно назвать одним из главных источников жизни на Земле.

В современном газовом составе атмосферы, который отличается большим постоянством, содержится по объему (%): азота – 78,08, кислорода – 20,9, аргона – 0,93, углекислого газа – 0,031 и небольшое количество инертных газов. Наиболее важная переменная составляющая атмосферы – водяной пар. Пространственно–временная изменчивость его концентрации, а также непостоянство радиационного и светового режимов предопределяют резко дифференцированные условия функционирования природных экосистем. Несмотря на то, что климатические контрасты в различных районах Земли сглаживаются благодаря циркуляции атмосферы и морским течениям, эта дифференциация весьма заметна.

Географическая оболочка Земли богата и другим полезным компонентом, необходимым для функционирования живых организмов, – кислородом. Его содержание по массе в литосфере составляет 47 %, в гидросфере – 85,9 %, однако преобладающая часть кислорода находится в химически связанном состоянии. Атмосфера по сравнению с литосферой и гидросферой характеризуется наибольшим содержанием свободного кислорода, потребляемого живыми организмами и способствующего переработке продуктов распада органической материи, осуществляющегося в условиях достаточно высокой среднегодовой температуры воздуха (13,6 °С) у поверхности Земли.

Исходя из термической структуры и циркуляции атмосферы ее принято разделять на сферические слои, именуемые тропосферой, стратосферой, мезосферой и термосферой, верхние границы которых называются паузами. Средняя температура в тропосфере убывает по мере удаления от поверхности Земли к ее верхней границе (на расстоянии 10–16 км).

Термическая структура тропосферы обусловлена нагреванием земной поверхности солнечной радиацией с последующим переносом тепла вверх путем турбулентного перемешивания и конвекции. Господствующие в тропосфере процессы (испарение водяного пара и его конденсация) приводят к образованию облаков и осадков, поскольку в тропосфере содержится преобладающая часть водяного пара атмосферы. Выше тропосферы в диапазоне высот от 10–16 км примерно до 50 км располагается стратосфера. В отличие от тропосферы, в которой важную роль играет турбулентный обмен, стратосфера весьма устойчива, содержит мало влаги, и в ней отсутствуют погодные явления в обычном смысле слова, а единственным видом облачности являются серебристые облака.

Из всех газов, содержащихся в атмосфере, наибольшее значение для деятельности живых организмов имеют кислород, углекислый газ, озон и водяной пар. Кислород используется в процессах дыхания, окисления органического вещества либо неорганических элементов. Углекислый газ расходуется в ходе фотосинтеза автотрофными растениями и выделяется при разложении органического детрита. Если содержание азота, кислорода и аргона в тропосфере весьма постоянно, то распределение озона и водяного пара меняется в зависимости от времени года, географической широты и других факторов. Нестабильность атмосферы как природной системы объясняется колебаниями температуры, давления, плотности, имеющими место в тропосфере, а также гравитационным воздействием Луны и Солнца, вызывающим атмосферные приливы в стратосфере. Выше стратосферы располагаются мезосфера, в которой температура убывает с высотой, и термосфера, где наблюдается обратное явление.

В настоящее время к естественным факторам изменчивости атмосферы добавился антропогенный фактор, связанный с прогрессирующим ее загрязнением.

Под загрязнением атмосферы следует понимать изменение ее состава при поступлении примесей естественного или антропогенного происхождения. Вещества–загрязнители бывают трех видов: газы, пыль и аэрозоли. К последним относятся диспергированные твердые частицы, выбрасываемые в атмосферу и находящиеся в ней длительное время во взвешенном состоянии.

К основным загрязнителям атмосферы относятся углекислый газ, оксид углерода, диоксиды серы и азота, а также малые газовые составляющие, способные оказывать влияние на температурный режим тропосферы: диоксид азота, галогенуглероды (фреоны), метан и тропосферный озон. Объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников на территории России составляет около 22–25 млн. т в год. Объем этих выбросов за последние 10 лет ежегодно сокращается на 300–600 тыс. т. Сокращение выбросов обусловлено главным образом повсеместным спадом промышленного производства, особенно в добывающих и ресурсоперерабатывающих отраслях. Позитивную роль в этих условиях сыграла относительная стабильность добычи и использования газа – экологически чистого топлива.

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха свидетельствуют о снижении средних концентраций взвешенных веществ, растворимых сульфатов, аммиака, бенз(а)пирена, сажи, сероводорода, формальдегида, вследствие спада производства и закрытия предприятий. При этом возросли средние концентрации диоксида азота, оксида углерода, сероуглерода, фенола, фторида водорода, что связано с неритмичностью работы предприятий. Отмечен также рост концентраций оксида углерода, диоксида азота и формальдегида на автомагистралях крупных городов и прилегающих к ним территориях.

Так, по данным наблюдений, за ряд лет в 284 городах России уровень загрязнения воздуха изменялся незначительно. Среднегодовые концентрации взвешенных веществ (пыли), диоксида азота, фенола и фторида водорода достигали одного ПДК, сероуглерода превышали 2 ПДК, формальдегида – 3 ПДК, бенз(а)пирена – 1 ПДК и стандарт Всемирной организации здравоохранения – в 2,6 раза.

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ больше одного ПДК отмечались в 204 городах, в том числе концен-

трации пыли – в 90 городах, диоксида азота – в 86, формальдегида – в 97 и бенз(а)пирена – в 92 городах. В Кызыле, Чите, Шелехове средняя за год концентрация бенз(а)пирена превышала стандарт ВОЗ более чем в 10 раз.

Все загрязнители среды имеют конкретные источники выбросов. Большинство из них под воздействием природных факторов с течением времени, нейтрализуется или разрушается.

В качестве примера на рисунке 2 приведена схема загрязнения среды канцерогенным углеводородом (бенз(а)пиреном) и ее самоочищения.

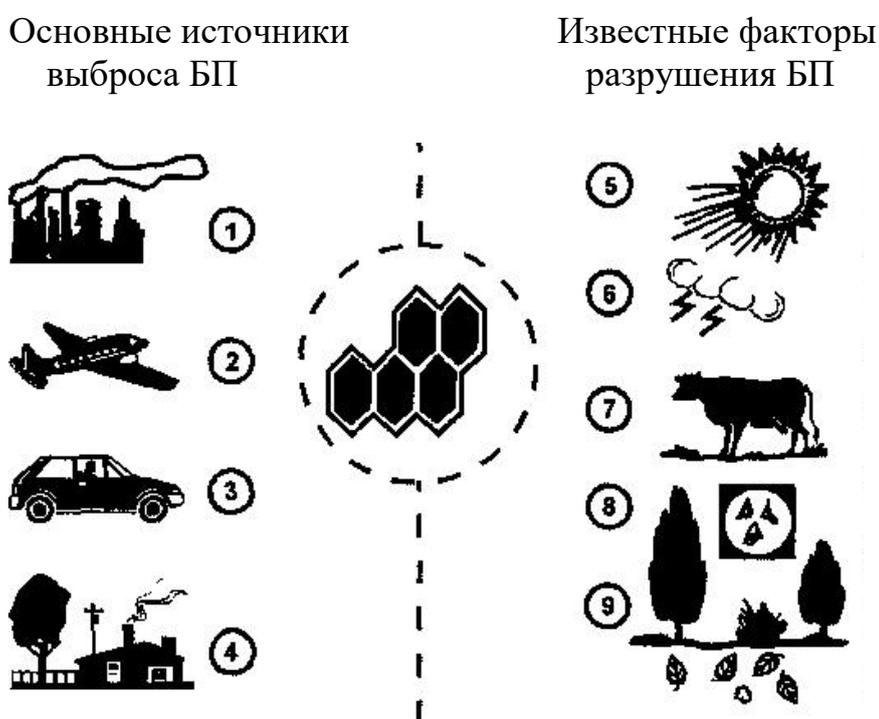


Рисунок 2 – Схема загрязнения среды канцерогенным углеводородом (бенз(а)пиреном, БП) и ее самоочищения: 1 – промышленные предприятия; 2 – авиатранспорт; 3 – автомобильный и рельсовый транспорт; 4 – отопление жилищ; 5 – ультрафиолетовое излучение; 6 – озон; 7 – метаболизм у высших животных; 8 и 9 – разрушение бенз(а)пирена растениями и почвенными микроорганизмами

Максимальные разовые концентрации пыли, оксида углерода, диоксида азота, аммиака, сероуглерода, сероводорода, фенола, формальдегида, фторида водорода или хлорида водорода, превышающие ПДК, отмечались в 70–95 % городов (там, где проводятся наблюдения за этими веществами), концентрации диоксида азота, аммиака, сероуглерода, сероводорода, фенола, хлорида водорода больше 5 ПДК – в 20–35 % городов.

Максимальные концентрации, превышающие ПДК, имели место в 126 городах, 10 ПДК – в 79 городах, в том числе среднемесячных концентраций бенз(а)пирена – в 42 городах. Превышение 10 ПДК тремя и более веществами отмечалось в 12 городах.

Для загрязнений воздуха в городах, вошедших в список, характерны высокие концентрации специфических загрязняющих веществ. Почти в каждом городе наибольший вклад в загрязнение воздуха определяется концентрациями бенз(а)пирена, формальдегида, метилмеркаптана, сероуглерода, бензола и других веществ.

Основной вклад в высокий уровень загрязнения воздуха вносят предприятия черной и цветной металлургии, химии и нефтехимии, стройиндустрии, энергетики, целлюлозно-бумажной промышленности, а в некоторых городах и котельные. Из года в год возрастает загрязнение атмосферного воздуха веществами, характерными для автомобильного транспорта.

Основной причиной высокого загрязнения воздуха являются выбросы специфических веществ. Для принятия эффективных мер по улучшению качества атмосферного воздуха и выбросов промышленных предприятий и автотранспорта в городах, в первую очередь, бенз(а)пирена, формальдегида, аммиака, сероуглерода и других загрязняющих веществ, определяющих высокое загрязнение воздуха в городах и промышленных центрах, особое внимание следует уделять городам, которые впервые внесены в список городов с максимальными разовыми концентрациями загрязняющих веществ, превышающими 10 ПДК, и с наибольшим уровнем загрязнения воздуха.

Одним из основных загрязнителей атмосферы по массе является углекислый газ CO_2 . Вместе с кислородом он является биогеном атмосферы, который в основном контролируется био-

той. В XX в. наблюдался рост концентрации углекислого газа в атмосфере, доля которого с начала века увеличилась почти на 25 %, а за последние 40 лет – на 13 %.

По объему выбросов углерода (1 т углерода соответствует 3,7 т CO₂) первое место занимают США, за ними следуют страны Евросоюза, а затем страны СНГ, на которые приходится более половины выбросов. В России сейчас производится около 80% энергии, вырабатывавшейся ранее в Советском Союзе. Вклад промышленности России в выбросы углерода в атмосферу весьма велик и составляет около 800 млн. т углерода (что соответствует примерно 3 млрд. т углекислого газа), следовательно, ежегодно на каждого жителя приходится 5,44 т. На долю России приходится несколько меньше 13 % общей массы выбрасываемого в атмосферу углерода, на долю США около 30 % и стран Евросоюза – примерно 20 %, на долю Китая – немногим более 7 %. Экологи предупреждают, что если не удастся уменьшить выбросы углекислого газа в атмосферу, то нашу планету ожидает необратимые последствия. Сегодня остается нерешенной мировая проблема соотношения энергии и углекислого газа.

Кроме того, около 2 % общей массы выбросов в атмосферу составили вредные вещества с высокой токсичностью (сероуглерод, фтористые соединения, бенз(а)пирен, сероводород и др.). Особенно велики промышленные выбросы от стационарных источников – предприятий черной и цветной металлургии в городах. Например, выбросы диоксида серы (млн. т/год): в Норильске – 2,4, Мончегорске – 0,2, Никеле – 0,19, Орске – 0,17; выбросы оксида углерода (млн. т/год): в Новокузнецке – 0,44, Магнитогорске – 0,43, Липецке – 0,41, Череповце – 0,4, Нижнем Тагиле – 0,3 и т.д.

Газообразные азотосодержащие соединения (NO, NH₃) содержатся в промышленных выбросах, образующихся при сжигании органического топлива (уголь, бензин, мазут), а также продуцируются анаэробными бактериями. Их ежегодное поступление в атмосферу достаточно велико. Так, количество азота, образующегося главным образом вследствие деятельности анаэробных микроорганизмов и поступающего в атмосферу, составляет около 5109 т в год. Однако NH₃ – нестойкое соединение, которое быстро превращается в различные нитраты, содержащиеся в вы-

падающих атмосферных осадках. Этим, в частности, объясняется высокое удобряющее свойство талой воды, известное земледельцам. Однако обогащение нитратами выпадающих атмосферных осадков может вызвать эвтрофикацию водоемов.

Из естественных и антропогенных источников в атмосферу ежегодно поступают сотни миллионов тонн аэрозолей. К естественным источникам относят пыльные бури, вулканические извержения и лесные пожары. Газообразные выбросы (например, SO_2) приводят к образованию в атмосфере аэрозолей. Несмотря на то, что время пребывания в тропосфере аэрозолей исчисляется несколькими сутками, они могут вызвать снижение средней температуры воздуха у земной поверхности на 0,1–0,3 °С. Не меньшую опасность для атмосферы и биосферы представляют аэрозоли антропогенного происхождения, образующиеся при сжигании топлива либо содержащиеся в промышленных выбросах. Минеральный состав аэрозолей антропогенного происхождения многообразен: оксиды железа и свинца, силикаты, сажа. Они содержатся в выбросах предприятий теплоэнергетики, черной и цветной металлургии, стройматериалов, а также автомобильного транспорта. Пыль, осаждающаяся в индустриальных районах, содержит до 20 % оксида железа, 15 % силикатов и 5 % сажи, а также примеси различных металлов (свинец, ванадий, молибден, мышьяк, сурьма и т.д.). В выбрасываемых в атмосферу аэрозолях присутствуют также хлор, бром, ртуть, фтор и другие элементы и соединения, опасные для здоровья человека.

Концентрация аэрозолей меняется в весьма широких пределах: от 10^4 мг/м³ в чистой атмосфере до $2 \cdot 10^6$ мг/м³ в индустриальных районах. Концентрация аэрозолей в индустриальных районах и крупных городах с интенсивным автомобильным движением в сотни раз выше, чем в сельской местности. Среди аэрозолей антропогенного происхождения особую опасность для биосферы представляет свинец, концентрация которого изменяется от 0,000001 мг/м³ для незаселенных районов до 0,0001 мг/м³ для селитебных территорий. В городах концентрация свинца значительно выше – от 0,001 до 0,030 мг/м³.

Аэрозоли загрязняют не только атмосферу, но и стратосферу, оказывая влияние на ее спектральные характеристики и вызывая опасность повреждения озонового слоя. Непосредственно в

стратосфере аэрозоли поступают с выбросами сверхзвуковых самолетов, однако имеются аэрозоли и газы, диффундирующие в стратосфере.

Основной аэрозоль атмосферы – сернистый ангидрид (SO_2), несмотря на большие масштабы его выбросов в атмосферу, является короткоживущим газом (4–5 суток). По современным оценкам, на больших высотах выхлопные газы авиационных двигателей могут увеличить естественный фон SO_2 на 20 %. Хотя эта цифра невелика, повышение интенсивности полетов уже в XXI в. может сказаться на альbedo земной поверхности в сторону его увеличения. Выбросы SO_2 в приземном слое могут увеличить оптическую толщину атмосферы в видимых частях спектра, что приведет к некоторому уменьшению поступления солнечной радиации в приземном слое воздуха. Таким образом, климатический эффект выбросов SO_2 противоположен эффекту выбросов CO_2 , однако быстрое вымывание сернистого ангидрида атмосферными осадками значительно ослабляет в целом его воздействие на атмосферу и климат. Ежегодное поступление сернистого газа в атмосферу только вследствие промышленных выбросов оценивается почти в 150 млн. т. В отличие от углекислого газа сернистый ангидрид, как уже было отмечено, является весьма нестойким химическим соединением. Под воздействием коротковолновой солнечной радиации он быстро превращается в серный ангидрид и в контакте с водяным паром переводится в сернистую кислоту. В загрязненной атмосфере, содержащей диоксид азота, сернистый ангидрид также быстро переводится в серную кислоту, которая, соединяясь с капельками воды, образует так называемые кислотные дожди.

На практике для определения степени загрязнения атмосферного воздуха используют два норматива: предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДК_{СС}) – для оценки осредненных за продолжительный период (от суток до года) концентраций и ПДК_{МР} – для оценки непосредственно измеренных максимальных разовых концентраций химического вещества в воздухе населенных мест (при 20–минутной экспозиции).

Контроль загрязнения атмосферы на территории России осуществляется почти в 350 городах. Система наблюдения включает 1200 станций и охватывает почти все города с населением

более 100 тыс. жителей и города с крупными промышленными предприятиями.

Максимальные разовые концентрации таких загрязнителей воздуха, как пыль, оксид углерода, диоксид азота, аммиак, сероводород, фенол, фторид водорода, превышают соответствующие ПДК_{МР} более чем в 75 % городов, контролируемых по каждой примеси. Во многих городах зарегистрировано превышение загрязнений в 5–10 раз и более, при этом воздух загрязнен сразу несколькими вредными веществами. К числу таких наиболее загрязненных городов относятся: Березники, Братск, Екатеринбург, Красноярск, Липецк, Магнитогорск, Москва, Новокузнецк, Норильск, Череповец и многие другие.

Более 50 млн. человек испытывают воздействие различных вредных веществ, содержащихся в воздухе в концентрациях, равных 10 ПДК, а свыше 60 млн. человек подвергаются воздействию вредных веществ, концентрация которых превышает 5 ПДК.

На загрязнение воздушного бассейна большое влияние оказывает выпадение кислотных соединений. Сегодня серно- и азотокислотные осадки выпадают на значительных территориях Российской Федерации. Как правило, они образуются в зоне действия предприятий цветной металлургии и химической переработки сернистого газового конденсата, а также на траекториях переноса воздушных масс от этих предприятий. Так, в районе Норильска сернокислотные осадки отравили тундру, озера и животный мир на многие сотни километров вокруг. Сернокислотные выбросы предприятий Норильска доносятся с дождями до Канады.

2.2 Трансграничное загрязнение атмосферы

На загрязнение окружающей природной среды значительное влияние оказывают трансграничные переносы загрязняющих веществ из стран, соседствующих с Россией.

Основными районами трансграничного влияния на атмосферу России являются:

- Западная и Восточная Европа (особенно Германия и Польша);

- Северо–Восточные районы Эстонии (район добычи и переработки сланцев);
- Украина (радиоактивное загрязнение в районе Чернобыля, высокая концентрация промышленных узлов в центральной части, в Харьковской области и Донбассе);
- Северо–Западный Китай (радиоактивное загрязнение);
- Северная Монголия (горнопромышленные районы).

К основным районам трансграничного влияния России на атмосферу сопредельных территорий относятся:

- Кольский полуостров (горнопромышленные районы) – на Финляндию и Норвегию;
- Санкт–Петербургский промышленный узел – на Финляндию и Эстонию;
- Южный Урал (промышленное и радиоактивное загрязнение) – на Казахстан;
- Новая Земля, Карское и Баренцево моря – возможен разнос радиоактивного загрязнения на сопредельные территории.

Водообмен России с сопредельными территориями характеризуется значительным преобладанием притока поверхностных вод над их оттоком. Кроме того, состояние водных ресурсов бассейнов Волги и Дона оказывает влияние на экологическую обстановку в Каспийском и Черном морях, являющихся межгосударственными водными объектами.

Метеорологический синтезирующий центр «Восток» в рамках программы ЕМЕП (МСЦ–В, г. Москва) на основе экспертных оценок данных по выбросам выполнил ориентировочные расчеты трансграничного переноса свинца и кадмия. Результаты этих расчетов показали, что загрязнение территории России свинцом и кадмием, переносимыми из других стран, в основном, из стран–участников Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, значительно превышает загрязнение территории этих стран свинцом и кадмием от российских источников, что обусловлено доминированием западно–восточного переноса воздушных масс.

«Импорт» этих металлов в Россию из Польши, Германии и Швеции более, чем в 10 раз превышает их «экспорт» из России. «Импорт» свинца из Украины, Белоруссии и Латвии в 5–7 раз превышает его «экспорт» из России, а «импорт» кадмия из этих

стран и Финляндии – в 7–8 раз. При этом выпадения свинца на европейской территории России (ЕТР) довольно значительны и составляют ежегодно: из Украины – около 1100 т, Польши и Белоруссии – по 180–190 т, Германии – более 130 т. Выпадения кадмия на ЕТР из Украины ежегодно превышают 40 т, Польши – почти 9 т, Белоруссии – около 7 т, Германии – более 5 т, Финляндии – свыше 6 т. Эти поступления особенно существенны для западных регионов России.

От источников Российской Федерации суммарные выпадения свинца и кадмия на ее европейские территории составляют около 70 %, а на долю источников других стран приходится 30 %. Однако доля трансграничного загрязнения этими металлами западных районов России значительно превышает 30 %.

2.3 Фоновое загрязнение атмосферы

Фоновое техногенное загрязнение атмосферы формируется преимущественно под влиянием промышленных выбросов и условий регионального и глобального рассеяния загрязняющих веществ в атмосфере.

Содержание диоксида серы в атмосфере фоновых районов европейской территории России в холодное время года изменяется от 0,0046 мг/м³ на северо–западе до 0,0010 мг/м³ в юго–восточной части региона, сульфатов – от 0,010 до 0,007 мг/м³. В теплое время года концентрация диоксида серы в 2–8 раз ниже. Повышение концентраций зимой обусловлено ухудшением метеорологических условий рассеяния примесей, увеличением количества промышленных выбросов, замедлением химических процессов трансформации веществ при низкой температуре воздуха.

На азиатской части территории России фоновые концентрации диоксида серы и сульфатов в равнинных районах достигают 0,001–0,002 мг/м³.

Среднегодовая фоновая концентрация свинца в атмосферных осадках на территории России составляет 1,5–2,0 мкг/л. В отдельные годы относительно высокое содержание свинца наблюдается в Центральном районе европейской территории России – 8,5 мкг/л.

Среднегодовая концентрация кадмия составляет примерно 0,15–0,63 мкг/л; однако в Астраханской области она достигает 6,2 мкг/л. На Западном Кавказе содержание кадмия равно 4,3, в Центральном районе ЕТР – 0,38 мг/м³ (на подстилающей поверхности в фоновых районах).

Традиционное повышение содержания ртути в осадках наблюдается в юго–восточной части ЕТР и районах вокруг оз. Байкал – почти до 3 мкг/л. Годовой поток ртути в этих регионах составляет соответственно 0,71 и 0,92 мг/м². В Центральном районе ЕТР концентрация ртути в осадках колебалась в пределах 0,13–0,33 мкг/л, а годовой поток не превышал 0,2 мг/м².

Фоновые станции на европейской территории России в отдельные годы отмечали увеличение концентрации соединений азота (нитратов, аммония) в осадках в 1,3–2 раза.

По данным Росгидромета на территории России (за исключением Северо–Кавказского региона, Республики Калмыкия и Астраханской области) выпадает 4,22 млн. т серы, 1,25 млн. т нитратного азота и 4 млн. т суммарного азота (нитратного и аммонийного).

Наибольшие нагрузки серы (55–740 кг/км² в год) наблюдаются в густонаселенных и промышленных районах страны. Среднегодовая нагрузка для ЕТР составляет (кг/км²): по сере – 426, нитратному азоту – 143, сумме соединений азота – 480, для азиатской территории России соответственно 210, 57 и 178.

Высокие уровни среднегодового выпадения серы (550–750 кг/км²) и суммы соединений азота (370–720 кг/км²) в виде значительных по площади ареалов (несколько тыс. км) наблюдаются в густонаселенных и промышленных районах страны: в Северо–Западном, Центральном, Центральном–Черноземном, Уральском, в Кемеровской области, Алтайском крае и в районе Норильска. Локальные ареалы (площадью до 1 тыс. км) с интенсивностью среднегодовых выпадений серы 1500–3000 кг/км² фиксируются в ближних следах металлургических и нефтеперерабатывающих предприятий, крупных ГРЭС, а также больших городов. Они отмечаются вокруг Мончегорска, Никеля, Санкт–Петербурга, Омска, Норильска, Новокузнецка, Москвы, Красноярска, Иркутска и др. Максимальные уровни среднегодо-

вого выпадения азота в локальных ареалах (300–600 кг/км²) отмечаются

в Череповце, Санкт–Петербурге, Нижнем Новгороде, Самаре, Уфе, Магнитогорске, Троицке, Челябинске, Екатеринбурге, Асбесте, Перми, Новосибирске, Барнауле, Новокузнецке, Иркутске и Ангарске. Среднегодовые значения регионального фона нагрузок атмосферных выпадений соединений серы и азота на большом (100 км и более) удалении от крупных промышленных источников выбросов в центре ЕТР для серы меняются в пределах 400–600 кг/км², на севере они превышают 250 кг/км², для нитратного азота значения регионального фона изменяются от 100 кг/км² в центре ЕТР до 50 кг/км² на севере. На азиатской территории России региональный фон среднегодовых выпадений серы и азота ниже, чем на европейской. Так, в Промышленных регионах он составляет (кг/км²): для серы – 200–300, нитратного азота – 50–100, суммы соединений азота – 150–200. Самые низкие в России среднегодовые уровни выпадений наблюдаются в Якутии: по сере – 50–120 кг/км², нитратному азоту – 10–40 и сумме соединений азота – менее 150 кг/км².

На территории большинства субъектов Российской Федерации выпадения серы и нитратного азота от собственных источников загрязнения не превышают 25 % их суммарного выброса. Вклад собственных источников более 25 % по сере наблюдается в Мурманской (70 %), Свердловской (64 %), Челябинской (50 %), Тульской и Рязанской областях (по 40 %), Красноярском крае (43 % за счет Норильска).

Доля выпадений серы, обусловленная переносом воздушных масс из соседних областей, в большинстве случаев не превышает 50 %. Однако в Белгородской, Курганской и Новгородской областях более половины всей массы выпадений вызвана переносом их из соседних областей.

На европейской территории России уровень критических нагрузок по выпадениям серы превышает лишь на локальных участках (Кольский полуостров, Ленинградская, Московская и Рязанская области), а по среднегодовым выпадениям азота (280–700 кг/км²) – примерно на половине площади этой территории (Северо–Западный, Северный и Центральный экономические районы). Для Урала и азиатской территории России этот показа-

тель не оценен из-за отсутствия данных по уровням критических нагрузок.

Большую долю в загрязнении атмосферы составляют выбросы вредных веществ от автомобилей. Сейчас на Земле эксплуатируется свыше 900 млн. автомобилей.

В настоящее время на долю автомобильного транспорта приходится больше половины всех вредных выбросов в окружающую среду, которые являются главным источником загрязнения атмосферы, особенно в крупных городах. В среднем при пробеге 15 тыс. км за год каждый автомобиль сжигает 2 т топлива и около 26–30 т воздуха, в том числе 4,5 т кислорода, что в 50 раз больше потребностей человека. При этом автомобиль выбрасывает в атмосферу (кг/год): угарного газа – 700, диоксида азота – 40, несгоревших углеводородов – 230 и твердых веществ – 2–5. Кроме того, выбрасывается много соединений свинца из-за применения в большинстве своем этилированного бензина.

Наблюдения показали, что в домах, расположенных рядом с большой дорогой (до 10 м), жители болеют раком в 3–4 раза чаще, чем в домах, удаленных от дороги на расстояние 50 м. Транспорт отравляет также водоемы, почву и растения.

2.4 КИСЛОТНОСТЬ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

Обзор данных по кислотности атмосферных осадков за год по 44 станциям Федеральной сети Росгидромета и некоторым пунктам региональной сети (исключая станции, расположенные в крупных городах и промышленных центрах) показал, что наибольшее количество кислых компонентов за этот год выпало вдоль западной границы Российской Федерации при переносе с запада и юго-запада теплых и влажных воздушных масс. По направлению с запада и северо-запада на восток и юго-восток ЕТР кислотность осадков и их количество заметно уменьшаются. Общую тенденцию к повышению щелочности осадков можно объяснить постепенным возрастанием континентального климата и увеличением сухости воздуха.

Зимой на Среднерусской возвышенности, большей части Приволжской и на юге лесостепной зоны величина рН колебалась около 5.

Кислотность атмосферных осадков уменьшается на побережье северных, западно– и восточно–сибирских морей. Осадки, выпадающие в Западной и Восточной Сибири, обладают пониженной кислотностью, что связано с повышенной и устойчивой запыленностью воздуха в этих районах.

Пространственно зоны выпадения осадков с повышенной кислотностью ($\text{pH} < 4$) в основном сохранились: северо–запад РФ, Предуралья, западные и центральные районы Воронежской, Ростовской и Волгоградской областей, акватории Финского залива и Ладожского озера. Именно к этим районам относятся минимальные значения pH осадков.

2.5 Источники загрязнения атмосферы

К природным источникам загрязнения относятся: извержения вулканов, пыльные бури, лесные пожары, пыль космического происхождения, частицы морской соли, продукты растительного, животного и микробиологического происхождения. Уровень такого загрязнения рассматривается в качестве фоновое, который мало изменяется со временем.

Антропогенные источники загрязнения обусловлены хозяйственной деятельностью человека. К ним следует отнести:

1. Сжигание горючих ископаемых, которое сопровождается выбросом 5 млрд., т углекислого газа в год. В результате этого за 100 лет (1860–1960 гг.) содержание CO_2 увеличилось на 18 % (с 0,027 до 0,032 %). За последние пять десятилетий темпы этих выбросов значительно возросли.

2. Работа тепловых электростанций, когда при сжигании высокосернистых углей в результате выделения сернистого газа и мазута образуются кислотные дожди.

3. Выхлопы современных турбореактивных самолетов с оксидами азота и газообразными фторуглеводородами из аэрозолей, которые могут привести к повреждению озонового слоя атмосферы (озоносферы).

4. Производственная деятельность.

5. Загрязнение взвешенными частицами (при измельчении, фасовке и загрузке, от котельных, электростанций, шахтных стволов, карьеров при сжигании мусора).

6. Выбросы предприятиями различных газов.
7. Сжигание топлива в факельных печах, в результате чего образуется самый массовый загрязнитель – монооксид углерода.
8. Сжигание топлива в котлах и двигателях транспортных средств, сопровождающееся образованием оксидов азота, которые вызывают смог.
9. Вентиляционные выбросы (шахтные стволы).
10. Вентиляционные выбросы с чрезмерной концентрацией озона из помещений с установками высоких энергий (ускорители, ультрафиолетовые источники и атомные реакторы) при ПДК в рабочих помещениях $0,1 \text{ мг/м}^3$. В больших количествах озон является высокотоксичным газом.

2.6 Способы очистки газовых выбросов в атмосферу

Абсорбционный способ очистки газов, осуществляемый в установках–абсорберах, наиболее прост и с высокой степенью очистки, однако требует громоздкого оборудования и очистки поглощающей жидкости. Основан на химических реакциях между газом, например, сернистым ангидридом, и поглощающей суспензией (щелочной раствор: известняк, аммиак, известь). При этом способе на поверхность твердого пористого тела (адсорбента) осаждаются газообразные вредные примеси. Последние могут быть извлечены с помощью десорбции при нагревании водяным паром.

Способ окисления горючих углеродистых вредных веществ в воздухе заключается в сжигании в пламени и образовании CO_2 и воды, способ термического окисления – в подогреве и подаче в огневую горелку.

Каталитическое окисление с использованием твердых катализаторов заключается в том, что сернистый ангидрид проходит через катализатор в виде марганцевых составов или серной кислоты.

Для очистки газов методом катализа с использованием реакций восстановления и разложения применяют восстановители (водород, аммиак, углеводороды, монооксид углерода). Нейтрализация оксидов азота NO_x достигается применением метана с

последующим использованием оксида алюминия для нейтрализации на втором этапе образующегося монооксида углерода.

Для очистки от CO и NO_x отработанных газов дизельных автотомобилей применяют аналогичный метод, например, для работающих в карьерах автосамосвалов БелАЗ–540А.

Каталитический способ заключается в разложении озона с серебряно–пиролюзитовым (серебряно–марганцевым) катализатором.

Перспективен сорбционно–каталитический способ очистки особо токсичных веществ при температурах ниже температуры катализа.

Адсорбционно–окислительный способ также представляется перспективным. Он заключается в физической адсорбции малых количеств вредных компонентов с последующим выдуванием адсорбированного вещества специальным потоком газа в реактор термокаталитического или термического дожигания.

В крупных городах для снижения вредного влияния загрязнения воздуха на человека применяют специальные градостроительные мероприятия: зональную застройку жилых массивов, когда близко к дороге располагают низкие здания, затем – высокие и под их защитой – детские и лечебные учреждения; транспортные развязки без пересечений, озеленение.

2.7 Охрана атмосферного воздуха

Атмосферный воздух является одним из основных жизненно важных элементов окружающей среды.

Закон «Об охране атмосферного воздуха» всесторонне охватывает проблему. Он обобщил требования, выработанные в предшествующие годы и оправдавшие себя на практике. Например, введение правил о запрещении ввода в действие любых производственных объектов (вновь созданных или реконструированных), если они в процессе эксплуатации станут источниками загрязнений или иных отрицательных воздействий на атмосферный воздух. Получили дальнейшее развитие правила о нормировании предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Ученые создали научную концепцию гигиенического нормирования допустимых уровней воздействия вредных факторов химической, физической и биологической природы. Разрабатываются регламенты допустимых уровней.

Государственным санитарным законодательством только для атмосферного воздуха были установлены ПДК для большинства химических веществ при изолированном действии и для их комбинаций.

Гигиенические нормативы – это государственное требование к руководителям предприятий. За их выполнением должны следить органы государственного санитарного надзора Министерства здравоохранения и Государственный комитет по экологии.

Большое значение для санитарной охраны атмосферного воздуха имеет выявление новых источников загрязнения воздушной среды, учет проектируемых, строящихся и реконструируемых объектов, загрязняющих атмосферу, контроль за разработкой и реализацией генеральных планов городов, поселков и промышленных узлов в части размещения промышленных предприятий и санитарно–защитных зон.

Санитарно–эпидемиологическая служба должна осуществлять надзор за новым строительством и реконструкцией промышленных объектов, проектированием и строительством газопылеочистных сооружений на действующих предприятиях, а также проверку проектных институтов и надзор за изменением технологического профиля предприятий. Органы этой службы вправе запретить эксплуатацию действующих предприятий, цехов и отдельных установок при отсутствии сооружений, очищающих и обеззараживающих выбросы.

В Законе «Об охране атмосферного воздуха» предусматриваются требования об установлении нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Такие нормативы устанавливаются для каждого стационарного источника загрязнения, для каждой модели транспортных и других передвижных средств и установок. Они определяются с таким расчетом, чтобы совокупные вредные выбросы от всех источников загрязнения в данной местности не превышали нормативов ПДК загрязняющих веществ в воздухе. Предельно допустимые выбро-

сы устанавливаются только с учетом предельно допустимых концентраций.

Закон запрещает внедрение в практику открытий, изобретений, рационализаторских предложений и новых технических систем, а также приобретение за рубежом, ввод в эксплуатацию и использование технологических процессов, оборудования и других объектов, если они не удовлетворяют установленным в странах СНГ требованиям по охране воздуха.

Очень важны требования Закона, относящиеся к применению средств защиты растений, минеральных удобрений и других препаратов. Все законодательные меры составляют систему профилактического характера, направленную на предупреждение загрязнения воздушного бассейна.

Закон предусматривает не только контроль за выполнением его требований, но и ответственность за их нарушение. Специальная статья определяет роль общественных организаций и граждан в осуществлении мероприятий по охране воздушной среды, обязывает их активно содействовать государственным органам в этих вопросах, так как только широкое участие общественности позволит реализовать положения этого закона. Так, в нем сказано, что государство придает большое значение сохранению благоприятного состояния атмосферного воздуха, его восстановлению и улучшению для обеспечения наилучших условий жизни людей – их труда, быта, отдыха и охраны здоровья.

Предприятия или их отдельные здания и сооружения, технологические процессы которых являются источником выделения в атмосферный воздух вредных и неприятно пахнущих веществ, отделяют от жилой застройки санитарно-защитными зонами. Размер этих зон до границы жилой застройки устанавливают: а) для предприятий с технологическими процессами, являющимися источниками загрязнения атмосферного воздуха вредными и неприятно пахнущими веществами, – непосредственно от источников загрязнения атмосферы сосредоточенными (через трубы, шахты) или рассредоточенными (через фонари зданий и др.) выбросами, а также от мест загрузки сырья или открытых складов; б) для тепловых электрических станций, производственных и отопительных котельных – от дымовых труб.

В соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов приняты следующие размеры санитарно–защитных зон для предприятий.

Класс предприятия	I	II	III	IV	V
Расстояние, м	1000	500	300	100	50

Санитарно–защитная зона для предприятий и объектов может быть увеличена при необходимости и надлежащем обосновании не более чем в 3 раза в зависимости от следующих причин: а) эффективности предусмотренных или возможных для осуществления методов очистки выбросов в атмосферу; б) отсутствия способов очистки выбросов; в) размещения жилой застройки при необходимости с подветренной стороны по отношению к предприятию в зоне возможного загрязнения атмосферы; г) розы ветров и других неблагоприятных местных условий (например, частые штили и туманы); д) строительства новых, еще недостаточно изученных вредных в санитарном отношении производств.

Размеры санитарно–защитных зон для отдельных групп или комплексов крупных предприятий химической, нефтеперерабатывающей, металлургической, машиностроительной и других отраслей промышленности, а также тепловых электрических станций с выбросами, создающими большие концентрации различных вредных веществ в атмосферном воздухе и оказывающими особо неблагоприятное влияние на здоровье и санитарно–гигиенические условия жизни населения, устанавливаются в каждом конкретном случае по совместному решению Минздрава и Госстроя России.

Размеры санитарно–защитных зон для предприятий, зданий и сооружений, где осуществляются работы с применением радиоактивных веществ, должны соответствовать санитарным правилам работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений.

Размер санитарно–защитных зон для расчета рассеивания в атмосфере вредных веществ определяют с учетом суммарного загрязнения наружного воздуха как технологическими и вентиляционными выбросами, так и существующими (фоновыми) загрязнениями. Величину фоновых загрязнений атмосферного воз-

духа в районе предполагаемого строительства или реконструкции предприятия устанавливают местные органы санитарно–эпидемиологической и гидрометеорологической служб и представляют свои данные проектным организациям для расчета санитарно–защитных зон.

Для повышения эффективности санитарно–защитных зон на их территории высаживают древесно–кустарниковую и травянистую растительность, снижающую концентрацию промышленной пыли и газов. В санитарно–защитных зонах предприятий, интенсивно загрязняющих атмосферный воздух вредными для растительности газами, следует выращивать наиболее газоустойчивые деревья, кустарники и травы с учетом степени агрессивности и концентрации промышленных выбросов. Особо вредны для растительности выбросы предприятий химической промышленности (сернистый и серный ангидрид, сероводород, серная, азотная, фтористая и бромистая кислоты, хлор, фтор, аммиак и др.), черной и цветной металлургии, угольной и теплоэнергетической промышленности.

2.8 Озоновый слой земли

Озоновый слой Земли – это слой атмосферы, близко совпадающий со стратосферой, лежащий между 7–8 (на полюсах), 17–18 (на экваторе) и 50 км над поверхностью планеты и отличающийся повышенной концентрацией молекул озона, отражающих жесткое космическое излучение, губительное для всего живого на Земле. Его концентрация на высоте 20–22 км от поверхности Земли, где она достигает максимума, ничтожно мала. Эта естественная защитная пленка очень тонка: в тропиках ее толщина составляет всего 2 мм, у полюсов она вдвое больше.

Активно поглощающий ультрафиолетовое излучение озоновый слой создает оптимальные световой и термические режимы земной поверхности, благоприятные для существования живых организмов на Земле. Концентрация озона в стратосфере непостоянна, увеличиваясь от низких широт к высоким, и подвержена сезонным изменениям с максимумом весной.

Своему существованию озоновый слой обязан деятельности фотосинтезирующих растений (выделение кислорода) и действию на кислород ультрафиолетовых лучей: $302 + 285 \text{ кДж} = 203$.

Он защищает все живое на Земле от губительного действия этих лучей. Молекула газа озона содержит три атома кислорода (O_3) в отличие от обычной, двухатомной, молекулы кислорода (O_2). Предполагается, что глобальное загрязнение атмосферы некоторыми веществами (фреонами, оксидами азота и др.) может нарушить функционирование озонового слоя Земли.

Главную опасность для атмосферного озона составляет группа химических веществ, объединенных термином «хлор–фторуглероды» (ХФУ), называемых также фреонами. В течение полувека эти химикаты, впервые полученные в 1928 г., считались чудо–веществами. Они нетоксичны, инертны, чрезвычайно стабильны, не горят, не растворяются в воде, удобны в производстве и хранении. И поэтому сфера применения ХФУ динамично расширялась. В массовых масштабах их начали использовать в качестве хладагентов при изготовлении холодильников. Затем они стали применяться в системах кондиционирования воздуха, а с началом всемирного аэрозольного бума получили самое широкое распространение. Фреоны оказались очень эффективны при промывке деталей в электронной промышленности, а также нашли широкое применение в производстве пенополиуретанов. Пик их мирового производства пришелся на 1987–1988 гг. и составил около 1,2–1,4 млн. т в год, из которых на долю США приходилось около 35%.

Механизм действия фреонов следующий. Попадая в верхние слои атмосферы, эти инертные у поверхности Земли вещества становятся активными. Под воздействием ультрафиолетового излучения химические связи в их молекулах нарушаются. В результате выделяется хлор, который при столкновении с молекулой озона «вышибает» из нее один атом. Озон перестает быть озоном, превращаясь в кислород. Хлор же, соединившись временно с кислородом, опять оказывается свободным и «пускается в погоню» за новой «жертвой». Его активности и агрессивности хватает на то, чтобы разрушить десятки тысяч молекул озона.

Активную роль в образовании и разрушении озона играют также оксиды азота, тяжелых металлов (меди, железа, марганца),

хлор, бром, фтор. Поэтому общий баланс озона в стратосфере регулируется сложным комплексом процессов, в которых значительными являются около 100 химических и фотохимических реакций. С учетом сложившегося в настоящее время газового состава стратосферы в порядке оценки можно говорить, что около 70 % озона разрушается по азотному циклу, 17 – по кислородному, 10 – по водородному, около 2 – по хлорному и другим и около 1,2 % поступает в тропосферу.

В этом балансе азот, хлор, кислород, водород и другие компоненты участвуют как бы в виде катализаторов, не меняя своего «содержания», поэтому процессы, приводящие к их накоплению в стратосфере или удалению из нее, существенно сказываются на содержании озона. В связи с этим попадание в верхние слои атмосферы даже относительно небольших количеств таких веществ может устойчиво и долгосрочно влиять на установившийся баланс, связанный с образованием и разрушением озона.

Нарушить экологический баланс, как показывает жизнь, совсем несложно. Неизмеримо сложнее восстановить его. Озоноразрушающие вещества на редкость стойки. Различные виды фреонов, попав в атмосферу, могут существовать в ней и творить свое разрушительное дело от 75 до 100 лет.

Малозаметные поначалу, но накапливающиеся изменения озонового слоя привели к тому, что в Северном полушарии в зоне от 30 до 64-го градуса северной широты с 1970 г. общее содержание озона сократилось на 4 % зимой и на 1 % летом. Над Антарктидой – а именно здесь впервые была обнаружена «пробоина» в озоновом слое – каждую полярную весну открывается огромная «дыра», с каждым годом все увеличивающаяся. Если в 1990–1991 гг. размеры озоновой «дыры» не превышали 10,1 млн. км², то в конце 90-х годов, как сообщает бюллетень Всемирной метеорологической организации (ВМО), ее площадь уже составляла 22 млн. км². Эта площадь в 2 раза больше площади Европы. Количество озона над шестым континентом было в половину ниже нормативного.

Более 40 лет ВМО наблюдает за озоновым слоем над Антарктидой. Феномен регулярного образования «дыр» именно над ней и Арктикой объясняется тем, что озон особенно легко уничтожается при низких температурах.

Впервые беспрецедентная по своим масштабам озоновая аномалия в Северном полушарии, «накрывшая» гигантскую площадь от побережья Ледовитого океана до Крыма, была зафиксирована в 1994 г. Озоновый слой угасал на 10–15%, а в отдельные месяцы – на 20–30%. Однако даже эта – исключительная картина не говорила о том, что вот–вот грянет еще более масштабная катастрофа.

Если составить хронологию озоновых потрясений, то вырисовывается довольно мрачный сюжет. В 1985 г. над Антарктидой исчезла почти половина озонового слоя, при этом появилась «дыра», которая через два года расплзлась на десятки миллионов квадратных километров и вышла за пределы шестого континента. С 1986 г. истощение озона не только продолжалось, но и резко усиливалось – он улетучивался в 2–3 раза быстрее, чем прогнозировали ученые. В 1992 г. озоновый слой уменьшился не только над Антарктидой, но и над другими районами планеты. В 1994 г. была зарегистрирована гигантская аномалия, захватившая территории Западной и Восточной Европы, Северной Азии и Северной Америки.

Если вникнуть в эту динамику, то складывается впечатление, что атмосферная система действительно вышла из равновесия и неизвестно, когда стабилизируется. Возможно, озоновые метаморфозы в какой–то мере есть отражение длительных циклических процессов, о которых мы мало что знаем. Для объяснения нынешних озоновых пульсаций нам не хватает данных. Быть может, они естественного происхождения, и, возможно, со временем все утрясется.

Многие страны мира разрабатывают и осуществляют мероприятия по выполнению Венских конвенций об охране озонового слоя и Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой.

Согласно международным соглашениям промышленно развитые страны полностью прекращают производство фреонов и тетрахлорида углерода, которые также разрушают озон.

Вторым этапом должен стать запрет на производство метилбромидов и гидрофреонов. Уровень производства первых в промышленно развитых странах с 1996 г. заморожен, гидрофреоны полностью снимаются с производства к 2030 г. Однако развива-

ющиеся страны до сих пор не взяли на себя обязательств по контролю над этими химическими субстанциями.

Восстановить озоновый слой над Антарктидой при помощи запуска специальных воздушных шаров с установками для производства озона надеется английская группа защитников окружающей среды, которая называется «Помогите озону». Один из авторов этого проекта заявил, что озонаторы, работающие от солнечных батарей, будут установлены на сотнях шаров, наполненных водородом или гелием.

Несколько лет назад была разработана технология замены фреона специально подготовленным пропаном. Ныне промышленность уже на треть сократила выпуск аэрозолей с использованием фреонов. В странах ЕЭС намечено полное прекращение использования фреонов на заводах бытовой химии и т.д.

Разрушение озонового слоя – один из факторов, вызывающих глобальное изменение климата на нашей планете. Последствия этого явления, названного «парниковым эффектом», крайне сложно прогнозировать. А ведь ученые с тревогой говорят и о возможности изменения количества осадков, перераспределении их между зимой и летом, о перспективе превращения плодородных регионов в засушливые пустыни, повышении уровня Мирового океана в результате таяния полярных льдов.

Последствия разрушения озонового слоя можно проиллюстрировать примерами. Так, 1 %-ное сокращение озонового слоя вызывает 4 %-ный скачок в распространении рака кожи. Вызывая рак кожи и ее старение, ультрафиолетовые лучи одновременно подавляют иммунную систему, что приводит к возникновению инфекционных, вирусных, паразитарных и других заболеваний, к которым относятся корь, ветряная оспа, малярия, лишай, туберкулез, проказа и др. Десятки миллионов жителей планеты полностью или частично потеряли зрение из-за катаракты – болезни, которая возникает в результате повышенной солнечной радиации.

Рост губительного воздействия ультрафиолетового излучения вызывает деградацию экосистем и генофонда флоры и фауны, снижает урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность Мирового океана.

К ультрафиолетовым лучам очень чувствительны хвойные деревья и злаки, овощи, бахчевые культуры, сахарный тростник и бобовые. Данные экспериментов свидетельствуют о том, что рост некоторых растений сдерживается существующим уровнем радиации.

Контрольные вопросы

1. Состав атмосферного воздуха. 2. Состояние качества атмосферного воздуха в современных условиях. 2. Трансграничное загрязнение атмосферного воздуха на территории России. 3. Фоновое загрязнение атмосферного воздуха в зональных условиях России. 4. Причины образования кислотных атмосферных осадков. 5. Основные источники загрязнения атмосферы на территории России. 6. Перечислите основные способы очистки газовых выбросов в атмосферу. 7. Правовые основы охраны атмосферного воздуха. 8. Характеристика озонового слоя Земли, значение, разрушение и его охрана.

3 ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ОХРАНА ВОД

3.1 Гидросфера как природная система

Гидросфера – это прерывистая водная оболочка Земли, совокупность океанов, морей, континентальных вод (включая подземные) и ледяных покровов. Моря и океаны занимают около 71 % земной поверхности, в них сосредоточено около $1,4 \cdot 10^9$ км³ воды, что составляет 96,5 % всего объема гидросферы. Суммарная площадь всех водоемов суши составляет менее 3 % ее площади. На долю ледников приходится 1,6 % запасов воды в гидросфере, а их площадь составляет около 10 % площади континентов.

Важнейшее свойство гидросферы – единство всех видов природных вод (Мирового океана, вод суши, водяного пара в атмосфере, подземных вод), которое проявляется в процессе круговорота воды в природе. Движущими силами этого глобального процесса служат поступающая на поверхность Земли тепловая энергия Солнца и сила тяжести, обеспечивающие перемещение и возобновление природных вод всех видов.

Под воздействием тепловой энергии Солнца с поверхности Мирового океана и континентов ежегодно испаряются 577 км³ воды (слой 1130 мм), перемещаемой вместе с воздушными массами. Часть воды возвращается в Мировой океан в виде выпадающих атмосферных осадков, формирующих звено малого круговорота воды в природе. Другая часть также в виде атмосферных осадков перемещается воздушными течениями на континенты, образуя звено большого круговорота воды в природе, в котором участвуют испарение с поверхности суши и атмосферные осадки, а также речной сток, частично возвращающийся в Мировой океан. Большой и малый круговороты воды в природе обеспечивают единство всех видов воды в гидросфере. Большую часть поверхности суши (около 78 %) составляют периферийные области, сообщающиеся с Мировым океаном, а 22 % приходится на долю областей внутреннего замкнутого стока, влага которых попадает в Мировой океан в общем потоке атмосферного водяного пара.

Испарение с поверхности Мирового океана и с земной поверхности является начальным звеном круговорота воды в при-

роде, обеспечивающим не только возобновление наиболее ценного его компонента – пресных вод суши, но и их высокое качество. Показателем активности водообмена природных вод служит большая скорость их возобновления, хотя различные природные воды возобновляются (замещаются) с неодинаковой скоростью. Наиболее мобильный агент гидросферы – речные воды, период возобновления которых составляет 10–14 суток.

Вода выступает в качестве одного из важнейших экзогенных факторов, видоизменявших лик земной поверхности. Теплоемкость воды в 3300 раз больше теплоемкости воздуха. Поглощая огромное количество тепловой энергии и медленно ее отдавая, вода служит регулятором климатических процессов глобального масштаба.

Одним из основных свойств воды как компонента эколого–географической среды является ее незаменимость. Из многочисленных видов минерально–сырьевых ресурсов большинство взаимозаменяемо. В топливно–энергетическом цикле каменный уголь заменяется нефтью, нефть – газом, многие виды цветных металлов также в ряде случаев взаимозаменяемы, например, никель – хромом, медь – алюминием и т.д.

Для того чтобы показать роль гидросферы относительно других оболочек Земли, приведем балансовые оценки их массы (г): литосфера – $5,98 \cdot 10^{27}$, гидросфера – $1,4 \cdot 10^{24}$, атмосфера – $5,2 \cdot 10^{21}$, биосфера – $1,5 \cdot 10^{17}$. Различные сферы Земли обладают неодинаковой массой. При этом масса литосферы, включающая в себя вещество горных пород земной коры и верхнюю часть мантии, значительно превосходит массу гидросферы, атмосферы и биосферы.

Из приведенных данных следует, что атмосфера и тесно связанная с ней гидросфера составляют по массе незначительную часть нашей планеты. Однако их роль в развитии жизни на Земле и в деятельности человеческого общества чрезвычайно велика. Наличие гидросферы, атмосферы и биосферы – особенность нашей планеты, отличающая ее от других планет Солнечной системы. Гидросфера является важнейшим свидетельством термической эволюции Земли, поскольку вода может находиться в трех различных состояниях – жидком, твердом и газообразном. Запасы воды в земной коре мощностью до 35 км, не участвующие в кру-

говороте, по современным оценкам, составляют около 1 млрд. км³. Преобладающая часть гидросферных вод сосредоточена в Мировом океане, который является основным замыкающим звеном круговорота воды в природе. Он отдает большую часть испаряющейся влаги в атмосферу. Водные организмы, населяющие поверхностный слой Мирового океана, обеспечивают возврат в атмосферу значительной части свободного кислорода планеты.

Различные части гидросферы связаны друг с другом процессом круговорота воды в природе, однако скорость их природного возобновления неодинакова. Основная масса гидросферы сосредоточена в океанах и морях ($1,35 \cdot 10^9$ км³). Мировой океан является замыкающим звеном круговорота воды в природе. Его огромный объем свидетельствует о неисчерпаемости водных ресурсов планеты. Кроме того, Мировой океан является коллектором речных вод суши, ежегодно принимая около 39 тыс. км³ воды. Наметившееся в отдельных районах загрязнение Мирового океана грозит нарушить естественный процесс влагооборота в его наиболее ответственном звене – испарении с поверхности океана. Основная часть вековых запасов пресных вод суши ($29 \cdot 10^6$ км³) сконцентрирована в ледниковых покровах Антарктиды и Гренландии, которые рассматриваются в качестве реликтов последнего оледенения. Подземные воды суши по своему объему в гидросфере занимают третье место ($9,5 \cdot 10^6$ км³), однако в активный водообмен вовлечена относительно небольшая их часть.

Наиболее интенсивному антропогенному воздействию подвергаются пресные поверхностные воды суши (реки, озера, болота, почвенные и грунтовые воды). Хотя их доля в общей массе гидросферы невелика (менее 0,4 %), высокая активность водообмена многократно увеличивает их запасы. Под активностью водообмена понимается скорость возобновления отдельных водных ресурсов гидросферы, которая выражается числом лет (или суток), необходимых для полного возобновления водных ресурсов. Для различных компонентов гидросферы активность водообмена меняется в весьма широких пределах. По данным М. И. Львовича (1986 г.), для Мирового океана она составляет 3000 лет, для подземных вод – 5000 (в том числе зоны активного водообмена – 300 лет), для полярных ледников – 8000 лет.

Особенно интенсивно используются речные воды. Несмотря на то, что в руслах рек содержится всего 1200 км^3 воды, высокая активность водообмена речных вод (один раз в 11–14 дней) умножает их ресурсы. К этому следует добавить ежегодно возобновляемый полезный объем водохранилищ мира, оцениваемый в 3200 км^3 . Еще большая активность водообмена присуща запасам влаги в атмосфере, которые обновляются каждые 8–10 дней (36–38 раз в году). Благодаря этому 25–миллиметровый слой водяного пара в атмосфере обеспечивает не только физиологические потребности человека, но и нормальное функционирование многочисленных экосистем на Земле.

Исходя из многолетних наблюдений среднегодовой суммарный сток рек Российской Федерации составляет 4270 км^3 , в том числе из сопредельных территорий в Россию поступают 230 км^3 .

На бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов приходится 90% общего годового объема речного стока. Российская Федерация в целом богата ресурсами пресной воды – в расчете на одного жителя приходится $28500 \text{ м}^3/\text{год}$. Однако распределение речного стока по территории крайне неравномерно и не соответствует численности населения и размещению промышленных предприятий. Так, водообеспеченность на 1 км^2 территории колеблется от 125 тыс. м^3 в Центрально–черноземном районе до 576,5 – в Волго–Вятском, а на одного жителя – от 2700 м^3 в Центрально–Черноземном до 90600 – в Северном. Недостаточно обеспечены собственными водными ресурсами Астраханская, Белгородская, Воронежская, Липецкая, Курская и Ростовская области, Калмыкия и некоторые другие регионы.

Общая относительно благополучная ситуация с водными ресурсами объясняется в основном наступлением повышенной фазы водности на многих реках Российской Федерации и поэтому не дает никаких оснований принижать серьезность водной проблемы. Под влиянием хозяйственной деятельности продолжалось прогрессирующее снижение водных ресурсов южных рек страны. К настоящему времени уменьшение ежегодного стока крупных южных рек России под влиянием антропогенных факторов в среднем составляет от 10% (р. Волга) до 25–40 % (реки Дон, Кубань, Сулак, Терек).

Процесс интенсивной деградации малых рек России продолжается, поскольку антропогенная нагрузка на них особенно резко возросла у последние 10–15 лет. В этот период помимо снижения их стока происходили деградация русел и активное заиливание. Наиболее интенсивные процессы наблюдались в лесостепной и степной зонах (Калмыкия, Татарстан, Белгородская, Воронежская, Саратовская и Волгоградская области), в промышленных районах Урала (Пермский край, Свердловская, Челябинская области и Башкортостан) и вблизи крупнейших промышленных центров (Москва, Санкт–Петербург, Екатеринбург, Кемерово и др.).

3.2 Загрязнение поверхностных вод

Качество воды большинства водных объектов не отвечает нормативным требованиям. Многолетние наблюдения за динамикой качества поверхностных вод обнаруживают тенденцию увеличения числа створов с высоким уровнем загрязненности воды (более 10 ПДК) и числа случаев экстремально высокого содержания (свыше 100 ПДК) загрязняющих веществ в водных объектах.

Состояние водных источников (поверхностных и подземных) и систем централизованного водоснабжения не может гарантировать требуемого качества питьевой воды, а в ряде регионов (низовья Волги, Южный Урал, Кузбасс, некоторые территории Севера) это состояние достигло опасного уровня для здоровья населения.

Около 1/3 всей массы загрязняющих веществ вносится в водоисточники с поверхностным и ливневым стоками с территорий санитарно неблагоустроенных населенных мест, сельскохозяйственных объектов и угодий, что влияет на сезонное, в период весеннего паводка, ухудшение качества питьевой воды, ежегодно отмечаемое в крупных городах, в том числе в Москве. В связи с этим проводится гиперхлорирование питьевой воды, что, однако небезопасно для здоровья населения в связи с образованием хлорорганических соединений.

Наиболее распространенными загрязняющими веществами поверхностных вод России остаются нефтепродукты, фенолы, легкоокисляемые органические вещества, соединения металлов,

аммонийный и нитритный азот. Во многих водоемах зарегистрированы повышенные концентрации специфических загрязняющих веществ: лигнина, ксантогенатов, формальдегида и др. Основным источником этих загрязнений являются сточные воды различных производств, предприятий сельского и коммунального хозяйства, поверхностный сток. Существенное влияние на содержание загрязняющих веществ в поверхностных водах оказывают вторичные процессы.

Из-за нестабильной работы большинства предприятий, их тяжелого финансового положения, а также неудовлетворительного бюджетного финансирования выполнение водоохраных мероприятий в стране ведется крайне низкими темпами.

Основные реки – Волга, Дон, Кубань, Обь, Енисей, Лена, Печора – оцениваются как «загрязненные», и крупные притоки – Ока, Кама, Томь, Иртыш, Тобол, Миасс, Исеть, Тура – как «сильно загрязненные». К этой же категории относится и Урал. Неблагополучно состояние малых рек, особенно в зонах крупных промышленных центров, из-за поступления в них с поверхностным стоком и сточными водами больших количеств загрязняющих веществ. Значительный ущерб малым рекам наносится в сельской местности из-за нарушения режима хозяйственной деятельности в водоохраных зонах и попадания в водотоки органических и минеральных загрязнений, а также смыва почвы в результате водной эрозии.

Из общего объема сточных вод 62,1 км³ около 40 % отнесены к категории «загрязненных», из которых 51 % сброшены предприятиями коммунального хозяйства и 35 % – промышленными предприятиями.

Годовая масса сброса основных загрязняющих веществ (нефтепродукты, взвешенные вещества, фосфор, фенол, СПАВ, соединения меди, железа и цинка) составляет 784 тыс. т, что приводит к увеличению степени загрязненности поверхностных вод.

Основная часть дренажных вод с орошаемых земель загрязнена соединениями азота, фосфора и пестицидами.

В водах рек России концентрация радионуклидов в последние годы остается на одном и том же уровне.

Качество питьевой воды, подаваемой населению, практически не улучшается. Около 22–23 % исследованных проб не отве-

чает гигиеническим требованиям, из них 12–13 % – по микробиологическим показателям.

Около 1/3 населения используют для питья воду из децентрализованных источников. Анализ воды таких источников показал, что 28 % проб из числа исследованных не отвечают гигиеническим требованиям по санитарно–химическим, а 29,4 % – по бактериологическим показателям. В целом около 50 % населения России использует для питья воду, не соответствующую гигиеническим требованиям по различным показателям качества.

Особенно тяжелое положение сложилось в Архангельской, Калининградской, Калужской, Курской, Томской и Ярославской областях, Приморском крае, Дагестане, Калмыкии и Карачаево–Черкессии.

Тревожным является тот факт, что около 21 % коммунальных и около 20 % ведомственных водопроводов подают населению воду без обеззараживания из–за отсутствия специальных установок. Это создает благоприятные условия для возникновения эпидемий.

В Калининградской, Калужской, Курской, Саратовской, Смоленской и Читинской областях от 31 до 64 % источников питьевого водоснабжения не имеют зон санитарной охраны.

Огромное количество загрязняющих веществ вносится в поверхностные воды со сточными водами предприятий черной и цветной металлургии, химической, нефтехимической, нефтяной, газовой, угольной, лесной и целлюлозно–бумажной промышленности, предприятий сельского и коммунального хозяйства, поверхностным стоком с прилегающих территорий. Существенное влияние на содержание биогенных и органических веществ оказывают сельскохозяйственные угодья, а также пастбища и животноводческие фермы.

Современный уровень очистки сточных вод таков, что даже в водах, прошедших биологическую очистку, содержание нитратов и фосфатов достаточно для интенсивного эвтрофирования водоемов.

Во многих водных объектах концентрации загрязняющих веществ превышают ПДК, установленные санитарными и рыбоохранными правилами. Результаты анализа проб, взятых в поверхностных водах, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Количество сброшенных со сточными водами продуктов, загрязняющих водные объекты

Загрязнители	Доля проб воды, загрязненной выше ПДК, %	Масса сброшенных загрязняющих продуктов, тыс. т
Нефтепродукты	40–45	30,3
Органические вещества	30–35	–
Взвешенные вещества	–	1203,0
Фенолы	45–60	0,3
Анион–активные детергенты (СПАВ)	6–8	11,0
Аммонийный азот	25–40	190,7
Соединения:		
меди	70–75	0,8
цинка	30–35	2,1
железа	–	49,2

Примечание. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязнения поверхностных вод приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Предельно допустимые концентрации некоторых веществ в водоемах для общественного и бытового использования, мг/л

Вещество	ПДК	Вещество	ПДК
Аммиачная селитра	2,0	Ионы нитратов	10,0
Аммиак	0,390	Ионы нитритов	1,0
Анилин	0,10	Селитряной азот	0,020
Бензапирен	0,000005	Ртуть	0,0005
ДДТ	0,10	Свинец	0,030
Сера	0,001	Ионы сульфатов	500,0
Ксантогеновые соединения	0,001	СПАВ (анионы)	0,50
Кадмий	0,010	Фенолы	0,001
Лигнин	1,60	Хром (шестивалентный)	0,050
Марганец	0,010	Цинк	0,010
Медь	1,0	Циклогексан	0,10
Никель	0,10		

3.3 Загрязнение подземных вод

Загрязнению подвергаются не только поверхностные, но и подземные воды. Ухудшение качества подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения, отмечено в 60 городах. В целом состояние подземных вод оценивается как критическое и имеет опасную тенденцию дальнейшего ухудшения.

В России для хозяйственно–питьевого, производственно–технического водоснабжения и орошения земель разведано 3196 месторождений подземных вод и их участков, эксплуатационные запасы которых составляют 26,7 км³/год. Из этого количества около 18,2 км³/год подготовлено для промышленного освоения. Степень освоения запасов в среднем по стране не превышает 33 %. Ежегодно используется около 12 км³ подземных вод, в том числе на хозяйственно–питьевое водоснабжение – 75 %, на производственно–технические цели – 21, на орошение земель и обводнение пастбищ – 4 %.

Подземные воды (особенно верхних, неглубоко залегающих горизонтов) вслед за другими элементами окружающей среды испытывают загрязняющее воздействие хозяйственной деятельности человека. По данным производственных геологических организаций Роскомнедра, выявлено около 760 очагов загрязнения подземных вод, где оно носит устойчивый характер и наблюдается на протяжении ряда лет. В число загрязненных объектов входят 70 питьевых водозаборов, в том числе в Каменск–Шахтинском, Орле, Тамбове, Туле, Уфе и других городах, где отмечено ухудшение качества воды. На 320 объектах загрязнение связано с деятельностью предприятий.

Подземные воды страдают от загрязнений нефтяных промыслов, предприятий горнодобывающей промышленности, полей фильтрации, шламонакопителей и отвалов металлургических заводов, хранилищ химических отходов и удобрений, свалок, животноводческих комплексов, неканализированных населенных пунктов.

Ухудшение качества воды происходит в результате подтягивания некондиционных природных вод при нарушении режима эксплуатации водозаборов. Площади очагов загрязнения подземных вод достигают сотен квадратных километров.

Из загрязняющих подземные воды веществ преобладают: нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы (медь, цинк, свинец, кадмий, никель, ртуть), сульфаты, хлориды, соединения азота. Для 30 % выявленных участков загрязнения подземных вод интенсивность загрязнения изменяется в пределах 1–100 ПДК, для 12 % превышает 100 ПДК по тому или иному веществу.

Перечень веществ, контролируемых в подземных водах, не регламентирован, поэтому нельзя составить точную картину о загрязнении подземных вод.

3.4 Методы очистки вод

Очистка сточных вод от крупных твердых веществ производится на сетках и решетках, от мелких частиц – в гидроциклонах. Для очистки тонких твердых веществ сточные воды пропускают через фильтры. Для очистки от мелких частиц нефтепродуктов применяют коагулянты, образующие хлопья, к которым прилипают эти частицы (сорбция). Затем хлопья удаляют в отстойниках или флотаторах с помощью воздушных пузырьков, подхватывающих эти хлопья и выносящих их на поверхность. В качестве коагулянтов используют сульфаты алюминия и железа.

Пароциркуляционный метод применяется для очистки загрязненных фенолами сточных вод, которые превращаются в пар, проходящий через раствор щелочи. Выходными веществами являются чистый пар и нелетучий фенолят в растворе, удаляемый углекислотой.

Абсорбционный метод заключается в поглощении загрязняющих веществ в небольших количествах – до 0,2 % активированным углем с последующим удалением отгонкой паром.

Биологический метод состоит в очистке от органических веществ в бассейнах, продуваемых воздухом, и образовании массы микроорганизмов, обрабатывающих загрязнения в активный ил.

Физико–химические методы очистки заключаются в экстрагировании органических веществ с применением органических растворителей. Бутилацетат и диизопропиловый эфир в десятки раз лучше растворяют фенол.

3.5 Охрана водных ресурсов

В «Основах водного законодательства» содержатся обязательные для министерств, ведомств, государственных органов, предприятий, учреждений, организаций и граждан наиболее общие положения о порядке использования и охраны рек, озер, морей, водохранилищ и других поверхностных и подземных водных объектов. Все законодательные нормы, вступающие в противоречие с этим документом, подлежат отмене, поскольку он обладает высшей юридической силой. Поэтому новые акты водного законодательства должны разрабатываться в полном соответствии с «Основами водного законодательства».

К задачам водного законодательства относятся: регулирование водных отношений с целью обеспечения рационального использования вод для нужд населения и народного хозяйства; охрана вод от загрязнения, засорения и истощения; предупреждение и ликвидация вредного воздействия вод; улучшение состояния водных объектов; охрана прав предприятий, организаций, учреждений и граждан; укрепление законности в области водных отношений.

В «Основах» закреплён принцип первоочередного удовлетворения хозяйственно-питьевых потребностей населения. Этот принцип означает, что промышленный, сельскохозяйственный или какой-либо другой вид эксплуатации водных объектов не должен препятствовать хозяйственно-питьевому водоснабжению населения.

Борьба против загрязнения, засорения и истощения вод должна проводиться всеми доступными в современных условиях мерами и средствами, путем осуществления предупредительных мер по охране вод и ликвидации существующих причин их загрязнения, засорения и истощения. Запрещено вводить в эксплуатацию предприятия, цехи, агрегаты, коммунальные и другие объекты, если они не обеспечены устройствами, предотвращающими загрязнение вод. Предприятия, организации и учреждения не должны допускать загрязнения и засорения поверхности водосборов, ледяного покрова водоемов и поверхности ледников производственными, бытовыми и другими отходами и отбросами. Управления государственных водохозяйственных систем, колхо-

зы, фермерские хозяйства, предприятия, организации и учреждения обязаны предотвращать загрязнение вод удобрениями и ядохимикатами

Все промышленные предприятия, использующие воду, обязаны принимать меры к уменьшению ее расхода и прекращению сброса сточных вод путем совершенствования технологии производства и схем водоснабжения, развивать безводные технологические процессы, заменять водяное охлаждение воздушным, внедрять оборотное водоснабжение и другие технические приемы, исключая сброс сточных вод. Должны быть созданы технически совершенные очистные сооружениями устройства, обеспечивающие надлежащую очистку сточных вод от загрязняющих веществ. Сброс сточных вод допускается только с разрешения органов по регулированию использования вод и охране их и при условии, что он не приведет к увеличению содержания в водном бассейне загрязняющих веществ свыше установленных норм.

Значительное место в «Основах водного законодательства» уделено вопросам государственного учета и планирования потребления вод. Первоочередной задачей учета вод является установление имеющегося количества и качества, а также данных об использовании вод для нужд населения и народного хозяйства. С этой целью введена ежегодная статистическая отчетность, которая позволяет судить не только о количестве забранной из источников воды, но и об объемах затраченной на разные цели воды, а также иметь данные о количестве вредных веществ, вносимых в водоемы сточными водами.

Все эти материалы необходимы для научно обоснованного планирования потребления воды и ее правильного распределения по потребителям, а также для разработки новых водохозяйственных и водоохраных мероприятий. При планировании учитывают также данные Государственного водного кадастра, включающего количественную и качественную характеристики водных ресурсов, регистрацию водопользования и сведения об учете использования вод в водохозяйственных балансах, составляемых по бассейнам рек и экономическим районам. При этом четко должна действовать единая система Государственного водного кадастра.

Важнейшей составной частью современного «водно–санитарного законодательства» являются предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов.

Соблюдение этих нормативов обеспечивает безопасность населения создает благоприятные условия для санитарно–бытового водопользования. Они являются критерием эффективности различных мероприятий по охране водоемов от загрязнения. В настоящее время ПДК установлены для более чем 1300 веществ.

Водоемы (реки, ручьи, водохранилища, озера, пруды, искусственные каналы) используются для хозяйственно–питьевого водоснабжения, культурно–бытовых нужд населения и рыбохозяйственных целей.

Водоемы и водотоки (водные объекты) считаются загрязненными, если показатели состава и свойств воды в них изменились под прямым или косвенным влиянием производственной деятельности и бытового использования населением и стали частично или полностью непригодными для одного из видов водопользования.

Критерием загрязненности воды является ухудшение ее качества вследствие изменения органолептических свойств и явления веществ, вредных для человека, животных, птиц, рыб, кормовых и промысловых организмов, а также вида водопользования и повышения температуры воды, изменяющей условия для нормальной жизнедеятельности водных организмов. Пригодность состава и свойств поверхностных вод, используемых для хозяйственно–питьевого водоснабжения, культурно–бытовых нужд населения и рыбохозяйственных целей, определяется их соответствием требованиям и нормативам.

В случае одновременного использования водного объекта или его участка для различных нужд народного хозяйства при определении условий сброса сточных вод следует исходить из более жестких требований в ряду одноименных нормативов качества поверхностных вод.

Нормативы состава и свойств воды водных объектов, которые должны быть обеспечены при спуске в них сточных вод, устанавливаются применительно к отдельным его категориям, чтобы исключить возможность ограничения или нарушения нор-

мальных условий хозяйственно–питьевого и культурно–бытового водопользования.

Различают две категории водопользования. К первой относится использование водного объекта в качестве источника централизованного или нецентрализованного хозяйственно–питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности; ко второй – использование водного объекта для купания, спорта и отдыха населения, а также использование водных объектов в черте населенных пунктов.

Ближайшие к месту спуска сточных вод пункты водопользования первой и второй категорий определяются органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической службы с обязательным учетом официальных данных и перспектив использования водного объекта для питьевого водоснабжения и культурно–бытовых нужд населения.

Состав и свойства воды водных объектов должны соответствовать требованиям в створе, расположенном на водотоках на расстоянии 1 км выше ближайших по течению пунктов водопользования (водозабор для хозяйственно–питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территории населенного пункта и т.п.), а на непроточных водоемах и водохранилищах – на расстоянии 1 км в обе стороны от пункта водопользования.

Состав и свойства водоема или водотока в пунктах питьевого и культурно–бытового водопользования ни по одному из показателей не должны отклоняться от нормативов.

В водные объекты запрещается сбрасывать:

- сточные воды, содержащие вещества или продукты трансформации веществ в воде, для которых не установлены ПДК или ориентированный допустимый уровень (ОДУ), а также вещества, для которых отсутствуют методы аналитического контроля;

- сточные воды, которые могут быть устранены путем организации бессточного производства, рациональной технологии, максимального использования в системах оборотного и повторного водоснабжения после соответствующей очистки и обеззараживания в промышленности, городском хозяйстве и для орошения в сельском хозяйстве;

- неочищенные или недостаточно очищенные производственные, хозяйственно–бытовые сточные воды и поверхностный сток с территорий промышленных площадок и населенных мест;
- сточные воды, содержащие возбудителей инфекционных заболеваний; опасные в эпидемическом отношении сточные воды могут сбрасываться в водные объекты только после соответствующей очистки и обеззараживания.

Сброс, удаление и обезвреживание сточных вод, содержащих радионуклиды, должны осуществляться в соответствии с действующими нормами радиационной безопасности. Запрещается сброс в водные объекты, на поверхность ледяного покрова и водосбора пульпы концентрированных кубовых остатков, образующихся в результате обезвреживания сточных вод, в том числе содержащих радионуклиды, а также других технологических и бытовых отходов.

Утечки в водные объекты от нефте- и продуктопроводов, нефтепромыслов, а также сброс мусора, неочищенных сточных, подсланцевых и баластных вод, утечки других веществ с плавучих средств водного транспорта не допускаются.

Загрязнение поверхностных вод при проведении строительных, дноуглубительных и взрывных работ, при добыче полезных ископаемых, прокладке кабелей, трубопроводов и других коммуникаций, при проведении сельскохозяйственных и других работ, включая все виды гидротехнического строительства на водных объектах и в водохранных зонах, также не допускается.

На водных объектах, используемых преимущественно для водоснабжения населения, запрещается молевой сплав леса, а также сплав древесины в пучках и кошелях без судовой тяги.

Сброс сточных вод в водные объекты, используемые для водо- и грязелечения, а также в водные объекты, находящиеся в пределах округов санитарной охраны курортов, запрещается.

Вышеизложенные требования распространяются:

- на существующие выпуски всех видов производственных, в том числе животноводческих, хозяйственно-бытовых сточных вод и поверхностного стока с территорий населенных мест и производственных объектов, сточных вод отдельно стоящих жилых и общественных зданий, коммунальных, лечебно-профилактических, транспортных, сельскохозяйственных объ-

ектов, промышленных предприятий, шахтных и рудничных вод, сбросных вод систем водяного охлаждения, гидрозолоудаления, нефтедобычи, гидровскрышных работ, сбросных и дренажных вод с орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных территорий, в том числе обрабатываемых ядохимикатами, и других сточных вод любых объектов, независимо от их ведомственной принадлежности;

- на все проектируемые выпуски сточных вод вновь строящихся, реконструируемых и расширяемых предприятий, зданий и сооружений, а также предприятий, на которых изменяется технология производства; сточных вод канализации населенных мест и отдельно стоящих объектов, независимо от их ведомственной принадлежности.

Сброс сточных вод в водные объекты в черте населенных пунктов запрещается.

Контрольные вопросы

1. Значение гидросфера как природной системы. 2. Перечислите источники загрязнения поверхностных вод. 3. Проблемы оценки загрязнения подземных вод. 4. Назовите и охарактеризуйте методы очистки сточных вод. 5. Правовые основы охраны водных ресурсов.

4 ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

4.1 Состояние земельных ресурсов в России

Почвенный покров – важнейшее природное образование. Его роль в жизни общества определяется тем, что почва представляет собой источник продовольствия, обеспечивающий 95–97 % продовольственных ресурсов для населения планеты.

Особое свойство почвенного покрова – его плодородие, под которым понимается совокупность свойств почвы, обеспечивающих урожай сельскохозяйственных культур. Естественное плодородие почвы связано с запасом питательных веществ в ней и ее водным, воздушным и тепловым режимами. Почва обеспечивает потребность растений в водном и азотном питании, являясь важнейшим агентом их фотосинтезирующей деятельности. Плодородие почвы зависит также от величины аккумулированной в ней солнечной энергии. Растительность аккумулирует ежегодно большое количество солнечной энергии в ходе фотосинтеза и создания биомассы, трансформируясь в $n \cdot 10^{10}$ т органического вещества. Большая часть синтезированного органического вещества вследствие его разложения возвращается в почву и воду. Потребление фитомассы человеком оценивается величиной порядка $3,6 \cdot 10^{18}$ т.

Почвенный покров принадлежит к саморегулирующейся биологической системе, являющейся важнейшей частью биосферы в целом. Живые организмы, растения и животные населяющие Землю, фиксируют солнечную энергию в форме фито- или зоомассы.

Продуктивность наземных экосистем зависит от теплового и водного балансов земной поверхности, которые определяют многообразие форм обмена энергией и веществом в пределах географической оболочки планеты.

Площадь земельных ресурсов мира составляет 129 млн. км², или 86,5 % площади суши. Под пашней и многолетними насаждениями в составе сельскохозяйственных угодий занято около 15 млн. км² (10% суши), под сенокосами и пастбищами

– 37,4 млн. км² (25%). Общая площадь пахотнопригодных земель оценивается различными исследователями по-разному: от 25 до 32 млн. км².

Земельные ресурсы планеты позволяют обеспечивать продуктами питания больше населения, чем имеется в настоящее время и будет в ближайшем будущем. Вместе с тем, в связи с ростом населения, особенно в развивающихся странах, количество пашни на душу населения сокращается. Еще 10–15 лет назад душевая обеспеченность пашней населения Земли составляла 0,45–0,50 га, в настоящее время она составляет уже 0,35–0,37 га. Душевая обеспеченность пахотными угодьями меняется в широких пределах. Для Канады она составляет 1,4 га, США – 0,63, ФРГ – 0,15, Японии – 0,04 га. В настоящее время в России на душу населения приходится 0,82 га пашни, что значительно превышает мировой показатель.

Земельный фонд России составляет 1709, 8 млн. га, в том числе (млн. га, в скобках – %):

- земли сельскохозяйственных предприятий и граждан – 651 (38,1);
- земли населенных пунктов – 6,2 (0,4);
- земли промышленности, транспорта, связи и иного не-сельскохозяйственного назначения – 17,7 (1,0);
- земли природно-заповедного фонда – 20,7 (1,4);
- земли лесного фонда – 878,1 (51,2);
- земли водного фонда – 18,1 (1,0);
- запасные земли – 117,8 (6,9).

За последние 30 лет площадь сельскохозяйственных угодий сократилась на 12,2 млн. га, пашни – на 2,4 млн. га, сенокосов – на 10,5 млн. га. Причинами такого сокращения являются нарушение и деградация почвенного покрова, отвод земель под застройку городов, поселков и промышленных предприятий.

Фонд черноземных почв России занимает около 120 млн. га, что составляет лишь около 7 % общей площади. Однако на ней размещается более половины всех пахотных земель, которые производят около 80 % всей земледельческой продукции.

Площадь эрозийно опасных и подверженных эрозии сельскохозяйственных угодий составляет 124 млн. га (56 %), из них

на долю пахотных земель приходится 87,3 млн. га. По данным государственного учета, общая площадь оврагов составляет 2,6 млн. га, кроме того, 26,2 млн. га (20,4 %) пашни расположено на смытых почвах, 2,1 млн. га (1,7%) земель подвержено совместному воздействию водной и ветровой эрозии, 7,9 млн. га (6,1 %) – дефляции, всего же дефляционно опасными землями считаются 44 млн. га (32,2 %). Площади эродированных черноземов постоянно возрастают. За последние 10–15 лет они увеличивались в среднем на 250–300 тыс. га в год. На многих расчлененных территориях с черноземными почвами 50 % и более распаханых земель эродированы. Ежегодно около 15–20 тыс. га черноземов теряется в результате образования оврагов.

Рассматривая проблему качества почв, следует отметить, что на больших площадях продуктивность почв снижается из-за уменьшения содержания гумуса. Только за последние 20 лет запасы гумуса сократились на 25–30 %, а ежегодные потери в целом по РФ составляют 81,4 млн. т. По данным агрохимического обследования, в России 15,8 млн. га пахотных земель характеризуется очень низким содержанием гумуса, 39,1 млн. га – низким.

Содержание гумуса в черноземах центральных областей за последние 100 лет снизилось почти вдвое – с 14 до 7 %, а ежегодные потери гумуса из черноземов составляют в среднем 0,5–1,0 т/га. Около 43 % пахотных земель характеризуется низким содержанием гумуса, причем на преобладающей части территории России баланс гумуса отрицательный.

Площади мелиорированных земель, находящихся в неудовлетворительном состоянии, в целом по РФ сократились на 105 тыс. га. В неудовлетворительном состоянии находится 771 тыс. га орошаемых земель, в том числе из-за недопустимой глубины уровня грунтовых вод – 325 тыс. га, засоления – 292 тыс. га, одновременного наличия недопустимой глубины уровня грунтовых вод и засоления почв – 154 тыс. га. Общая площадь засоленных земель составляет 38,4 млн. га (19,9 % площади сельхозугодий), в том числе 25,6 млн. га почв солонцовых комплексов. Площадь пахотных засоленных земель – 12,9 млн. га.

Использование во всевозрастающих объемах переувлажненных и заболоченных земель под пашни приводит к снижению урожайности. Постоянно расширяются площади опустынивания.

Так, в Калмыкии опустыниванию подвержено 4,9 млн. га, из которых 1,8 млн. га находится в стадии очень сильного опустынивания. В Астраханской области площадь деградированных пастбищ составляет 1,3 млн. га, из них 250 тыс. га подвижных песков. Сильно- и средне размываемые земли занимают 48 % всех пастбищ.

Деградация пастбищных земель происходит и в тундровой зоне в результате их выгорания, нарушения почвенного и растительного покровов при широкомасштабном освоении месторождений полезных ископаемых, неконтролируемом бездорожном проезде автотранспорта, перегрузках оленьих пастбищ скотом и его ненормированном выпасе. Общая площадь земель, ранее занимаемых под сельскохозяйственные угодья, нарушенных в результате добычи полезных ископаемых, проведения строительных и геолого–разведывательных работ, постоянно увеличивается.

В целом за последние годы состояние земель России, находящихся в сфере хозяйственной деятельности, ухудшалось. Продолжающееся нерациональное природопользование, в том числе сельскохозяйственное, при существенном сокращении мероприятий по охране и рациональному использованию почв и земельных ресурсов еще более усугубили процесс деградации земель.

Масштабы деградационных процессов зависели от интенсивности действия естественных (климатические, гидрогеологические, морфодинамические, фито- и зоогенные) и антропогенных факторов (нерациональное ведение богарного и орошаемого земледелия, чрезмерный выпас, уничтожение почвенно–растительного покрова промышленным, коммунальным и ирригационным строительством, горные разработки, технологические и аварийные промышленные выбросы в атмосферу, сброс сточных и дренажных вод и т.п.) и имели региональную специфику: от «деградации оленьих пастбищ на севере», дегумификации, истощения и эрозии почв в центральной части России до опустынивания на юге. Продолжается развитие таких негативных процессов и явлений, как подтопление земель, загрязнение токсикантами промышленного происхождения (тяжелые металлы, нефть и нефтепродукты), захламливание и нарушение земель. Значительная часть земель, в том числе сельскохозяйственных угодий и населенных пунктов, загрязнена радионуклидами. Обострилась про-

блема городских территорий, связанная с проявлением опасных природно–техногенных процессов. Из-за значительного загрязнения окружающей среды вредными веществами многие города и их окрестности превратились в «пустынные» территории. Количество зеленых насаждений в городах, средний возраст которых превышает 40–50 лет, их санитарно-гигиеническое качество оцениваются как неудовлетворительные.

Общая площадь озелененных территорий в городах России составляет всего 25 % всех городских земель, а площадь насаждений общего пользования не превышает 2 % территории городских земель. Средняя обеспеченность горожан насаждениями общего пользования составляет 10 м² на одного человека, что вдвое ниже нормативного. Однако все города России имеют значительный резерв по увеличению зеленых насаждений – деревьев и кустарников, поскольку вдоль автомобильных трасс и между домами еще много неозелененных пустырей, неорганизованных свалок. Замеры воздуха вблизи дорог показывают, что загрязняющих веществ значительно меньше там, где есть деревья и кустарники.

Большой вред зеленым насаждениям наносит соль, которой посыпают автомобильные дороги, в зимний период года. Из-за этого погибают деревья, которые растут вдоль основных магистралей. Они не выдерживают «химической обработки гололеда» и погибают, так как предельно допустимые нормы калия в придорожном снегу на некоторых улицах превышены почти в 40 раз, хлоридов – в 50, натрия – в 60. Лед и снег под таким массивным «огнем», естественно, тает, но одновременно погибало вокруг и все живое.

Территория России велика, однако более 50 % ее расположено в зоне вечной мерзлоты, т.е. в тяжелых (суровых) климатических условиях.

Несмотря на это, население нашей страны, а также малые народности Севера не только живут в этих условиях десятки лет, но и осваивают новые месторождения полезных ископаемых, занимаются рыболовством, охотой, оленеводством, а в ряде регионов и производством сельскохозяйственной продукции.

В скором времени Россия может ощутить дефицит не только чистой воды, но и земельных ресурсов. Поэтому необходимо более бережно относиться к земле и ее использованию.

В России крайне неудовлетворительно ведутся работы по восстановлению земель, нарушенных горными работами, геологоразведкой и т.п. Ежегодно объемы рекультивированных земель сокращаются на 8–12%.

В составе сельскохозяйственных угодий России эрозионной опасности подвержены площади более 117 млн. га (или 63 %), в том числе эродированных 51 млн. га (28 %). Каждый третий гектар пашни и пастбищ нуждается в осуществлении мер по защите от процессов эрозионной деградации. Возрастающая тенденция сокращения сельскохозяйственных угодий и пастбищ из-за загрязнения бытовыми и производственными отходами, эрозионной деградации, снижение содержания гумуса в почвах, деградация оленьих пастбищ, увеличение подтопления плодородных земель за счет создания искусственных водохранилищ (строительства плотин на равнинах), увеличивающееся загрязнение поверхностных и подземных вод – все это оказывает негативное влияние на качество, урожайность и объемы производства растениеводства и животноводства.

По расчетам В.В. Клименко, Россия находится на пятом месте среди стран, обладающих эффективной территорией (км²/чел.): Бразилия – 8,05, США – 8, Австралия – 7,684, Китай – 5,95, Россия – 5,51, Канада – 3,64, Индия – 2,9, Казахстан – 2,62, Судан – 2,49, Аргентина – 2,45. Следовательно, площадь эффективной территории в России в 1,5 раза меньше, чем в США и в 2 раза больше, чем в Казахстане. Да и вытянута она на многие тысячи километров, что очень затрудняет организации транспорта. Кроме того, чрезвычайно важна оценка площадей, пригодных для устойчивого, а не рискованного земледелия. Практически все сельскохозяйственные угодья России расположены в районах рискованного земледелия и большие территории находятся в зоне многолетней мерзлоты.

Наряду с этим в стране есть почвы, обладающие высокой потенциальной плодородием, но их мало, и они подвержены засухам и эрозии. Поэтому основная проблема сельского хозяйства состоит не в том, чтобы превратить его в высокодоходную экс-

портную отрасль, способную конкурировать с западными странами, а в том, чтобы прокормить население своей страны. Если сравнивать, например, Россию с Канадой, которая тоже расположена в северном регионе, то надо иметь в виду, что все северные города и большинство сельскохозяйственных угодий Канады расположены на одних широтах с Киевом и Курском. Вегетационный период в России на 100 дней короче, чем во Франции, Италии и Австрии. Россия – самая холодная страна на планете, и для того, чтобы поддерживать такой же уровень жизни, как в упомянутых странах, нам нужны, в частности, разные затраты энергии. В России они должны быть в 2–3 раза больше, чем в Западной Европе. (Для сравнения. Чтобы обеспечить среднепланетарный уровень жизни, Россия должна производить 18,9 т условного топлива на человека в год. В то же время энергонасыщенная Япония потребляет не более 3 т.)

На потребление энергии влияют также размеры страны и протяженность ее коммуникаций. Непонимание этого факта порождает у людей различные иллюзии, например, что Россия производит большое количество энергии. В связи с этим и экономические подходы к развитию российского потенциала должны быть иными, чем на Западе, не говоря уже о повышенных транспортных расходах, о том, что в северных районах люди нуждаются в более дорогой одежде, более калорийном и качественном питании, более теплых жилых домах.

Научно–технический прогресс снимает многие ограничения, он расширяет ареал жизни, но и порождает новые трудности. Тем не менее, сохраняется очевидное: людям в странах с холодным климатом, с плохими природными условиями приходится тратить значительную часть своих сил на преодоление многих трудностей, неведомых жителям более благоприятных для проживания районов планеты. И сегодня климато-географические факторы накладывают жесткие ограничения на разведку и освоение минеральных ресурсов в малодоступных и отдаленных районах России, где, кроме того, необходимо уделять большое внимание сохранению малых народностей, живущих в суровых условиях Заполярья, и развитию нации в целом.

Загрязнение почв и окружающей среды в целом ведет не только к ухудшению здоровья населения, но и к гибели отдель-

ных видов растительного и животного мира, снижению продуктивности природно–ресурсного потенциала страны. В результате гибели лесов и других девственных территорий исчезают различные виды растений и животных, резко сокращается генетическое разнообразие мировых экосистем, являющихся основой развития биосферы планеты Земля.

4.2 Загрязнение почв пестицидами

Ежегодное применение пестицидов в сельском хозяйстве в 1980–1991 гг. находилось на одном и том же уровне и составляло примерно 150 тыс. т, а с 1992 г. наметилась тенденция к уменьшению, а с 2005 года наметилась резкая тенденция к увеличению. Наиболее загрязнены остаточными количествами пестицидов (в основном сумма ДДТ) почвы садов и лесов (37–52% обследованной площади). Почвы под овощными культурами загрязнены остаточным количеством ДДТ, 2,4–Д и трефлана на площади 17,7%; почвы под зерновыми загрязнены остаточными количествами ДДТ, ГХЦТ, 2,4–Д, пропазина, трефлана и ТХАН на площади 11,3%. К регионам со значительным загрязнением почвы следует отнести Московскую и Иркутскую области, к регионам со средним загрязнением почвы – Центрально–черноземный район, Северный Кавказ, Курганскую область и Приморский край.

Таблица 3 – Ориентировочно допустимые концентрации пестицидов в почве, мг/кг

Пестицид	ОДК	Пестицид	ОДК
Амбуш	0,60	Мезоранил	0,9
Амибен	0,05	Ордрам	0,9
Антио	0,20	Нексион	0,2
Арезин	0,70	Пирамин	0,7
Бенлат	0,10	Пликтран	0,1
БМК	0,10	Рамрод	0,2
Бронокот	0,50	Реглон	0,2
Вензар	1,0	Синбар	0,4
Тетрал	0,10	Солан	0,6
ДДВФ	0,03	Сутан	0,6
Каптан	1,0	Теноран	0,4
Карагард	0,40	Тиллам	0,6

4.3 Загрязнение почв токсикантами Промышленного происхождения

Почвы вокруг больших городов и крупных предприятий цветной и черной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, машиностроения на расстоянии в несколько десятков километров загрязнены тяжелыми металлами, нефтепродуктами, соединениями фтора и другими токсичными веществами. Из обследованных 85 городов Российской Федерации наибольшему загрязнению подвержены почвы вблизи городов Белово, Верх–Нейвинск, Владивосток, Дальнегорск, Иркутск, Медногорск, Мончегорск, Ревда, Рудная Пристань, Свирск и Черемхово.

Таблица 4 – Классы опасности различных химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов и отходов

Класс опасности	Химическое вещество
I	Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор, бенз(а)пирен
II	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон

Среднее содержание свинца в почвах пятикилометровой зоны вокруг обследованных городов находится в пределах 0,4–80 ПДК. Превышение предельно допустимой концентрации в 10 раз и более отмечено в Белове, Верх–Нейвинске, Дальнегорске, Москве, Рудной Пристань, Санкт–Петербурге и Свирске.

Среднее содержание марганца вокруг предприятий черной металлургии колеблется в пределах 0,05–6 ПДК (в Ижевске, Саранске, пос. Восток).

Среднее содержание ванадия в почвах наблюдается в пределах 0,07–1,5 ПДК в Николаевске–на–Амуре, Петропавловске–Камчатском, Самаре и Свирске.

Среднее содержание меди в почвах с превышением в 10 раз обнаружено в пригородах Ижевска, Мончегорска, Нижнего Нов-

города, Ревды, Рязани и Санкт–Петербурга. Содержание никеля и кобальта в почвах вблизи Мончегорска превышает нормы более чем в 10 раз.

Таблица 5 – Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве

Вещество	ПДК, мг/кг почвы с учетом фона (кларка)	Лимитирующий показатель
<i>Подвижная форма</i>		
Кобальт	5,0	Общесанитарный
Фтор	2,80	Транслокационный
Хром	6,0	Общесанитарный
<i>Водорастворимая форма</i>		
Фтор	10,0	Транслокационный
<i>Валовое содержание</i>		
Бенз(а)пирен	0,02	Общесанитарный
Ксилолы (орто–, мета–, пара–)	0,30	Транслокационный
Мышьяк	2,0	То же
Отходы флотации угля	3000,0	Водный и общесанитарный
Ртуть	2,10	Транслокационный
Свинец	32,0	Общесанитарный
Свинец + ртуть	20,0+1,0	Транслокационный
Сернистые соединения (S): элементарная сера	160,0	Общесанитарный
сероводород	0,40	Воздушный
серная кислота	160,0	Общесанитарный
Стирол	0,10	Воздушный
Формальдегид	7,0	То же
Хлористый калий	560,0	Водный
Хром	0,05	Общесанитарный
Ацетальдегид	10,0	Миграционно– воздушный
Изопропилбензол +альфа–метилстирол	0,50	То же
Суперфосфат (P ₂ O ₅)	200,0	Переход в растения

Загрязнение почв нефтью в местах ее добычи, переработки, транспортирования и распределения превышает фоновое в десятки раз. На расстоянии 19 км в западном и восточном направлениях от г. Владимира содержание нефти в почве превышало фоновое значение в 33 раза.

За 20 лет исследований на территории России выявлены три города, которые по суммарному показателю загрязнения почвы в городе и в радиусе от него до 5 км относятся к чрезвычайно опасно загрязненным. Это Мончегорск на Кольском п-ове, Ревда в Уральском регионе и Белово Кемеровской области.

Почвы вокруг Братска, Волгограда, Краснотурьинска, Красноярска и Новокузнецка загрязнены фтором. Максимальное содержание валового фтора выше регионального среднего уровня в 4–10 раз, а содержание водорастворимого фтора превышает ПДК в 10–30 раз.

4.4 Охрана земельных ресурсов

Охрана земель включает систему организационных, экономических, правовых, инженерных и других мероприятий, направленных на защиту земель от расхищения, необоснованных изъятий из сельскохозяйственного оборота, нерационального использования, вредных антропогенных и природных воздействий в целях повышения эффективности природопользования и создания благоприятной экологической обстановки.

Охрана земель и их рациональное использование осуществляются на основе комплексного подхода к угольям, как к сложным природным образованиям (экосистемам), с учетом их зональных и региональных особенностей.

Система рационального использования земель должна носить природоохранный ресурсосберегающий характер и предусматривать сохранение почв, ограничение воздействий на растительный и животный мир, геологические породы и другие компоненты окружающей среды.

Охрана земель предусматривает:

- защиту земель от водной и ветровой эрозии, селей, от подветровой эрозии, подтопления, заболачивания, вторичного за-

соления, иссушения, уплотнения, загрязнения отходами производства, других процессов разрушения;

- рекультивацию нарушенных земель, повышение их плодородия и других полезных свойств;
- снятие и сохранение плодородного слоя почвы, с тем чтобы использовать его для рекультивации земель или повышения плодородия малопродуктивных угодий;
- установление особых режимов пользования для земельных участков, имеющих природоохранное и историко-культурное значение.

Все землевладельцы, землепользователи и арендаторы, независимо от форм и сроков использования земель, осуществляют работы по защите и повышению качества земель за счет собственных средств и несут ответственность за ухудшение экологической обстановки на своем земельном участке и сопряженной территории, обусловленное их деятельностью. Землевладельцы, землепользователи и арендаторы имеют право получать вознаграждение за улучшение качества земель и повышение плодородия почв из специальных фондов, создаваемых местными органами власти, и из других источников.

Главная задача государственного и общественного контроля за сохранением, состоянием, использованием и охраной земель заключается в обеспечении соблюдения всеми государственными, кооперативными и общественными предприятиями, организациями и учреждениями, а также гражданами требований земельного законодательства в целях эффективного использования и охраны земель. Порядок осуществления контроля за состоянием, использованием и охраной земель устанавливается действующим законодательством.

Общественный земельный контроль осуществляется общественными организациями на основании уставов этих организаций.

Мониторинг земель представляет собой систематическое наблюдение за состоянием земельного фонда для своевременного выявления динамики и устранения негативных процессов и тенденций. Мониторинг земель состоит из системы данных о распределении земли между владельцами и землепользователями, о продуктивности земельных ресурсов, деградации почв и загряз-

нении земель. Само понятие мониторинга охватывает широкий круг факторов и явлений, изучаемых в динамике. Сюда относятся трансформация угодий, изменение факторов и явлений, влияющих на производительную способность почв (засоление, эродирование и т.д.), экологические изменения (динамика радиации, загрязнение почв, грунтовых вод и водоемов пестицидами и т.д.). Данные мониторинга представляются всем органам государственного и общественного контроля.

Государственный кадастр недвижимости предназначен для обеспечения землевладельцев, землепользователей и арендаторов информацией о состоянии земель в целях организации их рационального использования и охраны, совершенствования управления земельными ресурсами и обоснования размеров платы за землю. Он представляет собой систему необходимых и обоснованных сведений о правовом режиме земель, их природном и экологическом состоянии. Формирование этих сведений обеспечивается следующими подсистемами государственного земельного кадастра: регистрация землевладений и землепользований; количественный и качественный учет земель; бонитировка почвенного покрова и природно-технологических свойств земли; экономическая (денежная) оценка земель.

Землеустройство включает систему мероприятий, направленных на охрану и рациональное использование земли, и предусматривает:

- проведение топографо-геодезических, картографических, почвенных, геоботанических, экологических и других обследований;
- разработку генеральных схем использования и охраны земельных ресурсов, схем землеустройства республик, областей (краев) и административных районов; составление проектов, связанных с охраной и использованием земель;
- составление проектов образования новых и упорядочения существующих землепользований с устранением неудобств в расположении земель, отвод земельных участков в натуре;
- разработку проектов внутрихозяйственного землеустройства для землевладельцев, землепользователей и арендаторов;

- образование размещения и определение на местности территорий с особыми природоохранными, рекреационными и заповедными режимами.

Закон о земле предусматривает строгий государственный контроль за использованием и сохранностью земель. В тех странах, где земля в значительной мере является частной собственностью, за ее сохранностью установлен жесткий контроль со стороны государства. И если фермер не соблюдает необходимых требований по сохранению земли и умножению ее плодородия, то по закону он лишается права собственности.

В деле защиты земель большая роль принадлежит общественности. Активисты общества охраны природы выявляют и вовлекают в хозяйственный оборот слабо или вовсе не используемые, но пригодные для этих целей земли. Это и свободный приусадебный фонд, и площади около полевых станков, ферм и излишки дорожной сети. Ежегодно по решению общества охраны природы проводится смотр рационального использования земель и мер по повышению плодородия почв.

Контрольные вопросы

1. Значение почвенного покрова. 2. Современная оценка земельного фонда России. 3. Дайте характеристику основным источникам загрязнения почв. 4. Какими токсикантами промышленного происхождения загрязняются почвы? 5. Правовые основы охраны земельных ресурсов.

5 РАДИОАКТИВНОСТЬ И ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ

Создание ядерного оружия, расширение применения атома в мирных целях при недостаточном обеспечении безопасности радиационного заражения окружающей среды приводят к угрозе проживанию человечества на Земле из-за радиационной загрязненности. Основными источниками потенциальной опасности являются: предприятия по производству расщепляющегося материала для ядерного оружия – Арзамас-16, Челябинск-40, Красноярск-45, Томск-7, 11 действующих атомных электростанций, которые дают около 12 % электроэнергии для Российской Федерации (всего на территории России действует 31 энергетический реактор и строятся 6 реакторов). По данным организации Гринпис, бывш. СССР обладал 170 атомными подводными лодками, на которых находились 324 реактора. Сейчас действуют семь атомных ледоколов. На территории России расположены 15 полигонов для захоронения радиоактивных отходов, которые также служат источниками потенциальной радиационной опасности. Расщепляющийся материал широко используется в научных исследованиях, приборах и производстве. В России примерно 15 тыс. учреждений используют этот материал для различных целей. Непоправимый вред окружающей природной среде нанесен ядерными испытаниями. Первые испытания проводились в Северном Прикаспии, затем был избран новый полигон на Новой Земле (в 280 км от пос. Амдерма, в 440 и 560 км соответственно от Нарьян-Мара и Воркуты, в 900 км от Мурманска и в 1000 км от Архангельска). На этом полигоне проводились воздушные, наземные, подводные, а затем и подземные испытания – всего более 130 взрывов.

При испытаниях в атмосфере образуется до нескольких сотен радионуклидов, однако большинство из них имеет ничтожную концентрацию или из-за короткого периода полураспада быстро распадается. Основную опасность облучения населения по прошествии двух лет после взрыва представляют несколько радионуклидов: углерод-14, цезий-137, цирконий-95, стронций-90 и др. При атмосферных испытаниях радионуклиды частично выпадают неподалеку от места взрыва, часть их задерживается в тропосфере и перемещается воздушными течениями на большие

расстояния. Они находятся в тропосфере около месяца, постепенно выпадая на землю. Основная часть радионуклидов выбрасывается в стратосферу, выше 10 км над уровнем моря, где они задерживаются на длительное время, очень медленно выпадая на поверхность земли.

5.1 Радиоактивное загрязнение приземного слоя атмосферы

В среднем на территории России концентрация суммарной бета-активности составляет примерно $2,16 \cdot 10^4$ Бк/м³ ($5,8 \cdot 10^{-15}$ Ки/м³). Среднесуточная скорость высаждения бета-активных аэрозолей из атмосферы на подстилающую поверхность по России составляет 1,6 Бк/(м²·г). Максимальные концентрации бета-активных радионуклидов наблюдаются в районах расположения урановых месторождений и в местах использования стройматериалов, содержащих шахтные отвалы и другие отходы горнорудных производств. Это Читинская, Иркутская, Омская и другие области.

Наибольшее число случаев кратковременного повышения концентраций радионуклидов в воздухе (84 раза в течение последних двух лет) наблюдается на территории Нижегородской области. В пробах определялись дочерние продукты распада естественных радионуклидов (радия и тория).

За пределами загрязненных в результате Чернобыльской аварии территорий средневзвешанные концентрации в воздухе таких радионуклидов, как цезий-137 и стронций-90, составляет соответственно около $5,1 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ ($1,4 \cdot 10^{-17}$ Ки/м³) и $1,5 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ ($4,3 \cdot 10^{-18}$ Ки/м³).

В Курске и Брянске, ближайших к территориям, загрязненным в результате аварии на Чернобыльской АЭС, среднемесячные концентрации цезия-137 составляли в среднем 8,6 Бк/м² в год, что примерно в 8 раз выше фоновых значений. Например, в пос. Красная Гора Брянской области выпадение цезия-137 (90 Бк/м² в год) оказалось почти на 2 порядка выше фонового значения.

5.2 Радиоактивное загрязнение местности

После аварии на Чернобыльской АЭС на территории Российской Федерации в 14 областях (Белгородская, Брянская, Воронежская, Калужская, Курская, Ленинградская, Липецкая, Орловская, Пензенская, Рязанская, Тамбовская, Тульская, Смоленская, Ульяновская), и в Республике Мордовии образовались зоны загрязнения местности цезием-137 с уровнем выше 1 Ки/км² общей площадью почти 55,1 тыс. км². Эта авария нанесла непоправимый ущерб земельным ресурсам: сотни тысяч гектаров сельскохозяйственных и лесных угодий, обширная сеть водных источников практически навсегда выведены из строя.

Таблица 6 – Площади загрязненных территорий в Белоруссии, Российской Федерации и Украине, км²

Страна	Плотность загрязнения, Ки/км ²		
	5–15	15–40	>40
Белоруссия	10160	4210	2150
Россия	5760	2060	310
Украина	1960	820	640
Всего	17880	7090	3100

Радиоактивному загрязнению в той или иной степени подверглась территория радиусом более 2000 км.

Территории с уровнями загрязнения цезием-137 выше 5 Ки/км² расположены в Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях. Их общая площадь составляет почти 7900 км². В Брянской области находятся территории с уровнями более 15 и 40 Ки/км². Площади этих территорий соответственно равны 2130 и 310 км².

Систематизация информации, полученной за десятилетний период работы по оценке радиоактивного загрязнения территорий России в результате аварии на Чернобыльской АЭС, позволила уточнить границы зон с плотностью радиоактивных выпадений свыше 1 Ки/км² по цезию-137 с учетом данных пробоотбора почвы в населенных пунктах, а также вдоль контрольных маршрутов, пересекающих основные «цезиевые пятна». Уточ-

ненные размеры зон повышенного радиоактивного загрязнения приведены в табл. 7.

В настоящее время продолжают работы по изучению динамики миграционных процессов «чернобыльских» загрязнений и распределению основных дозообразующих радионуклидов по различным территориям. Так, исследования в районе г. Плавска Тульской области показывают, что в условиях, способствующих усилению горизонтальной миграции радионуклидов (повсеместная распашка и эрозионно–денудационные процессы), за 10 лет произошло самоочищение междуречий с 5–7 до 3 Ки/км². При этом неравномерность поля радиоактивного загрязнения в сопряженных ландшафтах стала более заметной: уровни загрязнения аккумулятивных и денудационных геосистем отличаются в 5 раз.

Таблица 7 – Площади с различными уровнями загрязнения цезием–137, км², в Российской Федерации

Область, республика	Общая площадь, тыс. км ²	Площадь загрязнения, Ки/км ²			
		1–5	5–15	15–40	>40
Белгородская	27,1	1620			
Брянская	34,9	6680	2700	1900	310
Воронежская	52,4	1660			
Калужская	29,9	3400	1350		
Курская	29,8	1350			
Липецкая	24,1	1630			
Ленинградская	85,9	1200			
Нижегородская	74,8	85			
Орловская	24,7	8300	126		
Пензенская	43,2	3900			
Рязанская	39,6	5400			
Саратовская	100,2	150			
Смоленская	49,8	84			
Тамбовская	34,3	480			
Тульская	25,7	10300	1150		
Ульяновская	37,3	1100			
Республика Мордовия	26,2	1940			
Республика Татарстан	68,0	170			
Чувашская Республика	18,0	60			
Всего		49509	5326	1900	310

Исследованиями подтверждено, что площадное загрязнение стронцием–90 не имеет на территории России такого распространения как цезия–137. На западе Брянской области плотность выпадений стронция–90 составляет 0,7 Ки/км²; в Плавском районе Тульской области – до 0,4–0,5 Ки/км² (средние значения глобальных выпадений по Русской равнине – 0,02–0,04 Ки/км²).

Такая же картина наблюдается при оценке радиоактивного загрязнения трансурановыми радионуклидами. Так, в Новозыбковском районе Брянской области отмечались уровни загрязнения плутонием–239 и 240 – около 0,01 Ки/км², плутонием–238 и америцием–241 – 0,015 Ки/км².

После аварии на Чернобыльской АЭС больше внимания уделяется контролю за загрязненностью растениеводческой и животноводческой продукции при ее производстве, заготовке и переработке. Во всех областях, за исключением Брянской и Калужской, сено, корнеплоды и фрукты не имели превышений над установленными контрольными уровнями.

В Брянской области в связи с сокращением специальных агротехнических, агрохимических и мелиоративных мероприятий и весенне-летней засухой объемы загрязненных кормов возрастают.

В Калужской области при выборочном обследовании кормовых угодий анализировали пробы кормов в период вегетации и кормозаготовки и рационы кормления животных. В результате было выявлено 6 % «грязных» проб сена и 5,6 % трав, в основном в частном секторе.

Во всех областях, за исключением Брянской, не отмечалось закупок мяса и молока, загрязненных выше нормативных уровней.

Крупномасштабное загрязнение лесного фонда на территориях, подвергшихся радиационному воздействию вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, вызвало значительные изменения и ограничения. Радиационная обстановка в загрязненных лесах остается сложной. Спустя 30 лет после Чернобыльской аварии загрязнение лесного фонда изменяется крайне медленно, так как самоочищение лесов происходит только за счет процесса активного распада. Следует отметить установленное уменьшение мощности экспозиционной дозы в среднем на 13–15 % в резуль-

тате распада основных дозообразующих радионуклидов и экранирования их лесной подстилкой. Отмечается заглубление радионуклидов на глубину до 15–20 см. При этом 60 % радионуклидов содержится в лесной подстилке, а примерно 30 % – в слое почвы на глубине до 10 см.

Наибольшие уровни загрязнения лесной растительности цезием–137 наблюдаются на торфянистых и сильноподзолистых почвах, наименьшие – на суглинистых, богатых обменным калием и аммонием.

По результатам лабораторного контроля установлено, что даже в зонах с плотностью загрязнения почвы цезием–137 1–5 Ки/км² содержание радионуклидов в грибах, лесных ягодах, травянистой растительности, хвое и листве деревьев, а также в древесине может выходить за пределы установленных нормативов.

На азиатской территории России имеется несколько зон, загрязненных в результате ранее происшедших радиационных аварий на предприятиях ядерного топливного цикла. Это районы, примыкающие к ПО «Маяк»; Восточно-Уральский «стронциевый» радиоактивный след, образовавшийся в 1957 г. после аварии на этом предприятии; «цезиевый» след, возникший вследствие ветрового разноса радиоактивной пыли с берегов оз. Карачай в 1967 г., а также зона повышенного загрязнения местности цезием–137 в районе Сибирского химического комбината.

По данным Минатома России, на территории этого комбината в зоне наблюдения, расположенной на расстоянии не более 25 км к северу от промзоны, содержание цезия–137 в почве составляет 0,05–0,013 Ки/км², стронция–90 – 0,01–0,03 Ки/км², что превышает фоновый уровень по цезию–137 до 3 раз и по стронцию–90 до 10 раз. Согласно результатам аэрогамма–съемки, проведенной Росгидрометом, в пойме р. Томь имеются отдельные участки радиоактивного загрязнения почв до 2 Ки/км² по цезию–137. Все это обусловлено многолетней работой производств Сибирского химического комбината, когда газоаэрозольные выбросы, содержащие радионуклиды, распространялись в направлении преобладающих южных ветров.

Радиационная обстановка в пределах полигона на Новой Земле и прилегающих территорий Крайнего Севера характеризу-

ется следующим образом. Средний уровень поверхностного загрязнения территории архипелага радионуклидами наиболее высокий для всего Заполярного региона и превышает значения, характерные для Аляски и Гренландии примерно в 2–3 раза. Средняя плотность поверхностного загрязнения цезием–137 составляет 90 мКи/км^2 и приближается по своей величине к уровню глобального фона загрязнения, характерному для средних широт Северного полушария. Содержание цезия–137 в почвах Заполярья убывает в восточном направлении. Это свидетельствует о загрязнении прилегающих к полигону районов Крайнего Севера радиоактивными продуктами испытаний ядерного оружия в атмосфере в результате преимущественно восточного переноса воздушных масс.

На территории архипелага выявлены зоны, характеризующиеся повышенным радиационным фоном, – места проведения испытаний ядерного оружия. Мощность гамма–излучения в этих зонах достигает в настоящее время десятков и сотен микрорентген в час. Размеры этих зон невелики, они обладают статусом санитарно–защитных зон.

Подземные испытания ядерного оружия на архипелаге не внесли сколько–нибудь заметного дополнительного вклада в радиоактивное загрязнение природной среды региона долгоживущими радионуклидами. Содержание техногенных радионуклидов в питьевой воде, используемой на архипелаге, как правило, на несколько порядков ниже, чем их допустимая концентрация, регламентируемая нормами радиационной безопасности.

5.3 Радиоактивное загрязнение водных систем

В водах рек России концентрация радионуклидов в последние годы оставалась на одном уровне. Средняя по стране концентрация стронция–90 в 2005 г. составляла $7,4 \text{ Бк/м}^3$ ($2 \cdot 10^{-13} \text{ Ки/л}$), что в 2000 раз ниже ДК(Б) $= 4 \cdot 10^{-10} \text{ Ки/л}$ и в 500 раз ниже ВДУ–91 $= 1 \cdot 10^{-10} \text{ Ки/л}$ для питьевой воды. Средняя концентрация трития в основных реках России колебалась в пределах $(4,5–8,7) \cdot 10^{-11} \text{ Ки/л}$.

На европейской территории России (кроме рек, протекающих по загрязненным территориям), концентрация стронция–90 в

реках составляла в среднем $9,4 \text{ Бк/м}^2$ ($2,5 \cdot 10^{-13} \text{ Ки/л}$), а в озерах – $13,6 \text{ Бк/м}^3$ ($3,7 \cdot 10^{-13} \text{ Ки/л}$). На азиатской территории России концентрация этого радионуклида в реках достигала $6,3 \text{ Бк/м}^3$ ($1,7 \cdot 10^{-13} \text{ Ки/л}$), а в озерах – 30 Бк/м^3 ($8,1 \cdot 10^{-13} \text{ Ки/л}$).

В водоемах, расположенных на загрязненных территориях европейской части России, наблюдались повышенные концентрации цезия–137 и стронция–90, хотя и на уровне, который был существенно ниже допустимых нормативов (ДК(Б) и ВДУ–91). Это – реки Ипать, Упа, Плава, Ока, Жиздра и их притоки.

Концентрация цезия–137 в реках Упе, Плаве и Оке сохраняется на уровне $(3–7) \cdot 10^{-13} \text{ Ки/л}$. Наибольшие концентрации цезия–137 были обнаружены в р. Жиздра – от $3 \cdot 10^{-13}$ до $2,4 \cdot 10^{-12} \text{ Ки/л}$. Однако в малопроточных озерах Брянской области, где плотности загрязнения почвы цезием–137 выше 40 Ки/км^2 , содержание в воде этого радионуклида близко или превышает ВДУ–91. Так, концентрация цезия–137 в озерах Кожановское и Святое в Красногорском районе составляла соответственно $(1,3–2,7) \cdot 10^{-10}$ и $(5–8,3) \cdot 10^{-10} \text{ Ки/л}$.

На Южном Урале средние концентрации стронция–90 в р. Теча составляли $(1,5–3,4) \cdot 10^{-10} \text{ Ки/л}$, что в 750–1700 раз выше фонового уровня.

Концентрации радионуклидов в р. Енисей на расстоянии 250 м и 10 км ниже выпуска сточных вод Красноярского горно–химического комбината составляли соответственно 0,01 и 0,002 от допустимых концентраций для смеси сбрасываемых радионуклидов. Основной вклад в активность смеси сбрасываемых радионуклидов вносит короткоживущий изотоп натрия–24. Объемные активности наиболее опасных в радиационном отношении изотопов стронция–90 и цезия–137 на расстоянии 250 м ниже места выпуска сточных вод составляли соответственно $6,3 \cdot 10^{-4}$ и $2,3 \cdot 10^{-4}$ от допустимых концентраций.

В водах Каспийского, Охотского, Японского, Карского и Ба–ренцева морей, а также в водах Тихого океана у берегов Камчатки концентрация стронция–90 колебалась в пределах $2–2,4 \text{ Бк/м}^3$ или $(4,3–6,5) \cdot 10^{-14} \text{ Ки/л}$. По предварительным данным, в районах захоронения радиоактивных отходов в северо–западной части Тихого океана и морях Дальнего Востока концентрации цезия–137 в воде и донных отложениях незначительно от-

личались от наблюдавшихся вне районов захоронения отходов и составляли $(2-4) \cdot 10^{-3}$ Бк/л для воды и 10 Бк/кг сухой смеси для донных отложений.

В 1995 г. подведены итоги трех лет совместных российско-норвежских исследований радиоактивного загрязнения морской воды в районах сброса и захоронения радиоактивных отходов в Карском море, начатых в 1992 г. Эти исследования проводились в потенциально наиболее опасных районах захоронения твердых радиоактивных отходов в Карском море (затопленные объекты с отработавшим ядерным топливом): Новоземельская впадина Карского моря, заливы на Восточном побережье архипелага Новая Земля Циволки, Стенового и Абросимова. По предварительным данным, уровни радиоактивного загрязнения среды в этих заливах довольно низкие. Однако содержание цезия-137 в донных отложениях примерно в 2–4 раза выше, чем в открытом море (5–10 Бк/кг сырой массы). Влияние захоронений локализовано – имеются небольшие загрязненные участки дна. Максимальные концентрации цезия-137 в донных отложениях (до 31 кБк/кг сухой массы в заливе Абросимова и до 109 кБк/кг в заливе Стенового) обнаружены вблизи контейнеров с радиоактивными отходами.

Повышенные концентрации цезия-137 в донных отложениях обнаружены вблизи затопленных объектов с отработавшим ядерным топливом. Так, вблизи одного из затопленных реакторных отсеков в заливе Абросимова уровни содержания указанного радионуклида достигали 8,4 кБк/кг. Этот факт говорит о наличии некоторой утечки радиоактивности из объектов данного типа и потенциальной возможности увеличения опасности распространения радиоактивных веществ в морской среде.

5.4 Дозы облучения. Единицы измерения

Здоровье человека после облучения зависит от величины поглощенной дозы альфа-, бета- и гамма-излучения радионуклидов, мощности дозы и от того, какие ткани подверглись облучению. Поглощенная доза излучения определяется энергией ионизирующего излучения переданного массе облучаемого вещества и измеряется в греях (Гр). По Международной системе еди-

ниц (СИ) $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$. Иными словами, это то количество энергии, которое вносится в биологическую ткань орган человека ионизирующим излучением. Ранее величина поглощенной дозы измерялась в единицах, называемых «рад».

Одинаковые по величине поглощенные дозы необязательно имеют одинаковый биологический эффект. Например, доза в 1 Гр , полученная тканью от альфа-излучения (плутоний-239), приводит к более вредным биологическим последствиям, чем доза в 1 Гр от бета-излучения, так как любая альфа-частица имеет большой заряд, перемещается медленнее и, как «следствие, производит большую ионизацию в тканях организма на единичном участке пути.

Для выработки общей основы, позволяющей сравнивать все виды ионизирующих излучений, приводящих к возможному возникновению вредных эффектов от облучения, введено понятие эквивалентной дозы. Она равна произведению поглощенной дозы на коэффициент качества ионизирующего излучения в данном объеме биологической ткани.

Эквивалентная доза измеряется в зивертах (Зв). По Международной системе единиц $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$. Например, эквивалентная доза от поглощенной дозы альфа-излучения в 1 Гр равна 20 Зв , а эквивалентная доза от поглощенной дозы рентгеновского или гамма-излучения в 1 Гр равна 1 Зв , т. е. в 20 раз меньше, чем от альфа-излучения. Эквивалентная доза является основной величиной в радиационной защите, так как она позволяет оценить риск от вредных биологических последствий облучения биологической ткани различными видами излучения независимо от их вида или энергии.

Однако риск от возможного смертельного исхода от злокачественного новообразования в расчете на единицу эквивалентной дозы излучения будет различным для разных тканей человека. Например, риск возникновения опухолей в щитовидной железе от эквивалентной дозы в 1 Зв ниже, чем при возникновении злокачественной опухоли в легких от эквивалентной дозы в 1 Зв примерно в 2 раза, что обуславливается различной чувствительностью органов и тканей. В связи с этим в радиационной защите при оценке вероятности возникновения злокачественных новооб-

разований используют еще один показатель – эффективную дозу или сумму средневзвешенных эквивалентных доз.

В общем, эффективная доза рассматривается как полный показатель риска для здоровья, обусловленного воздействием ионизирующего излучения любой продолжительности, независимо от вида и энергии излучения. При этом выделяют соматические эффекты, которые наблюдаются при облучении данного организма, и генетические эффекты, развивающиеся в результате радиационного воздействия на зародышевые клетки организма и проявляющиеся у потомства.

Соматические эффекты в свою очередь разделяют на ранние, проявляющиеся в развитии различных вариантов острой или хронической лучевой болезни или местных лучевых повреждений, и поздние, к которым относят повышенный риск развития лейкозов, опухолей и сокращение продолжительности жизни (так называемый синдром преждевременного старения).

В проявлении ранних соматических эффектов характерна четкая зависимость от дозы облучения, которая может вызвать радиационное повреждение разной степени тяжести: от скрытых, т.е. незначительных поражений без клинических проявлений, до смертельных форм лучевой болезни. Так, клинически значимое подавление кроветворения при остром облучении наблюдается с порогом 0,15 Гр поглощенной дозы во всем красном костном мозге. Пороговая доза для лучевой катаракты – 0,15 Гр/год. При однократном разовом облучении пороговая доза для временной стерильности у мужчин составляет около 0,15 Гр. Радиационные поражения кожи малой, средней и большой степени тяжести развиваются при местном облучении соответственно в дозах 8–10, 10–20, 30 Гр и более. Пороговой считается доза в 1 Гр, которая вызывает острую лучевую болезнь.

Эффективность хронического облучения также зависит от мощности дозы. К примеру, облучение персонала дозой 0,005 Зв/год не позволяет выявить повреждений с помощью современных методов исследования. Хроническое облучение в течение нескольких лет дозой 0,1 Зв/год вызывает снижение неспецифической резистентности организма, а дозой 0,5 Зв/год может привести к развитию хронической лучевой болезни.

Данные Международной комиссии по радиологической защите (1990 г.) о вероятности смертельных случаев от рака при облучении дозой 0,01 Зв приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Вероятность ущерба для отдельных органов (при облучении дозой, равной 0,01 Зв (1 бэр))

Ткань или орган	Вероятность смертельных случаев от рака, 10^{-2} Зв		Совокупный ущерб*	
	Все население	Работающие	Все население	Работающие
Желудок	1,10	0,88	1,00	0,80
Кожа	0,02	0,02	0,04	0,03
Красный костный мозг	0,50	0,40	1,04	0,83
Легкие	0,85	0,68	0,80	0,64
Молочные железы	0,20	0,16	0,36	0,29
Мочевой пузырь	0,30	0,24	0,29	0,24
Печень	0,15	0,12	0,16	0,13
Пищевод	0,30	0,24	0,24	0,19
Поверхность кости	0,05	0,04	0,07	0,06
Толстый кишечник	0,85	0,68	1,03	0,82
Щитовидная железа	0,08	0,06	0,15	0,12
Яичники	0,10	0,08	0,15	0,12
Остальные органы	0,50	0,40	0,59	0,47
Всего	5,00	4,00	5,92	4,74
Наследственные нарушения				
Половые железы	1,00	0,6	1,33	0,88
*В понятие «совокупный ущерб» включены и несмертельные случаи раковых заболеваний.				

Оценка риска возникновения злокачественных опухолей в значительной мере основана на результатах обследования пострадавших при атомных бомбардировках Хиросимы и Нагасаки. У жителей, перенесших атомную бомбардировку, выявлялось учащение случаев заболевания по мере возрастания поглощенной дозы.

Получены новые данные и о частоте возникновения злокачественных новообразований, индуцируемых радиационным воз-

действием. Индукция рака щитовидной железы в течение 1959–1970 гг. составляла около $14 \cdot 10^{-6}$ случаев на 0,01 Гр (рад) поглощенной дозы у жителей Хиросимы и Нагасаки. У детей, подвергшихся облучению, вероятность индукции рака щитовидной железы была значительно выше, чем у взрослых. Радиоактивный стронций-90, избирательно откладываясь в костях, вызывает остеосаркомогенные эффекты. Пороговым в эксперименте являются поглощенные дозы не ниже 7 Гр (700 рад) в костной ткани. Имеются сообщения о развитии рака легкого, прямой кишки, мочевого пузыря и о двух случаях базалиомы в группе из 65 лиц, работавших с люминесцентной радиоактивной краской, содержащей радий-226 и стронций-90.

Накопленные данные о стохастических эффектах радиационного воздействия позволили по-иному оценить значения радиационного риска. В настоящее время Международная комиссия по радиологической защите оценивает радиационный риск на единицу дозы в 4–5 раз выше, чем считалось, например, в 70–80-е годы. В соответствии с этим рекомендованы и новые дозовые пределы облучения. Для профессиональных работников – 100 мЗв (10 бэр) за 5 лет с допустимым максимумом в 50 мЗв (5 бэр) за один год. Для населения дозовый предел облучения определен в 1 мЗв в год (0,1 бэр).

Каждый человек в течение своей жизни подвергается воздействию ионизирующего облучения за счет: естественных источников; техногенно-измененного радиационного фона; источников, используемых в медицине; эксплуатации объектов атомной энергетики и промышленности; радиоактивных выпадений, образовавшихся в результате испытаний ядерного оружия.

За счет естественных источников излучения население земного шара получает основную дозу облучения, которая формируется в результате внешнего облучения (если радиоактивные вещества находятся вне организма человека) и внутреннего облучения (в том случае, когда радиоактивные вещества поступают с водой, продуктами питания или с воздухом, которым человек дышит).

Облучению от естественных источников излучения подвергается любой житель нашей планеты в течение всей своей жизни – избежать этого невозможно. Конкретные дозы облучения чело-

века от естественных источников зависят от того, где они живут (уровень радиации в некоторых местах земного шара, особенно там, где залегают радиоактивные породы, может быть значительно выше среднего), а также от образа жизни, используемых строительных материалов и т.д.

В печати появилась информация о том, что радиация поражает не только сердце и кровь, но и мозг человека. Радиационное разрушение мозга – это психическое заболевание, приводящее к слабоумию. Эта болезнь поразила не только часть ликвидаторов, работавших на Чернобыльской АЭС, но и детей, родившихся спустя несколько лет после катастрофы.

Несмотря на усилия врачей, число умственно деградирующих людей растет. Облученные, ставшие пациентами психиатрических клиник, возвращаются туда вновь с ухудшением здоровья. К сожалению, до сих пор не установлена минимальная доза облучения, вызывающая атрофию мозга.

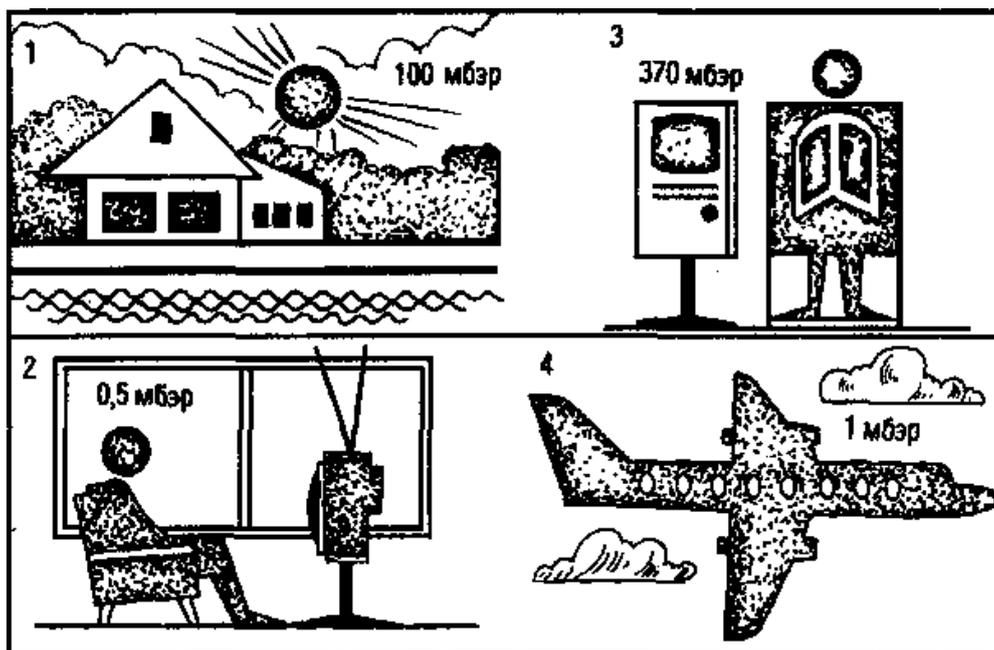


Рисунок 3 – Поглощенные человеком дозы ионизирующего излучения за год: 1 – в естественных условиях; 2 – перед экраном телевизора; 3 – в рентгеновском кабинете; 4 – в самолете

Наконец, еще не решены вопросы с условнорадиоактивными отходами. Все это приводит к повышению риска для населе-

ния получить опасную дозу облучения в самом неожиданном месте, в том числе в собственном доме, что случилось уже неоднократно, когда при строительстве использовали панели, изготовленные из материалов с мощным излучением.

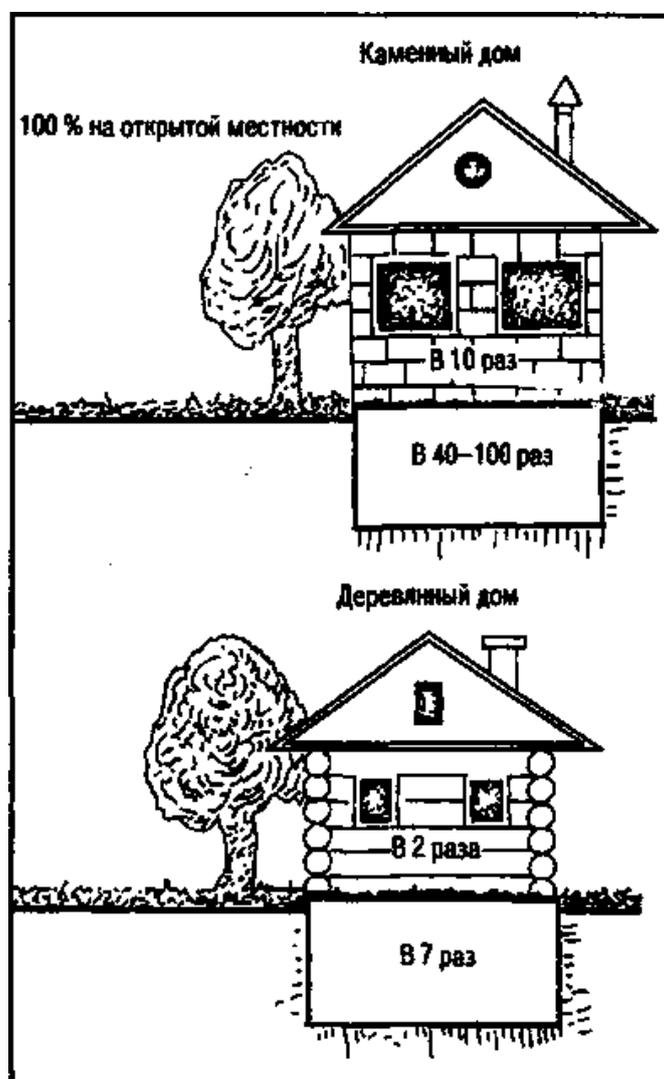


Рисунок 4 – Зависимость уровня радиации от типа дома

Специалистами Экологического фонда России обнаружено, что в ряде школ Московского региона экспозиционная доза излучения превышает нормальный фон в 300 раз. Объяснялось это тем, что в кабинетах физики и химии годами скапливались «свещающиеся» приборы, измерительные шкалы, эталоны из дозиметрической аппаратуры (подаренные школам шефами), пробирки с радиоактивными торием, цезием, стронцием и др. Другой пример.

В таблице 9 приведены дозы облучения в зависимости от времени пребывания в поле излучения, шкала степени облучения человека и поглощенные человеком дозы излучения за год в зависимости от условий.

Таблица 9 – Дозы облучения в зависимости от времени пребывания в поле излучения, мбэр

Мощность дозы, мбэр/ч	Время пребывания				
	1 час	1 сутки	1 неделя	1 месяц	1 год
0,01	0,01	0,24	1,7	7,2	87,6
0,02	0,02	0,48	3,4	14,4	176
0,03	0,03	0,72	5	21,6	263
0,04	0,04	0,96	6,7	28,8	360
0,05	0,05	1,2	8,4	36	438
0,06	0,06	1,44	10,1	43,2	526
0,07	0,07	1,68	11,8	50,4	613
0,08	0,08	1,92	13,4	57,6	701
0,09	0,09	2,16	15,1	64,8	788
од	од	2,40	16,8	72	876
0,2	0,2	4,8	33,6	144	1750
0,3	0,3	7,2	50,4	216	2630
0,4	0,4	9,6	67,2	288	3500
0,5	0,5	12	84	380	4380
0,6	0,6	14,4	101	432	5260
0,7	0,7	16,8	118	504	6130
0,8	0,8	19,2	134	576	7010
0,9	0,9	21,6	151	648	7880
1,0	1,0	24	168	720	8760

Контрольные вопросы

1. Что такое радиация? 2. Современное состояние радиоактивным загрязнением почвенного покрова на территории России и бывших союзных республик. 3. Радиоактивное загрязнение водных систем. 4. Назовите единицы измерения радиоактивного загрязнения. 5. Источники и дозы облучения в зависимости от условий.

6 ШУМ, ВИБРАЦИЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Антропогенный шум, вибрация и электромагнитные воздействия также приводят к загрязнению окружающей среды. Механические вибрации возникают практически во всех механизмах с разными амплитудами и присутствующими частотами, поэтому они могут быть моно-, би- и полигармонические, случайные с широким диапазоном частот. Вибрация резко влияет на иммунную и сердечно-сосудистую системы, состав крови и т.д.

Акустический шум – это распространяемые в воздухе беспорядочные звуковые колебания различной физической природы. В отличие от вибраций они характеризуются высокими частотами колебаний (20 Гц – 20 кГц и выше) и амплитудой случайной величины.

Акустический шум оказывает вредное влияние на организм человека и даже может вызвать шумовую болезнь, которая характеризуется тугоухостью гипертонией (гипотонией) и головной болью.

Акустический шум всегда существовал в природе в виде естественных звуков, привычных для человека, без которых он многое утратил бы в своем мироощущении. Это приятные звуки: шорох листьев, пение птиц, морской прибой, равномерный шум водопада, дождя. Полная тишина гнетет человека.

Для измерения уровня акустического шума применяется логарифмическая единица отношения двух величин акустических мощностей: бел (Б) и чаще применяемая десятая часть бела – децибел (дБ). При использовании электронных шумомеров со шкалой «А» – уровень звука для широкой полосы частот (система «Броль и Кьер») – объективное измерение уровня громкости звука производится в единицах дБ·А.

Интенсивный технический прогресс сопровождается увеличением искусственного шума, вредного для человека, а при больших уровнях опасного.

В городе возникает в основном шум от транспорта. Уровень эквивалентного, т.е. общего, шума в ряде производств достигает 60–70 дБ и более (при норме 40 дБ). На производстве почти все механизмы создают шум, который распространяется на большие

расстояния (особенно значителен шум на горных работах – от проходческих комбайнов; на обогатительных фабриках – в цехах крупного и мелкого дробления пород; на металлургических заводах – в металлопрокатных цехах).

В горно–обогатительном и металлургическом производствах шум достигает 75–80 дБ, шум от взрывов и турбореактивных двигателей – 110–130 дБ, от городского транспорта – 70–90 дБ со спектром частот на максимуме энергии 400–800 Гц. Так, в Москве территории со сверхнормативным уровнем шума достигли 30% общей площади городской застройки, где проживает около 3 млн. человек. В ряде промышленных городов эта доля еще более весома. По данным ВОЗ, реакция на шум со стороны нервной системы начинается при уровне шума 40 дБ, а нарушение сна – при 34 дБ. При уровне шума 70 дБ происходят глубокие изменения в нервной системе вплоть до психического заболевания, а также изменения зрения, слуха, состава крови и т.д.

Методы борьбы с производственным и бытовым шумом определяются его интенсивностью, спектральным составом и диапазоном граничных частот. В России действует специальный ГОСТ 12.1.003–83 «Шум. Общие требования безопасности», который ограничивает предельные акустические параметры машин и оборудования, устанавливает максимально допустимые уровни акустических шумов. При этом методы могут быть техническими и организационными.

Технические методы основаны на снижении акустического шума в месте его возникновения и ограничении зоны распространения, создании звукопоглощающей среды. Снижение шума достигается устранением и заменой шумящих технологических операций, своевременным ремонтом механизмов.

Для уменьшения зоны распространения шума применяют специальные устройства – глушители на автомобилях, локомотивах, пневматических перфораторах, а также виброизоляцию со специальными резинопружинными амортизаторами в компрессорах, автомобильных двигателях и буровых станках. С целью поглощения звука создают звукоизолирующие и звукопоглощающие ограждения из материала.

Организационные методы состоят в выборе соответствующих архитектурно–планировочных решений, разделении площади на функциональные зоны, создании поглощающих сооружений и посадке деревьев.

Для защиты от шума используют индивидуальные средства: наушники, резиновые заглушки и заглушки из пористого материала типа «беруши».

Масштабы электромагнитного загрязнения среды стали столь существенны, что Всемирная организация здравоохранения включила эту проблему в число наиболее актуальных для человечества. За последние несколько десятилетий сформировался новый фактор окружающей среды – электромагнитные поля (ЭМП) антропогенного происхождения. Некоторые специалисты относят ЭМП к числу сильнодействующих экологических факторов с катастрофическими последствиями для всего живого.

Напряженность полей возрастает особенно резко вблизи ЛЭП, радио– и телестанций, средств радиолокации и радиосвязи (в том числе мобильной и спутниковой), различных энергетических и энергоемких установок, городского транспорта.

Результатом продолжительного воздействия ЭМП даже относительно слабого уровня могут быть раковые заболевания, изменения поведения, потеря памяти, болезни Паркинсона и Альцгеймера, синдром внезапной смерти внешне здорового ребенка, угнетение половой функции и многие другие заболевания. Особо следует отметить опасность воздействия ЭМП для развивающегося в утробе матери организма (эмбриона) и детей, а также людей, подверженных аллергическим заболеваниям, поскольку они обладают исключительно большой чувствительностью к ЭМП.

За последние годы в городах количество разнообразных источников ЭМП во всем частотном диапазоне (вплоть до десятков гигагерц) резко увеличивается. Это системы сотовой связи, неисчислимое количество систем мобильной связи, радары, несколько новых телеканалов и десятки радиовещательных станций. При выдаче разрешения на эксплуатацию конкретного объекта, как правило, не учитывается общая электромагнитная обстановка, сложившаяся в предполагаемом месте размещения нового источника ЭМП, в основном из–за отсутствия возможности получения данных такого рода. В Москве уровень радиоактивного фона воз-

рос на 2–3 порядка, и, что особенно важно, распределялся крайне неоднородно. Особую озабоченность вызывает электромагнитная обстановка около радиопередающих центров.

Неоднородность электромагнитного или переменного полей заключается в том, что в некоторых районах, на улицах или проспектах их фон меняется в 5–7 раз и более. Причинами этого являются различный рельеф местности, неоднородные застройки, мощность генерирующих источников. Передвигаясь по улицам города, человек попадает в течение короткого времени в зоны с разной напряженностью поля, а это значит, что каждый раз должны срабатывать механизмы адаптации. Очевидно, что такой режим не является естественным для человека, и следовательно, опасен.

Ставший привычным для крупного города фон низкочастотного электромагнитного поля соответствует ситуации высокой геомагнитной активности (магнитные бури), а тому, что происходит на отдельных участках, и вообще трудно найти природный аналог. Например, в электропоездах уровень ЭМП превышает естественный фон в сотни тысяч раз, а напряженность переменного магнитного поля может достигать 10 мТл. Такие резкие изменения поля, безусловно, могут служить пусковым механизмом для патологических процессов у людей, уже страдающих от сердечно–сосудистых заболеваний.

Существенно меньше исследован вопрос о влиянии на человека ЭМП низких и сверхнизких частот (от тысячных долей до десятков герц). Между тем в последнее время появились данные, свидетельствующие о том, что низкочастотные поля доставляют человеку неприятностей не меньше, чем высокочастотные. Эти поля генерируются при работе многочисленных электроустановок производственных предприятий и городского транспорта, в вагонах метро, троллейбусов, трамваев и электричек.

Изложенное выше не означает, что все поголовно заболеют от ЭМП, но информация о состоянии электромагнитной обстановки должна быть известна некоторым группам населения, особенно людям с ослабленным здоровьем, пожилым людям со стимуляторами сердечной деятельности.

Для того чтобы ослабить вредные воздействия на человека источников электромагнитного поля промышленной частоты, во-

круг этих источников должна быть отведена санитарно–защитная зона. Размер этой зоны зависит от вида источника излучения, напряжения в передающей линии и ряда других факторов.

На сегодняшний день многие специалисты принимают за безопасные для постоянно проживающих вблизи ЛЭП людей уровни электрического поля менее 0,1 мкТл. Человек, возделывающий грядки под линией электропередачи напряжением 500–735 кВ, находится в зоне действия ЭМП с напряженностью электрической компоненты более 10 кВ/м. Гигиенические нормативы разрешают работнику находиться в зоне действия электрического поля с частотой 50 Гц и напряженностью 10 кВ/м не более 3 ч, а для поля напряженностью 20 кВ/м и выше – не более 10 мин в день. Следовательно, строить дома под высоковольтной линией не рекомендуется.

Для защиты от электромагнитного поля разработаны специальные рекомендации по снижению напряженности электрического поля, генерируемого системами распределения и передачи электроэнергии. Например, предлагается заземлять металлическую крышу, а на неметаллическую крышу устанавливать заземленную сетку. Для снижения электрического поля на открытой местности могут применяться железобетонные заборы, тросовые экраны или просто посадки деревьев и кустарников высотой более 2 м. Отличительная особенность всех этих мер состоит в том, что они могут и не защитить от воздействия электрического поля, но в любом случае предполагается, что после защитных мероприятий будут проведены специальные измерения полей. Заметим, что для магнитной составляющей все эти рекомендации бесполезны – защиты от низкочастотного магнитного поля практически не существует.

В последнее время большой интерес в России вызывает проблема воздействия электромагнитных полей, образующихся вокруг теле– и радиопередающих вышек, на здоровье людей, проживающих в районе их расположения.

В крупных российских городах расположено около десятка телевизионных и радиопередающих вышек. В большинстве своем передатчики FM–диапазона расположены в неподходящих местах. Как правило, телевизионные башни, например, Останкинская в Москве, возведены непосредственно в районах жилой за-

стройки, что приводит к электромагнитному загрязнению окружающей среды.

Ученые пока не могут ответить на вопрос, почему именно излучение передатчиков УКВ (FM)–диапазона, а особенно в сочетании с телевизионным сигналом могут наносить особый вред здоровью человека. Приведенные параметры передатчиков достаточно стандартны. Так, по классификации Х. Долк, телевизионные башни в крупных российских городах могут быть отнесены к третьей группе, а к первой группе можно отнести мачту Останкинского телевизионного передающего центра. Тот факт, что суммарная мощность передатчиков УКВ (FM)–диапазона на многих объектах не превышает 25 кВт, еще не означает, что уровень воздействия электромагнитного поля можно считать абсолютно безопасным. Ведь интенсивность поля зависит не только от мощности передатчика, но и от расстояния. Например, слабый передатчик мощностью 5 кВт на расстоянии 100 м создает такую же интенсивность облучения, как и мощный передатчик в 100 кВт на расстоянии 2 км.

В связи с тем, что вопрос о влиянии на здоровье человека электромагнитных полей теле– и радиопередающих башен в районах жилых застроек в городах России пока малоизучен, необходимо провести аналогичные исследования в крупных городах России.

Контрольные вопросы

1. Что такое акустический шум? 2. Методы борьбы с производственным и бытовым шумом. 3. Масштабы электромагнитного загрязнения среды. 4. Защита от электромагнитного воздействия.

7 ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

По информации Министерства здравоохранения Российской Федерации, только 15 % городских жителей в России проживают на территориях, где уровень загрязнения воздуха находится в пределах нормативов; 40 % городских жителей живут в условиях периодического превышения в атмосфере предельно допустимых концентраций вредных веществ в 5–10 раз; две третьих водных источников России непригодны для питья; многие реки превращены в сточные канавы, доля загрязнения от автотранспорта составляет 46 % общего выброса вредных веществ и достигает до 70–80 % в таких крупных городах, как Москва и Санкт–Петербург, а также в Приморском крае, Белгородской, Пензенской, Свердловской и Челябинской областях. На каждого жителя приходится до 400 кг выбросов промышленных предприятий в воздух. Под сернокислотными дождями гибнут леса, животный мир, памятники культуры и архитектуры, заповедные места.

7.1 Влияние хозяйственной деятельности Тяжелой промышленности

Практически в каждом экономическом районе России есть республики, края и области с наиболее неблагоприятной экологической обстановкой, которая обусловлена деятельностью комплекса конкретных производств.

В Северном районе в Мурманской области экологическая обстановка сложилась под воздействием горнодобывающей промышленности, цветной металлургии и концентрации объектов атомной энергетики и атомного флота.

В Центральном районе в Тульской области она обусловлена действием предприятий теплоэнергетики, металлургии, химической и нефтехимической промышленности.

В Центрально–Черноземном районе в Липецкой области на окружающую среду главным образом влияют предприятия черной металлургии.

В Поволжском районе в Астраханской области экологическую обстановку определяют газовая промышленность, речной и морской транспорт, в Самарской области – энергетика, химическая, нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность.

В Северо-Кавказском районе в Ростовской области экологическая обстановка обусловлена деятельностью предприятий энергетики, угольной промышленности и коммунального хозяйства.

В Уральском районе в Республике Башкортостан на нее влияют предприятия нефтяной, химической и нефтехимической промышленности, а в Свердловской и Челябинской областях – предприятия металлургии и энергетики.

В Западно-Сибирском районе в Кемеровской области экологическая обстановка сложилась под воздействием горнодобывающей, металлургической и химической промышленности, в Тюменской области – нефте- и горнодобывающей промышленности, а также энергетике.

В Восточно-Сибирском районе в Красноярском крае ее определяют горнодобывающая промышленность, цветная металлургия, предприятия ядерного топливного цикла, энергетике и химии, в Иркутской области – горнодобывающая промышленность, цветная металлургия, нефтехимическая и целлюлозно-бумажная промышленность, а также энергетика.

В Дальневосточном районе в Амурской области и Республике Саха (Якутия) экологическая обстановка обусловлена деятельностью предприятий горнодобывающей и лесной промышленности, коммунального хозяйства, в Сахалинской области – деятельностью рыбной промышленности, энергетике, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.

В настоящее время воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду определяется значительными объемами выбросов в атмосферный воздух, водопотребления для промышленных целей и сбросов сточных вод. Принимаемые меры по снижению выбросов дают некоторые положительные результаты, в ряде случаев удельные расходы сырьевых и энергетических ресурсов на единицу производимых видов продукции снижаются. Однако это единичные случаи. Спад производства еще более

обострил экологический кризис на территории Российской Федерации. Загрязненность окружающей среды в большинстве регионов увеличивается в основном из-за снижения технического уровня производства, износа технологического оборудования, сокращения капитальных вложений на природоохранные мероприятия и ухудшения использования действующих природоохраненных комплексов.

За последние годы, несмотря на значительное падение производства и остановку многих промышленных предприятий, выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух достигли 40–43 млн. т, в том числе от стационарных источников – 21–24 млн. т. Наибольшее загрязнение атмосферы (по объему выбросов) происходит в результате деятельности предприятий энергетики – 27,7 % общих выбросов промышленностью России, цветной – 20,4 % и черной металлургии – 15,1 %.

В природную среду с каждым годом все больших объемах попадают газообразные, жидкие и твердые отходы производств. Различные химические вещества от сгорания, испарения, гниения и разложения (особенно на свалках, когда отходы гниют и разлагаются в течение десятков и сотен лет), попадая в воздух, почву и воду, переходят по экологическим звеньям из одной цепи в другую и попадают, в конце концов, в организм человека.

Суммарный объем загрязненных сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты Российской Федерации, распределяется между жилищно-коммунальным хозяйством (51 %), промышленностью (35 %), сельским хозяйством (13 %) и в течение последних нескольких лет практически не изменяется.

Энергетическая промышленность. К основным воздействиям энергетики на окружающую среду относятся потребление воды, кислорода воздуха, изменение ландшафта, а также многообразные выбросы, сбросы и отходы, поступающие в окружающую среду.

Производство энергии на тепловых электростанциях (ТЭС), основанное на сжигании органического топлива, приводит к значительному загрязнению окружающей среды и, в первую очередь, атмосферного воздуха. Одним из факторов воздействия ТЭС, работающих на угле, на окружающую среду являются выбросы из систем складирования и транспортировки топлива, пы-

ле- и золоудаления. При транспортировке и складировании топлива возможно не только пылевое загрязнение, но и выделение продуктов окисления топлива.

Годовой объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу тепловыми электростанциями составляет 4,4–4,6 млн. т твердых веществ (диоксида серы, оксидов азота и углерода) или около 85–89 % общих, выбросов по энергетической промышленности. Наибольшие объемы валовых выбросов вредных веществ в атмосферу производят (тыс. т/год): Рефтинская ГРЭС (г. Асбест) – до 250, Новочеркасская ГРЭС – до 209, Троицкая ГРЭС – до 1645 и Рязанская ГРЭС – до 145.

Энергетическая промышленность – крупнейший потребитель пресной и морской воды, на ее долю приходится 66 % общего объема забора пресной воды промышленностью и 98 % забора морской воды; а по использованию воды – около 70 %. Наиболее значительные объемы валовых сбросов загрязненных сточных вод в природные водные объекты производят (млн. м³): ТЭЦ–10 (г. Ангарск) – 168, Безымянская ТЭЦ (г. Самара) – 90 и Красноярская ТЭЦ–2 – 52.

Водохранилища, возникшие в результате сооружения плотин гидроэлектростанций, кроме положительного эффекта (регулирование речного стока, снижение опасности наводнений и развития эрозии почв, снабжение водой и др.), оказывают и отрицательное воздействие на природную среду (затопление земель и населенных пунктов, засоление или заболачивание почв, затопление и разложение наземной растительности, развитие новых видов водной флоры и фауны и т.п.).

Нефтедобывающая промышленность. Воздействие этой отрасли промышленности на атмосферу, гидросферу и литосферу характеризуется:

- загрязнением атмосферы выбросами вредных веществ;
- потреблением воды для буровых установок и компрессорных станций, заводнением и сбросом загрязняющих веществ в поверхностные и подземные воды, на рельеф;
- извлечением с нефтью высокоминерализованных попутных вод;
- изменением ландшафта (земляные работы, изъятие земель для строительства объектов нефтегазодобычи, застройка, пере-

мещение грузов волоком), вырубкой лесов, загрязнением почвы нефтепродуктами, разрушением пластов недр и др.;

- захоронением отходов бурения;
- аварийными разливами нефти.

Несмотря на то, что вклад отрасли в промышленное загрязнение атмосферы незначителен (7,8 %), она характеризуется, самой низкой в промышленности Российской Федерации степенью улавливания вредных веществ, поступающих в атмосферу (в целом по отрасли – 1,7 %, в том числе по твердым веществам – 5,8 %, жидким и газообразным – 1,6 %). Характерными загрязняющими веществами, образующимися в процессе добычи нефти, являются углеводороды и оксид углерода. Значительная масса загрязнений поступает в атмосферу при сжигании нефтяного газа в факелах.

В нефтедобывающей промышленности экономия свежей воды за счет использования оборотных систем водоснабжения достигает 89 %, что выше среднего показателя по промышленности (78 %). Большая часть, сточных вод сбрасывается нефтедобывающими предприятиями в поглощающие горизонты (в основном для поддержания пластового давления в нефтяных пластах), поверхностные водоемы (биологически очищенные и неочищенные загрязненные воды), а также на рельеф. Сброс загрязненных сточных вод в водоемы невелик (31,1 млн. м³), большая их часть (около 80%) сбрасывается недостаточно очищенными.

Серьезный ущерб окружающей среде наносится разливами нефти и минерализованных сточных вод вследствие прорывов трубопроводов, вызванных различными причинами.

Нефтеперерабатывающая промышленность. Размещение предприятий отрасли, которая является одним из крупнейших водопотребителей, вблизи водоемов или на территории крупных городов создает опасность для водных объектов и оказывает отрицательное воздействие на экологическую обстановку городов, что требует принятия дополнительных природоохранных мер.

Многие нефтеперерабатывающие заводы содержат на своем балансе сооружения, используемые для очистки не только промышленных, но и коммунальных сточных вод, вследствие чего на предприятиях скапливается в больших объемах биологически ак-

тивный ил, процесс утилизации которого является природоохранной проблемой отрасли.

На нефтеперерабатывающих предприятиях основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу, являются углеводороды и летучие органические соединения, диоксид серы, оксид углерода и оксиды азота. Среди других проблем можно выделить образование большого количества отходов производства (кислые гудроны, стоки синтетических жирных кислот, сернисто-щелочные стоки, отработанные отбеливающие земли).

Газовая промышленность. При добыче, переработке, хранении и транспортировке природного газа ущерб окружающей природной среде наносится выбросами вредных веществ в атмосферу. Ряд населенных пунктов, расположенных в местах добычи и переработки газа, включен в перечень городов с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Особенно сильно это влияние проявляется в Астраханской области. Улавливание вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу предприятиями отрасли, составляет 27,1 % (в том числе твердых веществ – 12,9 %, диоксида серы – 73,2 %, оксида углерода – 19 %), практически не улавливаются оксиды азота и углеводороды.

Воздействие на водные объекты связано с потреблением воды для буровых установок, компрессорных станций и заводнения, сбросом неочищенных сточных вод, тепловым загрязнением водоемов.

Последствия воздействия газовой промышленности на литосферу многообразны: изменение ландшафта (земляные работы, система очистки промывочного раствора, застройка, перемещение грузов волоком), вырубка лесов, загрязнение почвы нефтепродуктами, разрушение пластов недр и др.

Угольная промышленность. На экологическую обстановку Кузнецкого, Канско-Ачинского, Печорского, Южно-Якутского, Подмосковского, Ростовского угледобывающих регионов, городов и поселков воздействуют более 200 шахт, около 70 разрезов, свыше 70 обогатительных фабрик и примерно 350 других предприятий отрасли.

Если в других отраслях промышленности со спадом производства сократились в той или иной степени объемы выбросов

вредных веществ в атмосферу и сбросов неочищенных сточных вод, то в угольной промышленности все наоборот.

Так, несмотря на то что объем добычи угля за последние годы сократился, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных установок за этот же период возросли. Создается впечатление, что в отрасли прекращена работа по охране и защите окружающей среды, по экологической безопасности населения, проживающего в шахтерских городах и поселках. К основным факторам угольной промышленности, влияющим на состояние окружающей природной среды, относятся:

- изъятие земель, их загрязнение отходами добычи и обогащения угля и горючих сланцев;
- истощение водных ресурсов и изменение гидрологического режима подземных и поверхностных вод;
- загрязнение подземных и поверхностных водных объектов производственными и хозяйственно–бытовыми сточными водами от предприятий и населенных пунктов;
- загрязнение воздушного бассейна твердыми и газообразными вредными веществами при добыче, переработке и сжигании твердого топлива (многочисленные котельные, дымящиеся породные отвалы т.д.).

Основными источниками выбросов вредных веществ в атмосферу в отрасли являются промышленные и бытовые котельные, вентиляционные и аспирационные системы шахт и обогатительных фабрик, породные отвалы и др.

Площадь нарушенных горными работами земель составляет 107 тыс. га, из которых почти половина расположена в Кузнецком бассейне.

Черная металлургия – одна из наиболее емких отраслей промышленности по загрязнению окружающей природной среды. Устаревшие технологии и износившееся оборудование резко усугубляют и без того значительное негативное воздействие на объекты природной среды, заложенное уже в самом характере металлургического производства (горнодобывающая промышленность, доменное, сталелитейное, электроплавильное, трубопрокатное и коксохимическое производства, химико-металлургическая отрасль и др.).

Черная металлургия является одной из основных отраслей промышленности России по валовому выбросу загрязняющих веществ в атмосферу. В агломерационном производстве в воздух выбрасываются пыль, диоксид серы, оксид углерода, оксиды железа, марганец, кальций, алюминий, кремний, титан, ванадий, фосфор, натрий, калий и др.; в доменном, мартеновском, конвертерном и электроплавильном производствах – пыль, оксид углерода, оксиды азота и т.д.

В отдельные годы валовый выброс вредных веществ в атмосферу отраслью достигал 2735 тыс. т или 15 % общепромышленного объема выбросов. Основной объем загрязнений приходится на оксид углерода (70 %). По-прежнему на низком уровне остается улавливание вредных веществ (65–69 %).

В целом по отрасли из года в год увеличивается общий объем сбрасываемых загрязненных сточных вод в поверхностные воды и составляет около 757 млн. м³ в год.

В городах, где расположены крупные предприятия черной металлургии, систематически отмечается высокое загрязнение воздуха несколькими примесями, а также одной примесью с высоким классом опасности или наибольшими уровнями концентрации, причем максимальные концентрации примесей достигают 10–155 ПДК.

Основными источниками выбросов в атмосферный воздух являются: в агломерационном производстве – агломерационные машины, машины для обжига окатышей, дробильноразмольное оборудование, места разгрузки, перегрузки и пересыпки материалов; при производстве чугуна и стали – доменные, мартеновские и сталеплавильные печи, установки непрерывной разливки стали, травильные отделения, ваграночные печи чугунолитейных цехов и др.

На предприятиях отрасли продолжают сбрасывать большой объем загрязненных сточных вод в водоемы, куда вместе с этими водами попадают загрязняющие взвешенные вещества, сульфаты, хлориды, соединения железа и тяжелых металлов. Эти сбросы настолько велики, что превращают реки и водоемы в «чрезвычайно грязные».

Существенное воздействие на состояние подземных вод оказывают предприятия через фильтрующие накопители. Так,

Новолипецкий металлургический комбинат является источником загрязнения подземных вод родонитами (до 957 ПДК), цианидами (до 308 ПДК), нефтепродуктами (до 80 ПДК), фенолами (до 50 ПДК).

Крупные предприятия черной металлургии представляют значительные источники загрязнения почвенных покровов. По данным аэрокосмической съемки, зона загрязнения почвенного покрова прослеживается на расстоянии до 60 км от источника загрязнения.

Огромные объемы выбросов и сбросов загрязнителей объясняются следующими причинами: каждый третий источник загрязнения не оснащен очистными установками, каждая пятая пылегазоочистная установка не работает или работает неэффективно, только половина сточных вод очищается до установленных нормативов. Коэффициент обезвреживания газообразных вредных веществ составляет около 60 %.

Значительные выбросы специфических вредных веществ, таких как сероводород, сероуглерод, фтористые соединения, бенз(а)пирен, аммиак, фенол, углеводород, из-за большого токсичности предопределили превышение допустимых санитарно-гигиенических норм. Средние за год концентрации сероуглерода превышают предельно допустимые концентрации в Магнитогорске – в 5 раз, в Кемерово – в 3 раза, бенз(а)пирена: в Новокузнецке – в 13 раз, Магнитогорске – в 10 раз, Новотроицке – в 7 раз, Нижнем Тагиле – в 5 раз, Череповце – в 13 раз и т.д.

Цветная металлургия. Наиболее крупные предприятия цветной металлургии расположены в Красноярском крае, Мурманской, Оренбургской, Челябинской, Свердловской и Новосибирской областях, Республике Башкортостан и Приморском крае.

Предприятия отрасли оказывают существенное влияние на формирование экологической обстановки в районах их расположения, а в некоторых случаях и полностью ее определяют. Особое место по масштабам производства и влиянию на окружающую природную среду занимают предприятия Российского акционерного общества (РАО) по производству цветных и драгоценных металлов «Норильский никель», которые обеспечивают выпуск 75 % никеля, меди и кобальта в стране. Основные предприятия РАО сосредоточены в двух экологически напряженных реги-

онах – Мурманской области и на полуострове Таймыр. Особенности районов расположения этих предприятий – их экологическая уязвимость.

Неблагоприятные физико–географические условия Приполярья определяют пониженный уровень устойчивости природной среды, который в несколько раз меньше, чем в средних широтах. Загрязняющие вещества переносятся в атмосфере на 100–200 км и более.

Цветная металлургия продолжает оставаться одним из лидеров загрязнения окружающей природной среды России. Несмотря на снижение за последние десятилетия производства цветных металлов (алюминий, медь, цинк, свинец, никель, олово, магний, кобальт, сурьма и титан), выброс вредных веществ по отрасли в целом не снижается и составляет около 3693 тыс. т или 20,4 % объема выбросов промышленности.

В нескольких десятках городов, где расположены предприятия цветной металлургии, в почвенном покрове обнаружены тяжелые металлы в количестве, превышающем ПДК в 2–5 раз и более. По суммарному индексу загрязнения почвенного покрова первое место занимает г. Рудная Пристань (Приморский край), в котором расположен свинцовый завод. В почвах зоны радиусом 5 км вокруг Рудной Приistani наблюдается загрязнение почв: свинцом – 300 ПДК, марганцем – 2 ПДК и др. К чрезвычайно опасной категории загрязнения почв относятся города: Белово Кемеровской области, где содержание свинца в почвенном покрове достигает 50 ПДК, Ревда Свердловской области – содержание свинца до 5 ПДК и ртути – до 7 ПДК.

Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность. Крупнейшие предприятия отрасли сосредоточены в Восточной Сибири, на севере и северо-западе европейской территорий России, на Урале, а также в Калининградской области. Она одна из самых водоемких отраслей народного хозяйства, оказывающих значительное воздействие на поверхностные воды. Объемы используемой воды в целом по отрасли достигли 2010,3 млн. м³. На эту отрасль приходится более 20 % общего промышленного сброса загрязненных сточных вод в стране.

При используемых в отрасли технологиях около 50 % сырья поступает в отходы в виде загрязненных смесей с водой (древе-

сина и кора, сухие вещества, содержащиеся в последрожжевой бражке, шламы водоочистных сооружений, шламолигнин). Составной частью технологических линий являются сооружения для очистки воды, транспортировки и захоронения отходов, которые занимают большие площади. В аспекте воздействия на окружающую среду важнейшей проблемой целлюлозно-бумажной промышленности признана переработка жидких сульфитных щелоков.

Выбросы загрязняющих веществ по отрасли составляют до 522,2 тыс. т в год или около 3 % объема выбросов от промышленности России; доля уловленных и обезвреженных веществ в отрасли – ниже средней по промышленности (73,5 % против 79,4 %).

Химическая и нефтехимическая промышленность. Предприятия отрасли расположены во многих регионах России, крупные комплексы сформировались в Татарстане, Башкортостане, Омской, Ярославской, Нижегородской, Самарской, Волгоградской, Пермской, Кемеровской и Иркутской областях. В ряде населенных пунктов России воздействие предприятий отрасли на окружающую среду доминирует.

Многообразие производств и характер используемого сырья, несовершенство технологий, незавершенность производственных циклов и износ основных фондов определяют воздействие химической промышленности на окружающую среду. Отрасль характеризуется большими объемами и высокой токсичностью отходов, выбросов вредных веществ в атмосферу и сбросов сточных вод.

Выбросы предприятий химической и нефтехимической промышленности характеризуются наличием в них твердых, жидких и газообразных веществ (выбросы диоксида серы, оксидов азота, оксида углерода в большей степени связаны с работой ТЭЦ и котельных, входящих в состав предприятий комплекса), а также широким перечнем специфических вредных веществ, среди которых можно выделить аммиак, бензин, сероуглерод, сероводород, толуол, ацетон, бензол, ксилол, формальдегид, дихлорэтан, этилацетат, серную кислоту, хлоруглеводород, метанол, капролактан, фенол, этилхлорид, фталевый ангидрид, пентоксид ванадия, шестивалентный хром, хлористый водород, пропилен, белок пы-

ли белково–витаминного концентрата (БВК) и др. Кроме того, для химических и нефтехимических производств характерны значительные объемы выбросов металлической ртути, составившие 54% общего объема этих выбросов промышленностью России.

Производственные потребности химического комплекса в воде на 91% удовлетворяются оборотными системами. Вместе с тем водоемкость химических процессов велика, что приводит к образованию значительных объемов сточных вод. В частности, предприятия отрасли за год сбрасывают в водоемы около 1450 млн. м³ загрязненных сточных вод. Вместе с этими водами в водоемы поступают нефтепродукты, взвешенные вещества, азот общий, азот аммонийный, нитраты, нитриды, хлориды, сульфаты, фосфор общий, цианиды, роданиды, кадмий, кобальт, марганец, медь, никель, ртуть, свинец, хром, цинк, сероводород, сероуглерод, спирты, бензол, формальдегид, фурфурол, фенолы, СПАВ, карбамид, пестициды.

Многочисленные накопители предприятий отрасли остаются источниками загрязнения подземных вод кадмием, никелем, цинком, свинцом, метанолом, фенолом, аммонием на площадях в десятки квадратных километров, что делает невозможным использование водоносных горизонтов для питьевого водоснабжения.

На предприятиях химической и нефтехимической промышленности образовалось свыше 11 млн. т отходов (шламы, ртуть–содержащие отходы, отработанные соляная и серная кислоты, дистиллированная жидкость и шлам аммиачно–хлоридных производств кальцинированной соды, лигнин, фосфогипс, изношенные шины, резиносодержащие отходы и др.), из которых примерно 30% используется, а остальные отходы либо уничтожаются и вывозятся на свалки, либо складываются, занимая огромные территории земельных ресурсов.

Специфика микробиологической подотрасли состоит в производстве белково-витаминного концентрата и выбросах белка пыли БВК, который отрицательно воздействует на здоровье населения в районах расположения Киришского биохимического завода, Благовещенского биохимкомбината, Светлоярского завода БВК. Этими предприятиями за год выбрасывается в атмосферу

около 36 тыс. т вредных веществ, из которых улавливается только 67 %. Объем сброса загрязненных сточных вод этими же предприятиями за год составляет 73,7 млн. м³, в основном это сточные воды, образующиеся при выделении и сгущении биомассы. Со сточными водами в водоемы поступают сульфаты, хлориды, фосфор, соединения азота, метанол, фурфурол и другие вещества.

Промышленность строительных материалов. Предприятия этой отрасли расположены во всех регионах Российской Федерации. Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха производствами стройматериалов отмечено в Ленинградской, Самарской, Саратовской, Ульяновской, Ростовской, Липецкой, Белгородской, Московской и Новосибирской областях, в Краснодарском, Алтайском и Приморском краях, а также в Бурятии. Вокруг заводов, производящих цемент, асбест и другие строительные материалы, сложились зоны с повышенным содержанием в воздухе пыли, в том числе цементной пыли, бензапирена и других вредных веществ.

Выбросы загрязняющих веществ от предприятий промышленности строительных материалов содержат в основном пыль и взвешенные вещества (54 % суммарного выброса по отрасли), а также оксид углерода (23,3 %). Кроме того, в выбросах присутствуют диоксид серы, оксиды азота, сероводорода, формальдегид, толуол, бензол, пентоксид ванадия, ксилол и другие вещества. Наибольшая доля выбросов приходится на предприятия, производящие цемент, – 273 тыс. т или 40,5 %.

Значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят залповые выбросы при проведении взрывных работ и добыче природного сырья открытым способом.

Основная причина сброса недостаточно очищенных сточных вод, содержащих значительное количество взвешенных веществ, нефтепродуктов и соединений азота, – низкая эффективность очистных сооружений.

Машиностроительная промышленность. Предприятия этой отрасли расположены почти во всех республиках, краях и областях Российской Федерации.

Основными источниками загрязнения окружающей среды на машиностроительных предприятиях являются линейное про-

изводство, травильные и гальванические цехи, цехи механической обработки, сварочные и покрасочные цехи и участки.

Отрасль за год выбрасывает в атмосферу около 725 тыс. т, из которых улавливается всего лишь 46,8–45,5 %. Главным образом улавливают твердые вещества, менее опасные для здоровья населения; улавливание диоксида серы и оксидов азота остается на очень высоком уровне, поскольку эти вещества представляют большую опасность для окружающей среды, чем даже отдельные химические заводы, где степень улавливания загрязняющих веществ составляет 0,97–0,95 %.

Поскольку предприятия машиностроения размещены по всей стране, большие объемы сбрасываемых сточных вод загрязняют многочисленные водоемы, мелкие и большие реки. Из сброшенных в поверхностные водоемы за год 1,82 млрд., м³ сточных вод загрязненные сточные воды составили 780 млн. м³, в том числе 170 млн. м³ без очистки.

Общие для всех видов машиностроения технологические процессы термообработки, гальванотехники, нанесения лакокрасочных покрытий и обработки пластмасс по-разному воздействуют на окружающую среду. Сточные воды этих производств содержат токсичные вещества, образующиеся из кислот (концентрация серной кислоты в отработанных травильных растворах достигает 2–4 %), неорганических солей хрома, цинка, меди, никеля, других тяжелых металлов.

На машиностроительных предприятиях образуются твердые отходы (черные и цветные металлы, шлак, окалина, зола, горелая формовочная смесь, шламы и флюсы, абразивы, древесные отходы, пластмассы). Отходы гальванического производства, относящиеся к первому классу опасности, в основном, вывозятся на полигоны (Калужская область), часто для этого непригодные (Алтайский край, Курская область), или накапливаются на территории предприятий (Нижегородская область и Красноярский край).

7.2 Загрязнение окружающей среды транспортно–дорожным комплексом

Воздействие транспорта и обеспечивающей его функционирование инфраструктуры сопровождается значительным загрязнением окружающей среды. Основные виды воздействия – загрязнение атмосферного воздуха токсичными компонентами отработавших газов транспортных двигателей, выбросы в атмосферный воздух от стационарных источников, загрязнение водных объектов, образование производственных отходов и воздействие транспортного шума.

Транспортный комплекс, к которому относятся автомобильный, водный, воздушный и железнодорожный транспорт, а также дорожное хозяйство, является крупнейшим источником загрязнения атмосферного воздуха. Оценка выбросов загрязняющих веществ в атмосферу этим комплексом, по данным Министерства транспорта Российской Федерации, проводилась для передвижных (транспортные средства) и стационарных (доки, ремонтные заводы, терминалы, котельные и др.) источников.

Оценивались выбросы семи наиболее массовых вредных веществ: оксида углерода, углеводородов, диоксида азота, сажи, диоксида серы, соединений свинца и твердых веществ. В среднем общая масса загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от передвижных источников, составляет около 12 млн. т в год, в том числе от автотранспорта – 95 %, воздушного транспорта – 2,5 %, морского и речного транспорта – 2,8 %.

Годовой валовой выброс вредных веществ в атмосферу от стационарных источников, по данным Минтранса России, определяется примерно в 840 тыс. т, в том числе твердых частиц (пыли) – 409,4 тыс. т и диоксида серы – 233 тыс. т. Таким образом, суммарная масса выбросов вредных веществ от передвижных и стационарных источников составляет около 12,4 млн. т.

Многие отходы, образующиеся на предприятиях транспортного комплекса, представляют собой вторичное сырье, а также отработанные нефтепродукты, отходы красок и шлаки.

Автомобильный транспорт относится к основным источникам загрязнения окружающей среды в большинстве крупных городов, при этом на 90 % воздействие на атмосферу связано с

работой автотранспортных средств на линии, остальной вклад вносят стационарные источники (цехи, участки, станции технического обслуживания, стоянки и т.д.).

В крупных городах России доля выбросов от автотранспорта соизмерима с выбросами от промышленных предприятий (Москва и Московская область, Санкт–Петербург, Краснодар, Екатеринбург, Уфа, Омск и др.). В городах с менее развитой промышленностью вклад автотранспорта в суммарное загрязнение атмосферного воздуха возрастает и в отдельных случаях достигает 80–90 % (Нальчик, Якутск, Махачкала, Армавир, Элиста, Горно–Алтайск и др.).

В 150 городах – среди них Москва, Томск, Ростов–на–Дону, Екатеринбург – выбросы от транспорта превышают промышленные. Нередко концентрации вредных веществ от автомобильных выхлопов превышают ПДК в 10–20 раз.

Отработавшие газы автомобильных двигателей содержат около двухсот веществ, большинство из которых токсичны. В выбросах карбюраторных двигателей основная доля вредных продуктов приходится на оксид углерода, углеводороды и оксиды азота, в выбросах дизельных двигателей – на оксиды азота и сажу.

Основными причинами неблагоприятного воздействия автотранспорта на окружающую природную среду являются низкий технический уровень эксплуатируемого подвижного состава и отсутствие систем нейтрализации отработавших газов.

Водный транспорт. Воздействие его на окружающую среду, прежде всего на водные ресурсы связано с потерей нефтепродуктов при погрузке и выгрузке, сбросами загрязнённых вод, а также сносами сыпучих грузов с причалов, потерями при работе земляных снарядов и т.п. Сточные воды от судов, административных и производственных корпусов портов направляются в городской коллектор и далее на городские очистные сооружения.

Воздушный транспорт. Для современной авиации характерны два определяющих фактора воздействия воздушных судов – авиационный шум и выбросы авиадвигателями загрязняющих веществ. Хотя в России в последнее время появились самолеты, шум от которых существенно ниже, чем у ныне эксплуатируемых, наибольшее воздействие на окружающую среду оказывают

самолеты, удовлетворяющие лишь минимальным требованиям международного стандарта по шуму.

Железнодорожный транспорт. Основными видами воздействия его на окружающую среду являются преобразование территорий, потребление топливных ресурсов и электроэнергии, потребление воды предприятиями и подвижным составом, а также разнообразные выбросы твердых, жидких и газообразных веществ во все компоненты окружающей среды.

В отрасли остро стоит проблема использования, обезвреживания, переработки и захоронения отходов от деятельности железнодорожных предприятий, особенно отходов, содержащих нефтепродукты (шламы, замазученный грунт, котельные шлаки, зола). Категорийность отходов по классу опасности различна по железным дорогам и определяется преобладанием малоопасных отходов четвертого класса (64 %). По данным Министерства путей сообщения Российской Федерации, из общего количества накопленных отходов использовано, полностью обезврежено, передано другим предприятиям для использования и обезвреживания 136,8 тыс. т (61 %), направлено в места захоронения и складирования в целом по отрасли 53,8 тыс. т (24 %). Имеются случаи размещения отходов в несанкционированных местах их хранения (700 т или 0,3 % общей массы образовавшихся отходов).

7.3 Загрязнение жилищно–коммунальным хозяйством

Предприятия жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) являются основными источниками поступления загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты страны. На долю ЖКХ приходится половина объема сброса сточных вод этой категории в целом по Российской Федерации и более трети объема сброса нормативно–очищенных сточных вод.

Аварийные загрязнения водных источников сопровождаются остановкой городских и поселковых водозаборов, нарушением режима водоснабжения. Размещение промышленных предприятий и других экологически опасных объектов в зонах санитарной охраны источников питьевого водоснабжения привело к тому, что вся вода, забираемая из поверхностных источников, подвер-

гается специальной обработке. В большинстве городов Российской Федерации ощущается недостаток мощностей водопроводных сооружений. Вследствие этого около 50 % населения России вынуждено использовать для хозяйственно-питьевых нужд воду, не соответствующую санитарно-гигиеническим требованиям.

Износ систем водоснабжения и канализации с каждым годом нарастает, что ведет к залповым сбросам загрязненных сточных вод, вызывающим экстремально высокое загрязнение водных объектов, а также вспышки инфекционных заболеваний. Более трети всех водопроводных сетей требует полной замены; прорывы, отключения и аварии вызывают не только потери воды, но и временное прекращение водоснабжения.

Из всего объема сточных вод, поступающих через коммунальные сети в поверхностные водные объекты, – 13,7 млрд. м³ более 90 % (12,5 млрд. м³) сбрасываются загрязненными. Около 70 % промышленных предприятий сбрасывают в систему коммунальной канализации сточные воды, в которых содержатся, в частности, соли тяжелых металлов и ядовитые вещества, что не позволяет использовать образующийся осадок в сельском хозяйстве и создает проблемы с его утилизацией.

Наибольшие объемы сброса загрязненных сточных вод в отрасли имеют водопроводно-канализационные предприятия следующих городов (млн. м³): Москва – 2197,2, Санкт-Петербург – 1282,6, Нижний Новгород – 328,9, Новосибирск – 300,5, Самара – 264,3, Челябинск – 256,9, Красноярск – 239,9, Омск – 232,8, Екатеринбург – 224, Саратов – 184,6.

Определенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят коммунальные котельные, а также принимаемые на баланс ЖКХ котельные других ведомств, зачастую маломощные и не имеющие установок для очистки дымовых газов. Ежегодно суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями ЖКХ составляет около 500 тыс. т, из которых улавливается только 11,1 % вредных веществ, что значительно ниже среднего показателя по Российской Федерации – 76,8 %.

7.4 Загрязнение сельским хозяйством

Все виды сельскохозяйственного производства, так или иначе, взаимосвязаны с окружающей средой. Эрозия почв, истощение и загрязнение водных источников, засоление земель, образование подвижных песков и оврагов, снижение содержания гумуса и основных элементов минерального питания растений в почвах сельскохозяйственных угодий, повышение кислотности почв, ухудшение состояния сельскохозяйственных земель – все это представляет важные проблемы, связанные с невозполнимым ущербом, наносимым ресурсам и окружающей среде.

Практически все площади сельскохозяйственных угодий Северного Кавказа являются эродированными и эрозионно–опасными, а в таких крупных сельскохозяйственных районах, как Поволжье, Западная Сибирь и Южный Урал, каждый третий или четвертый гектар пашни подвержен эрозии. Аналогичное положение и в Центрально–Черноземном районе.

Особую тревогу вызывает состояние мелиорированных земель, площадь которых в России составила 9,7 млн. га, из них орошаемых – 5 млн. га и осушенных – 4,7 млн. га. В последние годы наметилась устойчивая тенденция роста земель с неблагоприятной мелиоративной обстановкой и снижения их продуктивности. В зоне недостаточного увлажнения, особенно в Поволжье, идет интенсивный подъем уровня грунтовых вод и на многих оросительных системах Астраханской, Волгоградской, Самарской и Саратовской областей он достиг критических отметок. Эти процессы в большинстве случаев сопровождаются вторичным засолением и осолонцеванием почв, а также минерализацией грунтовых вод. Из–за высокого уровня грунтовых вод, засоления земель и недопустимых сроков отвода поверхностных вод в настоящее время в неудовлетворительном состоянии находятся 739 тыс. га орошаемых и 760 тыс. га осушенных угодий, или соответственно 15 и 16 % их площадей.

Значительный ущерб водным ресурсам (как поверхностным, так и подземным) наносят склады минеральных и органических удобрений, ядохимикатов и пестицидов, а также горюче–смазочных материалов, на которых нарушаются регламенты их хранения и транспортировки. Для окружающей среды большую

опасность представляют продукты сгорания топлива сельскохозяйственной техники, эксплуатационные и технологические разливы топливно–смазочных материалов и их склады котельные, устаревшее холодильное оборудование.

К опасному загрязнению окружающей среды приводят навозные и пометные стоки животноводческих комплексов и птицефабрик. Из образующихся стоков в качестве удобрений используют в среднем менее 70%, остальная часть переполняет пруды–накопители, сбрасывается на прилегающие земли, в очистные сооружения и водоемы (в том числе источники питьевого водоснабжения), поступает в подземные воды, загрязняя их соединениями азота в количествах, во много раз превышающих ПДК.

На долю сельского хозяйства приходится шестая часть объема сброса сточных вод в водоемы России и почти восьмая часть сброса загрязненных сточных вод. Годовой объем сброса в водоемы составляет около 10,25 млрд. м³, сброс загрязненных сточных вод – около 3,2 млрд. м³.

Воздействие сельского хозяйства на загрязнение воздушного бассейна незначительно и в основном связано с выбросами дымовых газов котельных.

7.5 Загрязнение оборонной промышленностью и вооруженными силами

В оборонной промышленности основными источниками загрязнения окружающей среды являются промышленные котельные, испытательные станции авиационных и ракетных двигателей, литейные и гальванические производства, производство печатных плат, участки переработки пластмасс и окраски изделий, производства спецхимии.

Выброс в атмосферу загрязненных веществ этими объектами невелик, но доля улавливаемых и обезвреженных веществ составляет около 55 %, что ниже среднего по промышленности России уровня, равного 79,4 %.

В выбросах предприятий оборонного комплекса присутствуют оксид углерода, оксиды азота, углеводороды, пыль, диоксид серы и специфические вещества.

Вооруженные Силы в России – крупнейший потребитель природных, людских, финансовых, энергетических и других материальных ресурсов. Особенности воздействия их на окружающую среду обусловлены рядом факторов. К основным из них относятся:

- содержание ядерного и химического оружия, атомного флота, ракетных средств – потенциальных источников экологической опасности;

- загрязнение природной среды и околоземного космического пространства при использовании по назначению, утилизации и уничтожении ядерного, ракетного, химического и обычного вооружения;

- загрязнение природной среды сбросами с береговых объектов ВМФ, а также сбросом с кораблей сточных вод без очистки во внутренних и международных водах;

- загрязнение остатками высокотоксичного горючего и продуктами его трансформации в районах падения отделяющихся частей ракетносителей (в ряде случаев и прилегающих территорий);

- загрязнение нефтепродуктами и горюче–смазочными материалами в результате неудовлетворительного технического состояния, несвоевременного ремонта и реконструкции складов горючего;

- выброс в воздух вредных веществ от гарнизонных котельных, автопарков и ремонтных заводов, сброс хозяйственно–бытовых и производственных сточных вод от военных городков, сельскохозяйственных предприятий, стройиндустрии, а также образование твердых отходов, бытового мусора и т.д.

Основная часть военных объектов по характеру загрязнения практически не отличается от типовых народнохозяйственных объектов. На Новой Земле существует экологическая проблема, обусловленная специфической военной деятельностью.

Объем вредных выбросов в атмосферный воздух очень большой. Самые массовые источники загрязнения – двигатели внутреннего сгорания и котельные установки.

Существует необходимость последовательного решения задач экологической безопасности при ликвидации и утилизации ракетных вооружений. Ликвидация ракет на твердом топливе

проводится методом отжига на открытом стенде на предприятии в Пермской области. При этом в атмосферу выбрасываются хлористый водород и оксиды азота.

Крупной проблемой является утилизация компонентов жидких ракетных топлив и восстановление территорий, загрязненных ими. Во избежание загрязнения поверхностных и грунтовых вод высокотоксичными веществами Минобороны России проведены работы по вывозу для нейтрализации и захоронения более 500 т промышленных стоков несимметричного диметилгидразина.

В местах базирования подводных и надводных атомных кораблей Северного флота хранилища отработанного ядерного топлива морально и физически устарели и полностью заполнены. В Приморском крае не решена проблема обезвреживания и безопасного хранения радиоактивных отходов, образующихся в процессе эксплуатации подводных лодок и судов Военно-Морского Флота.

7.6 Загрязнение особо опасными веществами

Диоксины. Развитие диоксиноопасных производств в ряде городов страны, а также применение гербицидов в зонах интенсивного рисосеяния на Кубани, в районах Нижней Волги, Дальнего Востока и Приазовья создают реальную угрозу диоксинового загрязнения. При обследовании отдельных локальных источников диоксиноопасных производств было установлено загрязнение диоксинами продукции, сточных вод, выбросов в атмосферу, почв и воздуха на территории ряда предприятий и вблизи заводов.

Диоксины образуются в виде примеси в продукции многих производств, связанных с использованием хлора, брома и их соединений. Наиболее опасными и токсичными диоксинами являются соединения 2,3,7,8-ТХДД и 1,2,3,7,8-ПХДД.

Значительными источниками поступления в окружающую среду широкого спектра изомеров ПХДД и ПХДФ являются свалки бытовых отходов. Так, в пробах почвы, отобранных в непосредственной близости от свалки в Туле на расстоянии около 100 м концентрация диоксинов в пересчете на диоксиновый эквивалент составила 2100–800 пг/кг почвы. Это более чем на по-

рядок превышает принятый в России ориентировочно–безопасный уровень (ОБУВ) в почве для диоксиновых соединений (133 пг/кг).

Поскольку в Российской Федерации отсутствуют нормативы по выбросам предприятиями в атмосферу диоксиновых соединений, оценить степень опасности их для окружающей среды затруднительно. До настоящего времени в нашей стране не проводится систематический контроль содержания диоксинов в окружающей среде. Отсутствие соответствующего оборудования, стандартов и специалистов в региональных лабораториях делает невозможным проведение массовых анализов проб.

Выборочные обследования окружающей среды на содержание в ней диоксинов проводилась в Дзержинске, Ногинске, Чапаевске и Щелково, где действуют химические производства на основе хлорфенолов (например, по производству гербицидов). В результате установлено повышенное содержание диоксинов (до 0,01–0,14 мг/кг) в самой продукции этих предприятий, тогда как в США и ФРГ допустимый норматив для подобной продукции составляет 0,001–0,005 мг/кг. Применение гербицидов с высоким содержанием диоксинов приводит к загрязнению этими соединениями почвы, растений и пищевых продуктов. В перечисленных городах найдены высокие концентрации диоксинов в почвах на территории самих заводов (0,0009–0,04 мг/кг). Огромную опасность для подземных и речных вод представляет также концентрация диоксинов в шламонакопителях. Так, содержание диоксинов в шламе предприятия г. Чапаевска достигает 0,15 мг/кг.

В золе мусоросжигательных бытовых и промышленных установок в Москве и Мурманске концентрации диоксинов составляют 0,0001–0,0009 мг/кг. Этот факт вызывает тревогу в связи с тем, что подобные установки расположены на территории жилых массивов, а технологии утилизации или захоронения золы отсутствуют.

Активно рекламируемые оконные рамы, линолеум, трубы, покрытия для крыш, жалюзи и даже игрушки, из поливинилхлорида (ПВХ) сами по себе безобидны. Однако при пожаре это вещество выделяет сильнейший яд, ничтожная доза которого способна убить человека (чем и опасны горящие свалки, выбрасывающие в атмосферу диоксин). Не менее безопасно, когда изде-

лия из ПВХ выбрасываются на свалку, где идет их биологическое разложение (холодное горение), при котором в течение многих десятков лет выделяется диоксин.

Ядовитость диоксина, а именно он образуется при взаимодействии ПВХ с огнем, поражает воображение. Он, например, в сто раз токсичнее кураре, которым индейцы смазывали свои стрелы, в тысячу раз токсичнее известного яда стрихнина, в десять тысяч раз токсичнее нервно-паралитического боевого отравляющего вещества – диизопропилфторфосфата. Но главная его опасность таится даже не в этом, а в сильнейшем воздействии на иммунную и эндокринную системы организма. Диоксин вызывает образование опухолей и воздействует на репродуктивные функции. Обширный список поражений организма включает как «безобидные» заболевания – малая масса новорожденных, так и увеличение выкидышей у женщин (в 2 раза больше, чем у женщин, не отравленных диоксинами), внутриутробных смертей (в 5 раз), врожденных аномалий (в 6 раз). Эти страшные цифры получены при изучении последствий распыления американскими войсками в Южном Вьетнаме гербицида «оранжевый реагент», который содержал ничтожные примеси диоксина.

Действие диоксинов проявляется при совершенно ничтожных концентрациях. Так, принятая у нас допустимая суточная доза (ДСД) равна 10 пг (пикограмм) на 1 кг массы тела человека в день ($1 \text{ пг} = 10^{-12} \text{ г}$). В США эта норма еще меньше и измеряется в фемтограммах (10^{-15} г). По данным Управления по охране окружающей среды США (USEPA), человечество уже достигло того уровня загрязнения диоксинами, который опасен для жизни, и выбросы этого яда должны быть исключены в принципе.

Тем не менее, в Россию хлынул поток самых разнообразных товаров из ПВХ, производство и продажа которых за рубежом запрещены. В нашей же стране разрешено изготавливать и реализовывать товары из ПВХ, однако при их сертификации не предусмотрены испытания на безопасность при взаимодействии с огнем. Рано или поздно линолеум, обои, упаковочные материалы попадают в топки мусоросжигающих заводов.

Основная опасность диоксинов заключается в их способности эффективно накапливаться в живых организмах и вызывать отдаленные последствия хронического отравления малыми доза-

ми. Интенсивное изучение опасности загрязнения диоксинами ведется с тех пор, когда стала известна причина массовых поражений людей во Вьетнаме, в Севезе (Италия), шт. Миссури (США), в Японии (болезнь «ЮШО»),

Полихлорбифенилы. Особую опасность для биоты и человека представляют вещества, входящие в группу стойких хлорорганических соединений. Это хлорорганические пестициды (ДДТ, ГХБ, ГХЦГ) и полихлорированные бифенилы (ПХБ). Последние благодаря своим уникальным свойствам – химической, термической и биологической устойчивости и высокой диэлектрической постоянной нашли широкое применение в электротехнической и других отраслях промышленности. Опасность этих веществ связана с их способностью аккумулироваться в экосистемах по трофическим цепочкам (в первую очередь в жировой ткани). В настоящее время почти во всех странах приняты законы, запрещающие или резко ограничивающие применение ПХБ.

На территории Российской Федерации закрыт ряд производств, использующие ПХБ, разработаны предельно допустимые нормативы их содержания в атмосферном воздухе ($0,001 \text{ мг/м}^3$) и почве ($0,06 \text{ мг/кг}$). Однако остается проблема сжигания отходов на свалках, когда происходит загрязнение окружающей среды не только ПХБ, но и диоксинами, и дибензофуранами, образующимися при неполном сгорании хлорированных бифенилов. Вопрос утилизации вышедших из строя или отслуживших свой срок изделий, содержащих ПХБ, также не решен.

Полихлорбифенилы обнаруживаются повсеместно в окружающей среде, а также в тканях рыб, птиц, животных и человека. В чистых районах, например в оз. Байкал, нерпа содержит ПХБ в количествах, близких к опасным концентрациям. Высокие уровни загрязнения воздуха, почвы, воды, растительности и грудного женского молока отмечены на территории Российской Федерации вокруг предприятий, производящих или использующих ПХБ (конденсаторные и металлургические заводы в Дзержинске, Серпухове, в Челябинской области). Например, в Челябинской области вокруг таких заводов на расстоянии $0,5\text{--}1 \text{ км}$ содержание ПХБ в почвах в $5\text{--}17$ раз превышает норматив.

Содержание ПХБ в почве на расстоянии $0,5 \text{ км}$ от конденсаторного завода в Серпухове ориентировочно превышало допу-

стимулю концентрацию в 33 раза, а на территории лакокрасочного завода в Челябинской области – в 17 раз.

Бенз(а)пирен является одним из самых распространенных и сильнодействующих канцерогенов, содержащихся в атмосферном воздухе. В городах, где его концентрация составляет 2–4 ПДК, частота заболеваний раком у лиц старше 40 лет возрастает на 12–20 %, а при превышении 4 ПДК на 22–24 % выше, чем в городах, где концентрация бенз(а)пирена меньше 2 ПДК.

Основными источниками бенз(а)пирена являются предприятия цветной и черной металлургии, коксо– и нефтехимии, литейное производство, асфальтобетонные заводы, тепловые электростанции, транспорт и мусоросжигание.

Проведенный мониторинг бенз(а)пирена в 162 городах Российской Федерации показал, что содержание его в воздухе городов достигает максимального значения зимой, а минимального – летом. Особенно высокие среднегодовые концентрации этого вещества (более 10 ПДК) в отдельные годы зафиксированы в городах Сибири и Дальнего Востока: Братске, Зиме, Иркутске, Кызыле, Новокузнецке, Улан–Уде, Уссурийске, Черемхове, Чите и Шелехове. Уровни загрязнения городов на европейской территории России значительно ниже; среднегодовая концентрация на уровне 2–6 ПДК зарегистрирована в Калининграде, Кандалакше, Липецке, Новгороде, Сыктывкаре и Череповце.

Вместе с тем в последние годы в ряде городов России наблюдалось снижение уровня среднегодовой концентрации бенз(а)пирена до 70 % относительно начала десятилетнего периода наблюдений.

Содержание бенз(а)пирена в атмосферном воздухе варьирует в диапазоне 0,1–1,5 ПДК (Волжский, Воскресенск, Дзержинск, Курск, Норильск, Орск, Кириши, Клин, Ковдор, Набережные Челны, Находка, Северодвинск, Сызрань).

Однако не только бенз(а)пирен, но и промышленная пыль, диоксид азота и диоксид серы способны вызывать онкологические заболевания, если концентрация любого из них превышает 2 ПДК. Это обстоятельство заслуживает особого внимания, так как устойчивый рост концентраций диоксида азота в атмосферном воздухе городов обусловлен ростом парка автомобилей, вы-

бросы от которых более чем в 150 городах России уже превышают промышленные выбросы.

7.7 Воздействие ракетно–космической техники

Наиболее опасным фактором негативного воздействия ракетно–космической техники (РКТ) на окружающую природную среду является загрязнение территорий компонентами ракетных топлив (КРТ). Исследования загрязненности районов падения (РП) отделяющихся частей ракет–носителей, запускаемых с полигонов «Плесецк», «Капустин Яр» и «Байконур», показали следующие результаты. По полигону «Плесецк» максимальные концентрации несимметричного диметилгидразина (НДМГ) зафиксированы в грунте – 268,4 мг/кг, что составляет 2684 ПДК (РП «Койда»), и в грунтовых водах – 24 мг/л или 1200 ПДК (РП «Нарьян-Мар») и концентрации несимметричного деметиламина (НДМА) – 10,5 мг/л или 1050 ПДК (РП «Печора»), а в растительности – 46,6 мг/кг (466 ПДК) для НДМГ и 7 мг/л для НДМА. При этом площадь растительного покрова, загрязненного КРТ, на 40–60% меньше площади загрязнения почвы.

Северные районы падения расположены в арктической и субарктической климатических зонах, что определяет их слабую и очень слабую способность к самоочищению. Исследование загрязненных компонентами ракетных топлив мест падения разной давности (от 5 до 23 лет) показало, что уменьшение концентрации НДМГ до уровня 1–2 ПДК происходит более чем за 20 лет.

По обследованным районам падения частей ракет–носителей, запущенных с полигона «Плесецк», в целом санитарно–гигиеническая ситуация может быть квалифицирована как не представляющая опасности для человека (в Мезенском районе Архангельской области) и как относительно благополучная по токсическому фактору гетила (РП «Койда» и «Мосеево»).

Исследования районов падения частей ракет–носителей, запущенных с полигона «Капустин Яр», выявили присутствие НДМГ и НДМА в 79 % мест падения. Максимальная концентрация НДМГ в почве – 4,3 мг/кг (43 ПДК) обнаружена в РП «Макат». Загрязненность грунтовых вод отмечалась только в РП «Хаки» и составила 0,03 мг/л (1,5 ПДК) для НДМГ и 0,07 мг/л

(7 ПДК) для НДМА. Максимальное содержание НДМГ и НДМА в растительности обнаружено в РП «Макат» – 6,5 мг/кг (65 ПДК) и 6 мг/л (60 ПДК) соответственно.

Анализы показали отсутствие загрязнения углеводородным топливом, нитрат–ионами и твердым ракетным топливом во всех природных средах РП полигона «Капустин Яр». Результаты исследований мест падения по давности от 1 до 10 лет свидетельствуют о том, что содержание КРТ в почве сокращается за 1 год в 2 раза, за 5 лет – в 4 раза и за 10 лет – в 10–20 раз.

На большей части (85 %) территорий районов падения первых ступеней ракет–носителей, запускаемых с полигона «Байконур», распространены почвы, в которых НДМГ неустойчив и быстро разлагается. Лишь 1,5 % почв характеризуются условиями, при которых НДМГ может сохраняться длительное время. Геохимические исследования выявили 8,6 % случаев присутствия в почвах НДМГ со средним содержанием 0,02 мг/кг (0,2 ПДК). Только в 2 % случаев обнаружены концентрации, несколько превышающие ПДК (0,16 мг/кг). Анализ наличия НДМГ в растениях в целом по районам падения и прилегающим к ним территориям показал, что большинство растений содержит НДМГ 0,1–0,5 мг/кг; в местах, связанных со взрывом КРТ – 0,5–10 мг/кг; при проливах топлива – свыше 10 мг/кг. В пробах снега в местах падения первых ступеней НДМГ обнаруживается в концентрации до 1,6 мг/л, за пределами районов – на уровне 0,5–1,5 ПДК, что связано с аэрогенным разносом остатков топлива. В поверхностных водах районов падения содержание НДМГ в среднем несколько превышает предельно допустимую концентрацию. В подземных водах НДМГ не обнаружен, в некоторых пробах концентрации продуктов разложения НДМГ превышали предельную допустимую.

Менее исследованы районы падения вторых ступеней ракет–носителей, запущенных с полигона «Байконур». В 22 % проб почвы обнаружен НДМГ, однако его уровень не превышал ПДК. Места загрязнения в районах падения отделяющихся частей ракет–носителей локализованы, глубина проникновения гептида по профилю почвы не превышает 45 см. Содержание НДМГ в растениях в отдельных пробах составляет 0,2–0,4 мг/кг, в картофеле и сене НДМГ отсутствует. В поверхностных водах это вещество и

продукты его разложения не обнаружены. В целом санитарно-гигиеническую ситуацию в районах падения вторых ступеней ракеты–носителя «Протон» в Алтайском крае, по предварительным оценкам, следует считать удовлетворительной.

Результаты анализа экологической ситуации в районах падения свидетельствуют о том, что наиболее опасны для окружающей среды ракеты–носители «Протон», «Космос», «Циклон» и «Циклон–М».

Следует отметить, что проведенные исследования являются неполными, их необходимо продолжить для уточнения оценок и регламентации воздействия РКТ на окружающую среду в районах падения отделяющихся частей ракет–носителей и на здоровье местного населения.

7.8 Техногенные аварии и катастрофы. их экологические последствия

В последние годы информация о техногенных авариях и катастрофах (взрывы, сбросы и выбросы в окружающую среду загрязняющих химических, радиоактивных и биологических веществ) свидетельствует о том, что в России с 1991 г. наметилась устойчивая тенденция роста чрезвычайных ситуаций (ЧС). Этот рост сопровождается увеличением количества погибших и пострадавших людей, материальным ущербом на многие миллиарды и триллионы рублей, загрязнением огромных лесных территорий, водоемов и рек, пахотных земель и воздушного пространства многих городов и поселков, уничтожением животного мира и фауны. Площадь территории с экологически неблагоприятной ситуацией в 17 раз больше площади всех вместе взятых природных заповедников (Известия, 1996, 25 мая).

Аварии, катастрофы, пожары и стихийные бедствия, происходившие в России в последние годы, оказывают все возрастающее негативное воздействие на социально–экономическую обстановку. Рост числа техногенных чрезвычайных ситуаций, усугубление последствий и масштабов воздействия аномальных природных явлений, массовые случаи опасных инфекционных заболеваний и пищевых отравлений достигли такого размаха, что начали приводить к необратимым нарушениям экологии и замет-

но влиять на безопасность государства и его населения. Достаточно вспомнить такие события, как авария на Чернобыльской АЭС в 1986 г., крупная авария с выбросом радиоактивного облака под Томском в апреле 1993 г., пожар на КАМАЗе, продолжавшийся несколько недель, аварии на тепло–трассах в Хабаровске, когда практически всю зиму 1990– 1991 гг. город оставался без теплоснабжения, многочисленные случаи железнодорожных и авиакатастроф, массовые пищевые отравления в детских садах и летних лагерях и т.п.

В Российской Федерации функционируют 3653 объекта, располагающих значительными запасами опасных химических веществ (около 1 млн. т) из них более 50 % приходится на запасы аммиака, 35 % – хлора и 5 % – соляной кислоты.

На объектах, потребляющих хлор, из–за неритмичной поставки, его скапливается большое количество. В случае аварии это может привести к тяжелым последствиям для населения и природной среды.

Наибольшей опасности подвергается население Северо-Западного, Центрального, Поволжского, Северо-Кавказского и Уральского экономических районов.

Основные виды аварий с тяжкими последствиями для окружающей среды – это пожары, взрывы и открытые газонефтяные фонтаны, составляющие 68 % общего числа аварий.

Возрастает опасность дальнейшей эксплуатации ферм, изготовленных из «кипящей» стали, применение которой в настоящее время для данных конструкций запрещено. На 50 % предприятий цветной и черной металлургии Урала имеются подобные сооружения.

На 20 % предприятий цветной и черной металлургии эксплуатируются здания, выполненные с применением конструкций из сборного железобетона и находящиеся на грани износа; их восстановление или усиление технически невозможно.

На предприятиях горнорудной и нерудной промышленности возросло число аварий, связанных с затоплением рудников и потоплением драг, в результате чего был нанесен значительный ущерб. Наиболее крупные аварии, приведшие к затоплению подземных горизонтов, имели место на шахте «Быньговская» АО «Невьянский прииск» и Левихинском руднике АО «Киро–

воградский медеплавильный комбинат». Обстановка на объектах старательской добычи в золотодобывающей промышленности не улучшается из-за эксплуатации крайне изношенного и устаревшего горнотранспортного оборудования.

На предприятиях угольной промышленности наиболее крупные аварии со взрывом метана произошли на шахте «Воркутинская», на шахтах «Красногорская» и «Первомайская» в Кузбассе, на шахте «Аютинская» АО «Ростовуголь». Причинами аварий явились нарушения требований правил безопасности по проветриванию горных выработок, нарушения пылегазового режима и режима ведения взрывных работ, а также грубейшие нарушения производственной и технологической дисциплины.

Реконструкция шахт и их вентиляционных систем осуществляется крайне неудовлетворительно, вследствие чего добыча угля на многих из них ведется в очистных забоях по временным схемам, что обуславливает увеличение протяженности поддерживаемых выработок, усложнение подземного транспорта, неустойчивое проветривание, повышение опасности возникновения аварий и несчастных случаев, а также значительные издержки производства. Большую угрозу окружающей среде представляют ликвидированные разведочные нефтяные и газовые скважины, оказавшиеся бесхозными. В настоящее время их насчитывается около 7000.

Тревожное положение сложилось с эксплуатацией внутрипромысловых трубопроводов, общая протяженность которых составляет более 350 тыс. км; на них ежегодно происходит около 50 тыс. инцидентов. На месторождениях Западной Сибири случается до 35 тыс. аварий в год, которые приводят к значительным разливам нефти. Места этих разливов невозможно своевременно обнаружить из-за труднодоступности и заболоченности местности. Основными причинами аварий являлись нарушения при строительстве и изготовлении оборудования, коррозионные повреждения и внешнее воздействие на трубопроводы. За один год выявляется до 350–400 случаев разгерметизации трубопроводов посторонними лицами с целью хищения нефтепродуктов. Это явление приобрело массовый характер и опасно не только серьезными экологическими последствиями, но и снижением безопасности нефтепродуктопроводов. Последнее усугубляется само-

вольным возведением строений в охранных зонах трубопроводов, ведением в них земельных работ, разведением костров и т.д.

Особую тревогу вызывают аварийные происшествия при перевозке опасных грузов железнодорожным транспортом.

В своих исследованиях А.Б. Эпов отмечает, что наиболее остро проблема усугубления последствий возникает при природно-техногенных чрезвычайных ситуациях, т.е. когда природное явление (часто вполне обычное для региона) вызывает катастрофические последствия не само по себе, а через инициирование техногенной аварии или катастрофы. Это прежде всего касается районов, подвергающихся периодическим затоплениям в результате паводков или наводнений, – Среднее Поволжье, Читинская область, Хабаровский край и др. Здесь в зонах периодического затопления построены и продолжают строиться многоэтажные жилые дома, что увеличивает концентрацию населения, прокладываются подземные коммуникации, функционируют опасные (например, химические) производства.

Все это приводит к тому, что обычные для данных мест паводки вызывают все более и более катастрофические последствия, усугубляющиеся массовыми выбросами загрязняющих бытовых отходов и отравляющих веществ, и в результате приводят к необратимым нарушениям экологии.

Кроме того, в ряде случаев (г. Серов Свердловской области, Чапаевск Самарской области, Пермская область, Дагестан и др.) некачественное проектирование, брак при строительстве или неправильная эксплуатация гидросистем во время паводков приводили к их прорыву или сбросу воды, которая затопляла дополнительные территории.

Большую социальную опасность представляет катастрофическая ситуация, складывающаяся в связи с ростом числа и масштабов аварий на системах теплообеспечения городов в зимнее время. Резкий рост числа чрезвычайных ситуаций, вызванных такими авариями, с каждым годом захватывает все больше городов, особенно в Московской, Мурманской, Самарской, Читинской областях, в Хабаровском крае и на севере Красноярского края, т.е. отнюдь не в южных регионах, а там, где системы теплообеспечения жизненно необходимы.

В этой обстановке меры, принимаемые государственными организациями и ведомствами, направляются в основном на ликвидацию последствий возникающих чрезвычайных ситуаций, а не на их прогнозирование и предотвращение, что было бы более целесообразным. Однако развитие производственной и прочей материальной базы часто осуществляется таким образом, что увеличивается потенциальная опасность возникновения аварий и катастроф и усугубляются их последствия. Масштабы сложившегося положения таковы, что необходима выработка общей государственной политики, опирающейся на научно обоснованную концепцию снижения техногенного риска и предотвращения возможностей возникновения чрезвычайных ситуаций. Создание такой концепции прежде всего требует изучения общих причин и закономерностей массового возникновения чрезвычайных ситуаций, внутренних взаимосвязей и связей с природной и социальной обстановкой.

На территории Российской Федерации ежегодно происходит значительное число природных катастроф, в результате которых не только наносится большой ущерб, но и гибнут люди. Наибольшую опасность представляют землетрясения, смерчи, ураганы, а также наводнения, вызванные весенним половодьем и сильными ливнями.

Контрольные вопросы

1. Основные источники и влияние хозяйственной деятельности тяжелой промышленности на загрязнение окружающей среды.
2. Воздействие транспорта на загрязнение окружающей среды.
3. Загрязнение жилищно-коммунальным хозяйством.
4. Загрязнение сельским хозяйством.
5. Загрязнение окружающей среды оборонной промышленностью и вооруженными силами.
6. дайте оценку загрязнения окружающей среды особо опасными веществами.
7. Какое воздействие оказывает ракетно-космическая техника на состояние окружающей среды.
8. Экологические последствия от техногенных аварий и катастроф.

8 НОРМАТИВНЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

8.1 Система природоохранных норм и нормативов

В Законе Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» установлены требования к нормированию качества среды обитания и уровней воздействия на окружающую среду. Нормативы качества окружающей природной среды определяют научно обоснованную меру сочетания жестких экологических требований общества к качеству среды обитания и возможностей природопользователей соблюдать их в хозяйственной деятельности.

В основу нормативов качества положены три показателя:

- медицинский (пороговый уровень угрозы здоровью человека, его генетической программе);
- технологический (способность экономики обеспечить выполнение установленных пределов воздействия на человека и условия его жизнедеятельности);
- научно–технический (способность технических средств обеспечить контроль за соблюдением пределов воздействия по всем параметрам).

Нормативы воздействия на окружающую среду устанавливают требования к источнику вредного воздействия, ограничивая его определенной пороговой величиной. К этим нормативам относятся предельно допустимые нормы сбросов и выбросов вредных веществ химического, физического, биологического, радиационного и другого воздействия.

Эффективность системы нормативов по ограничению вредного воздействия обеспечивается:

- соответствием нормативов современному уровню науки и техники, международным стандартам;
- утверждением этих нормативов специально уполномоченными органами государства;

- обязательностью выполнения данных нормативов для всех хозяйственных субъектов и ответственностью предприятий, организаций и граждан за их неисполнение.

Экологические требования, предъявляемые ко всем хозяйственным структурам, составляют нормативно–методическую природоохранную базу. Они адресуются предприятиям, организациям и учреждениям независимо от форм собственности и подчиненности, а также отдельным гражданам. В числе субъектов хозяйственной деятельности существенное место начинают занимать иностранные юридические и физические лица, выступающие в роли инвесторов, предпринимателей и т.д. Экологические требования устанавливаются на трех уровнях:

- к хозяйствующим субъектам;
- к стадиям хозяйственного процесса (планирование, размещение, проектирование, строительство, ввод в эксплуатацию и эксплуатация объектов);
- к видам хозяйственного воздействия (сельское хозяйство, мелиорация, энергетика, строительство городов и т.д.).

Практика показывает, что подобный подход оправдан с точки зрения предупреждения и предотвращения отрицательных экологических последствий тех или иных хозяйственных решений. Гарантией соблюдения экологической безопасности намечаемой деятельности выступает норма, согласно которой запрещается финансировать и реализовывать проекты и программы, не получившие положительного заключения Государственной экологической экспертизы.

Объем экологических требований охватывает все экономическое пространство, включая деятельность военных и оборонных объектов, а также хозяйствование в условиях свободных экономических зон. Исключения допускаются только в сторону ужесточения экологических требований.

Природоохранные нормы и нормативы формируются в две стадии: методическая и расчетная. На первой стадии осуществляется подготовка методических указаний и инструкций, а на второй производятся расчеты.

Нормы и нормативы в области охраны окружающей среды включают в себя натуральные и стоимостные нормативы, гарантирующие сохранность природных экосистем.

Система прогрессивных норм и нормативов представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных комплексов натуральных и стоимостных норм и нормативов.

Природоохранные натуральные нормативы – это экономически обоснованные и технически достижимые величины наиболее эффективного использования природных ресурсов (вода, воздух, земля, почва, минеральные ресурсы и т.д.), рассчитываемые, исходя из возможностей научно–технического прогресса. С помощью натуральных нормативов осуществляются мероприятия по снижению выбросов вредных веществ в окружающую среду, введение в действие технологических агрегатов и процессов, отвечающих современным экологическим требованиям, внедрению малоотходных технологий и производств.

Стоимостные нормативы призваны осуществлять экономическое стимулирование природоохранной деятельности. В состав этих нормативов входят базовые нормативы платы за выбросы и сбросы вредных веществ, а также за размещение отходов. Данные нормативы являются основой экономического механизма природопользования, действующего в России. Они функционально связаны с натуральными нормативами. Уточнение (ужесточение) последних часто ведет к необходимости корректировок стоимостных нормативов.

Формирование системы природоохранных нормативов включает решение методологических проблем природопользования, разработку методических и инструктивных материалов, собственно разработку, согласование и утверждение норм и нормативов, организацию их использования, а также совершенствование метода расчета этих нормативов.

В настоящее время в основном сформирована система природоохранных норм и нормативов, которая позволила создать достаточную основу для стимулирования и активизации деятельности в области охраны окружающей среды.

Как натуральные, так и стоимостные природоохранные нормативы разрабатывают на основе прогрессивных норм использования ресурсов. Для определения нормативов в основном применяют расчетно-аналитический метод с учетом пофакторного анализа нормообразующих элементов. При формировании рас-

смаатриваемых нормативов анализируют влияние следующих групп факторов:

- повышение технического уровня производства, внедрение прогрессивных технологических процессов;
- повышение технического уровня систем пыле– и газоочистки, водоочистных установок, систем утилизации и обезвреживания отходов;
- повышение полноты использования сырья;
- экологическая напряженность районов деятельности предприятий.

В сущности, без природоохранных норм и нормативов (природоохранного метода) невозможно рациональное (программное) развитие природопользования. Нормативный метод в экологии воплощает важнейшее требование – плановость осуществления мероприятий по охране окружающей среды.

Природоохранные нормы и нормативы характеризуют соотношение общества и природы. Эти нормы и нормативы, отражая объективные границы допустимых антропогенных нагрузок на экосистемы и вносимых в них изменений, в значительной мере определяют и экономические процессы. Являясь по существу экологическими, природоохранные нормы и нормативы имеют сугубо социальный характер, так как при их нарушении наносится ущерб природе и здоровью населения.

8.2 Виды норм и нормативов качества окружающей среды

Для оценки качества окружающей среды используют нормы и нормативы, ограничивающие воздействие вредных факторов. При обосновании норм и нормативов исходят из общего принципа – естественная адаптационная возможность организма. При воздействии вредного вещества на организм вначале возникает адаптация, затем – «предболезнь» и далее, при сохранении той же интенсивности воздействия, развиваются различные патологические болезненные эффекты, включающие в себя токсичные, канцерогенные, мутагенные, аллергенные, гонадотропные и эмбриотропные. Эти болезненные эффекты могут вызвать болезнь и даже привести к летальному (смертельному) исходу.

Нормы и нормативы качества окружающей среды подразделяются на: санитарно–гигиенические, экологические, производственно–хозяйственные и временные.

Санитарно–гигиенические нормативы

К санитарно–гигиеническим нормативам относятся гигиенические и санитарно–защитные нормативы.

Под гигиеническими нормативами понимают предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосфере, водоемах и почве, уровни вредных физических воздействий – вибраций, шума, электромагнитного и радиоактивного излучения, не оказывающих какого–нибудь вредного воздействия на организм человека в настоящее время и в отдаленном будущем, а также на здоровье последующих поколений.

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

К гигиеническим нормативам относят также токсикометрические показатели, представляющие собой концентрации, дозы вредных веществ или физические факторы, которые вызывают фиксируемые реакции организма. Эти нормативы наиболее распространены и едины по всей территории страны. Наряду с ними в необходимых случаях устанавливают более жесткие нормативы вредных воздействий для отдельных районов.

Санитарно-защитные нормативы предназначены для защиты здоровья человека от вредного воздействия источников загрязнения и обеспечения достаточной чистоты пунктов водопользования. Их используют при образовании санитарных зон источников водоснабжения, пунктов водопользования, санитарно–защитных зон предприятий.

Экологические нормативы

Экологические нормативы определяют предел антропогенного воздействия на окружающую среду, превышение которого может создать угрозу сохранению оптимальных условий совместного существования человека и его внешнего окружения. Они включают в себя эколого-гигиенические и эколого–защитные нормативы, а также предельно допустимые нормативные нагрузки на окружающую среду.

При установлении эколого-гигиенических нормативов следует учитывать, что многие живые организмы более чувствительны к загрязнениям, чем человек, для которого установлены существующие нормативы, и поэтому целесообразно определять их на уровне, обеспечивающем нормальную жизнедеятельность живых организмов.

Эколого-защитные нормативы направлены на сохранение генофонда Земли, восстановление экосистем, сохранение памятников всемирного культурного и природного наследия и т.п. Они используются при организации охранных зон заповедников, природных национальных парков, биосферных заповедников, зеленых зон городов и т.п.

Применение системы предельно допустимых нормативов нагрузки на окружающую среду направлено на предотвращение истощения природной среды и разрушения ее экологических связей, обеспечение рационального использования и воспроизводства природных ресурсов. Эти нормативы представляют собой научно обоснованные предельно допустимые антропогенные воздействия на определенный природно-территориальный комплекс.

Производственно-хозяйственные нормативы

Производственно-хозяйственные нормативы предназначены для ограничения параметров производственно-хозяйственной деятельности конкретного предприятия с точки зрения экологической защиты природной среды. К ним относятся технологические, градостроительные, рекреационные и другие нормативы хозяйственной деятельности.

Технологические нормативы включают: предельно допустимый выброс (ПДВ) вредных веществ в атмосферу, предельно допустимый сброс (ПДС) загрязняющих веществ в водоемы и предельно допустимое количество сжигаемого топлива (ПДТ). Эти нормативы устанавливаются для каждого источника поступления загрязнений в окружающую среду и тесно связаны с профилем работы, объемом и характером загрязнений конкретного предприятия, цеха, агрегата. В связи с этим они могут быть разными даже в рамках одного предприятия. Область регламентированного воздействия ПДВ, ПДС и ПДТ на качество окружающей среды весьма широка. С помощью этих нормативов лимитируют-

ся отходы и выбросы, производимые в результате осуществления отдельных видов работ на предприятиях, шумовое загрязнение воздушной среды, расход топлива и пр. В то же время данные нормативы, характеризующие предельно допустимое количество загрязнений, поступающих в окружающую среду в зоне расположения источников, оборудованных системами обезвреживания, не позволяют дать оценку самим системам обезвреживания.

Градостроительные нормативы разрабатывают для обеспечения экологической безопасности при планировке и застройке городов и других населенных пунктов.

Рекреационные нормативы определяют правила пользования природными комплексами в целях обеспечения условий для полноценного отдыха и туризма.

В тех случаях, когда по тем или иным объективным причинам не представляется возможным разработать гигиенические или технологические нормативы, устанавливают временные нормативы. По мере роста научных знаний, развития и совершенствования техники и технологии их регулярно пересматривают в сторону ужесточения с тем, чтобы воздействие на природу было минимальным.

8.3 Виды нормативов при оценке качества воздушной среды, водных ресурсов, почвы, шума и радиоактивного загрязнения

Оценка качества воздушной среды осуществляется на основе следующих нормативов.

- Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны ПДК_{рз}, мг/м³. При ежедневной восьми-, семи- и шестичасовой работе (кроме выходных дней) или при другой продолжительности рабочего дня, но не более 41 ч в неделю, эта концентрация в течение всего рабочего дня не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, которые могут быть обнаружены современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни человека.

- Предельно допустимая максимальная разовая концентрация загрязняющего вещества в воздухе населенных мест ПДК_{мр},

мг/м³. При вдыхании в течение 30 мин эта концентрация не должна вызывать рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека.

- Предельно допустимая среднесуточная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест ПДК_{сс}, мг/м³, которая не должна вызывать отклонений в состоянии здоровья настоящего и последующих поколений при неопределенно долгом (в течение нескольких лет) вдыхании.

- Временно допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия) загрязняющего вещества в воздухе рабочей зоны ВДК_{рз}, мг/м³. Числовые значения этого показателя для различных веществ определяются расчетным путем и действуют в течение 2 лет.

- Временно допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия) вредного вещества в атмосфере ВДК_{а.в}, мг/м³, размер которой устанавливается расчетным путем и действует в течение 3 лет.

- Предельно допустимый выброс загрязняющих веществ в атмосферу ПДВ, кг/сут (г/ч). Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов в воздухе населенных мест при наиболее неблагоприятных для рассеивания метеорологических условиях. Он определяется расчетным путем на 5 лет.

- Временно согласованный выброс ВСВ, кг/сут (г/ч) устанавливается в том случае, если по объективным причинам нельзя определить ПДВ для источника выброса в данном населенном пункте. Срок действия этого норматива не более 5 лет.

- Предельно допустимое количество сжигаемого топлива ПДТ, т/ч. Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов по продуктам сгорания топлива в воздухе населенных мест при неблагоприятных для рассеивания метеорологических условиях. ПДТ устанавливается расчетным путем на срок не более 5 лет.

Оценка качества водных ресурсов осуществляется с помощью системы основных показателей.

- Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде водоема ПДК_в, мг/л, при которой не должно оказываться прямого или косвенного вредного воздействия на орга-

низм человека в течение всей его жизни, а также на здоровье последующих поколений и не должны ухудшаться гигиенические условия водопользования.

- Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей, $\text{ПДК}_{\text{вр}}$, мг/л. Для подавляющего большинства нормируемых веществ величина этого показателя всегда значительно меньше $\text{ПДК}_{\text{в}}$ в связи с тем, что токсические соединения могут накапливаться в организме рыб в весьма значительных количествах без влияния на их жизнедеятельность.

- Временно допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия) загрязняющих веществ в воде водоемов $\text{ВДК}_{\text{в}}$, мг/л. Нормативы, определяемые этим показателем, устанавливаются расчетным путем на срок 3 года.

- Предельно допустимый сброс ПДС, г/ч (кг/сут), регламентирующий массу загрязняющего вещества в сточных водах, сбрасываемых в водоем. Применение этого показателя должно обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов, установленных для водных объектов. Величина ПДС определяется расчетным путем на период, установленный органами по регулированию использования и охране вод. После этого она подлежит пересмотру в сторону уменьшения вплоть до прекращения сброса загрязняющих веществ в водоемы.

Оценка качества почвы проводится по нормативам, установленным в соответствии со следующими основными показателями.

- Предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в пахотном слое почвы $\text{ПДК}_{\text{п}}$, мг/кг. При такой концентрации не должно оказываться прямого или косвенного отрицательного воздействия на контактирующие с почвой воду, воздух и, следовательно, здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.

- Временно допустимая концентрация (ориентировочно допустимая концентрация) вредного вещества в пахотном слое почвы $\text{ВДК}_{\text{п}}$, мг/кг, устанавливается расчетным путем и действует в течение 3 лет.

Оценка шумового загрязнения окружающей среды осуществляется с помощью следующих показателей.

- Предельно допустимый уровень шума ПДУШ, дБ·А. Шум с таким уровнем при ежедневном систематическом воздействии в течение многих лет не должен вызывать отклонений в состоянии здоровья человека и мешать его нормальной трудовой деятельности.

- Допустимый уровень шума (допустимый уровень звукового давления) ДУШ, дБ А, при котором длительное систематическое вредное воздействие шума на человека не проявляется или проявляется незначительно.

- Допустимый уровень ультразвука ДУУ, дБ. При таком уровне длительное систематическое воздействие на организм человека не проявляется или проявляется незначительно.

- Предельно допустимый уровень инфразвука ПДУИ, дБ. Длительное систематическое воздействие инфразвука с таким уровнем на организм человека не должно приводить к отклонениям в состоянии здоровья, которые могут быть обнаружены современными методами исследований, и нарушать нормальную трудовую деятельность.

- Предельно допустимая шумовая характеристика машин и механизмов ПДШХ. Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно–гигиенических нормативов во всех октавных полосах частот. Его значение определяется по результатам статистической обработки шумовых характеристик однотипных машин и механизмов.

- Технически достижимая шумовая характеристика машин и механизмов ТДШХ применяется в тех случаях, когда по объективным причинам невозможно установить ее уровень. При этом ТДШХ вводится на срок, не превышающий срок действия стандарта или технических условий на машину или агрегат каждого конкретного вида.

Оценка радиоактивного загрязнения окружающей среды проводится с использованием показателей трех групп: показатели основного дозового предела и допустимого уровня, а также контрольные показатели.

Показатели основного дозового предела:

- предельно допустимая доза радиации за год для работающих с источниками радиоактивного излучения ПДД, Дж/кг. При систематическом равномерном воздействии в течение 50 лет не

должны возникать неблагоприятные изменения в состоянии здоровья человека, которые могут быть обнаружены современными методами исследований, в настоящее время и в последующие годы;

- предел дозы радиации за год для населения ПД, Дж/кг, который на практике всегда устанавливается значительно меньше величины ПДД для предотвращения необоснованного облучения людей.

Показатели допустимого уровня:

- предельно допустимое годовое поступление радиоактивных веществ в организм работающих ПДП, кБк/год, которое в течение 50 лет создает в критическом органе дозу, равную 1 ПДД;

- предел годового поступления радиоактивных веществ в организм человека ПГП, кБк/год, за 70 лет создающий в критическом органе эквивалентную дозу, равную 1 ПД;

- допустимое среднегодовое содержание радиоактивных веществ в организме (критическом органе) ДС, при котором доза облучения равна ППД или ПД, кБк;

- допустимое загрязнение поверхности (почвы, одежды, транспорта, помещений и т.д.) ДЗ, частица/(см²·мин).

Контрольные показатели устанавливаются для планирования мероприятий по защите и для оперативного контроля радиационной обстановки в целях предотвращения превышения дозового предела загрязнений. К этим показателям относятся:

- контрольное годовое поступление радиоактивных веществ в организм человека КГП, кБк/год;

- контрольное содержание радиоактивных веществ в организме человека КС, кБк;

- контрольная концентрация радиоактивного вещества в воздухе или воде, с которыми оно поступает в организм человека КК, кБк/м³;

- контрольное загрязнение поверхности радиоактивными веществами КЗ, частица/(см²·мин).

8.4 Разработка нормативов вредных выбросов и контроль содержания загрязняющих веществ в окружающей среде

Для достижения определенного уровня качества окружающей среды устанавливают объективные нормы и нормативы. Однако из-за ограниченности материальных и финансовых ресурсов на сегодняшнем этапе развития экономики страны возможно лишь поэтапное достижение нормативных значений качества окружающей среды. Формирование научно обоснованной системы природоохранных нормативов должно проводиться с учетом оптимального сочетания интересов развития производства и охраны окружающей среды.

Важнейшей проблемой охраны окружающей среды является необходимость постоянного обеспечения строгого контроля содержания вредных веществ и регламентирования их поступления в окружающую среду. С этой целью разрабатываются, как отмечалось выше, нормативы качества окружающей среды. К настоящему времени установлено значительное число нормативов по показателям ПДК для всех компонентов окружающей среды. Так, для воды водоемов их установлено свыше 1000, для атмосферного воздуха – более 800, для радиоактивных изотопов – более 700, а для почвы несколько десятков.

Регламентирование содержания загрязнений в атмосферном воздухе осуществляется на основе нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест – ПДК_{мр} и ПДК_{сс}. Для вредных веществ, влияние которых на организм человека не до конца еще изучено, установлены временно допустимые концентрации вредных веществ ВДК_{ав}, регламентирующие их содержание в атмосферном воздухе.

Основная физическая характеристика содержания вредных веществ в атмосфере – концентрация, т.е. количество вещества, содержащегося в единице объема воздуха при нормальных условиях. Как правило, ее измеряют в мг/м³. Этот показатель характеризует физическое, химическое и другие виды воздействия на окружающую среду и относится к основным параметрам при регламентировании допустимых концентраций примеси в атмосфере.

ре. Предельно допустимые концентрации загрязнений в атмосферном воздухе населенных мест устанавливаются на основе лимитирующего показателя, т.е. такой концентрации, которая оказывается наименьшей при проведении исследований на запах, раздражающее действие и специфические проявления организма.

Среди нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосфере особое место занимают среднесуточные концентрации, превышение которых указывает на возможность неблагоприятных токсических действий вредных веществ на организм человека. Максимальные разовые концентрации устанавливаются для тех веществ, которые обладают в большей степени раздражающим и рефлекторным действиями. Их устанавливают с целью предупреждения рефлекторных реакций у человека (ощущение запаха, изменение биоэлектрической активности головного мозга, световой чувствительности глаз и др.) при кратковременном воздействии атмосферных примесей. В том случае, если токсические реакции организма проявляются при меньшей концентрации вредных веществ, чем рефлекторные или раздражающие реакции, то среднесуточные и максимальные разовые ПДК совпадают.

Таблица 10 – Предельно допустимые концентрации некоторых веществ, поступающих в атмосферу, мг/м³

Вещество	Максимальная разовая	Средняя суточная
Диоксид азота	0,085	0,040
Аммиак	0,20	0,040
Сажа (копоть)	0,150	0,050
Сернистый ангидрид	0,030	0,005
Оксид углерода	3,0	1,0
Фосфорный ангидрид	0,150	0,050
Хлор	0,010	0,030
Пыль	0,150–0,50	0,050–0,150

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосфере населенных пунктов, установленные эмпирическим путем, регламентированы списком Министерства здравоохранения СССР от 1 августа 1978 г. с дополнениями от 11 ок-

тября 1979 г. и от 7 мая 1981 г., в соответствии с которыми установлены класс опасности вещества, допустимые максимальная разовая и среднесуточная концентрации примесей. Эти концентрации обосновываются клиническими и санитарно-гигиеническими исследованиями и носят законодательный характер (табл. 10).

Если в атмосферном воздухе одновременно присутствует несколько веществ, обладающих эффектом суммации (совмещенного действия), то их суммарная концентрация не должна превышать единицы при расчете по формуле

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

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе.

Эффектом однонаправленного действия (суммации) обладают, например, следующие сочетания вредных веществ: ацетон и ацетофенол; ацетон и фталевый ангидрид; ацетон и фенол; ацетон, фурфурол, формальдегид, фенол, ацетальдегид, винилацетат; бензол, ацетофенол, азот, диоксид азота; диоксид серы и сероводород; формальдегид и оксид углерода; диоксид азота, формальдегид, гексан и др.

Регламентирование содержания примесей в воде водоемов зависит от отнесения их к различным категориям водопользования. Различают две категории водопользования. К первой относятся объекты двух видов: 1) для централизованного и нецентрализованного питьевого водоснабжения, водоснабжения предприятий пищевой промышленности; 2) для купания, спорта и отдыха населения, а также водоемы в черте населенных мест. Ко второй категории относятся объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду, а также для всех других рыбохозяйственных целей.

Тип водопользования, а также ближайшие к месту выпуска сточных вод участки устанавливаются органами и учреждениями

Государственного санитарного надзора с учетом перспектив использования водного объекта.

При сбросе сточных вод в водоемы в обязательном порядке должны соблюдаться нормативы состава и свойств воды водных объектов соответствующих категорий водопользования. Так, содержание взвешенных веществ в 1 л воды для водоемов первого вида не должно превышать 0,25 мг и для водоемов второго вида – 0,75 мг.

Наряду с ограничениями допустимого роста содержания взвеси в воде водоемов лимитируется крупность взвешенных частиц, которые могут содержаться в сточных водах. В проточные водоемы запрещается сбрасывать сточные воды, содержащие взвеси со скоростью осаждения более 0,4 мм/с, а в водохранилища – сточные воды с взвесями, скорость осаждения которых превышает 0,2 мм/с.

Кроме требований по фракционному и массовому составам взвешенных веществ регламентируются также состав и свойства воды водоемов по следующим параметрам: наличие плавающих примесей, запах, вкус, окраска, температура воды, значение рН, состав минеральных примесей, биохимическая потребность воды в кислороде, количество растворенного в воде кислорода, наличие возбудителей заболеваний и ядовитых веществ. На поверхности водоемов не должно быть плавающих пленок, пятен минеральных масел и скоплений других примесей.

При сбросе сточных вод в пункте водопользования вода не должна приобретать запахи и привкусы, которые могут быть обнаружены непосредственно или при последующем хлорировании, интенсивностью более 3 баллов для морей и 2 баллов применительно к водоемам, а, также сообщать посторонние запахи и привкусы мясу рыб.

Окраска воды должна обнаруживаться в столбике воды высотой не более 20 см для водоемов первого вида и не более 10 см – для водоемов второго вида и морей.

В результате спуска сточных вод температура воды летом в водоемах первой категории не должна превышать среднемесячную температуру воды в самый жаркий месяц года за последние 10 лет более чем на 3 °С, а температура воды в рыбохозяйствен-

ных водоемах не должна быть выше естественной температуры этих водоемов более чем на 5°C.

Реакция воды в водоемах после смешивания ее со сточными водами не должна выходить за пределы $6,5 < \text{pH} < 8,5$.

Содержание минеральных примесей в воде водоемов, относящихся к первому виду, не должно превышать по сухому остатку 1000 мг/л, в том числе по хлоридам – 350 мг/л и сульфатам – 500 мг/л. Минеральный состав для водоемов второго вида нормируется по показателю привкуса.

Полная биохимическая потребность в кислороде при температуре 20 °С не должна превышать 3 мг/л для водоемов первого вида, в том числе и для рыбохозяйственных водоемов обоих видов, а для водоемов второго вида первой категории водопользования – 6 мг/л.

Количество растворенного в воде кислорода после смешивания ее со сточными водами должно быть не менее 4 мг/л в любой период года в пробе, отобранной до полудня в водоемах первой категории, и не меньше 6 и 4 мг/л в зимний период для рыбохозяйственных водоемов соответственно первого и второго видов, а также 6 мг/л в летний период.

При наличии в сточных водах возбудителей заболеваний вода должна подвергаться обеззараживанию после соответствующей очистки. При этом коли-индекс очищенных и обеззараженных сточных вод в водоемах не должен превышать 1000 палочек в 1 л воды при остаточном содержании хлора не менее 1,5 мг/л.

В России основные требования к охране вод, а также комплекс требований к составу и свойствам воды в водоемах, используемых для рыбохозяйственных целей, регламентируются правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. Содержание вредных и ядовитых веществ в водоемах обеих категорий и в морях не должно превышать предельно допустимых концентраций, установленных по санитарно-токсикологическому, общесанитарному и органолептическому лимитирующим показателям.

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в водоемах санитарно-бытового назначения – это максимальная концентрация, не оказывающая на состояние здоровья человека

сейчас и в будущем прямого или опосредованного влияния, которое может быть выявлено современными методами исследований, при воздействии вредного вещества на организм человека в течение всей его жизни, а также ухудшающая гигиенические условия водопользования населения (табл. 11).

При наличии в воде водоемов вредных веществ, обладающих эффектом однонаправленного действия (суммации), санитарное состояние водоема должно определяться аналогично тому, как устанавливается суммарная концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе.

Таблица 11 – Предельно допустимые концентрации некоторых веществ, поступающих в воды водоемов, мг/л

Вещество	ПДК	Вещество	ПДК
Акриламид	0,01	Железо	0,5
Барий	0,10	Кальций	180,0
Бензин топливный	0,10	Кремний	10,0
Бор	0,50	Медь	1,0
Ванадий	0,10	Сероуглерод	1,0
Вольфрам	0,05	Нефть	0,1

В городах и населенных пунктах, предприятиях имеется множество разнообразных источников шума, влияющих на окружающую среду. В большинстве случаев уровни шума превышают нормативные. Человек по-разному реагирует на шум в зависимости от субъективных особенностей организма и привычного шумового фона. Считается, что шум с уровнем выше 60 дБ вызывает психическое раздражение.

Раздражающее действие шума зависит от его уровня, спектральных и временных характеристик. Раздражающий эффект тональных, высокочастотных и импульсных шумов выше эффекта воздействия широкополосных, низкочастотных и постоянных во времени шумов одинакового уровня.

Нормируемыми параметрами постоянного шума являются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Непостоянный во времени шум нормируется эквивалентными уровнями звука постоянного широкополосного шума, оказывающего такое же воздействие на человека, как и постоянный шум. Значение этого уровня звука рассчитывается по результатам измерения уровней звука в дБ·А в течение наиболее шумных 30 мин.

8.5 Обоснование и расчеты нормативов качества окружающей среды

Обоснование и расчеты нормативов качества допустимых концентраций для различных компонентов окружающей среды имеют свои специфические особенности.

Определение нормативов загрязнения атмосферного воздуха базируется на оценке воздействия этого загрязнения на здоровых людей, состояние растительности, животного мира и другие объекты.

Всемирной организацией по вопросам здравоохранения при ООН рекомендовано определять чистоту воздуха на основе критериев, соответствующих следующим уровням:

- прямое или косвенное воздействие загрязнения на человека, животных и растительность обнаружить невозможно;
- в результате загрязнения воздуха наблюдается раздражение органов чувств человека, вредное воздействие на растительность, уменьшение прозрачности воздуха;
- вследствие загрязнения воздуха нарушаются жизненно важные физиологические функции и возникают хронические заболевания у человека и животных;
- в результате загрязнения воздуха у человека и животных возникают острые заболевания, приводящие их к гибели.

При установлении содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводятся обоснование временных допустимых концентраций, обоснование и корректировка ПДК_{р.з} путем анализа условий труда работающих и состояния их здоровья. Для обоснования ПДК_{р.з} конкретного вещества используют следующие исходные данные: условия применения и производства вещества, агрегатное состояние вещества при поступлении в воздух, химическую формулу, молекулярную массу, плотность, рас-

творимость в воде, кислотах и органических растворителях, температуру кипения и плавления, токсичность и характер действия изучаемого вещества при однократном воздействии на организм и др.

При установлении предельно допустимой концентрации вредного вещества в воздухе рабочей зоны наиболее важным и ответственным этапом является определение минимально действующей (пороговой) концентрации (ПК) в длительном (хроническом) эксперименте. В качестве подопытных животных используют белых крыс. Обычно исследуют результаты воздействия 2–3–кратных концентраций, с помощью которых устанавливают подпороговую (максимально недействующую) и пороговую (минимально действующую) концентрацию (ППК и ПК) по функциональным, биохимическим и другим показателям. Установленные в результате длительного эксперимента подпороговые и пороговые концентрации позволяют выявить особенности воздействия вредных веществ и особенности адаптации животных к этому воздействию. С учетом выявленных особенностей выбирают значения ПДК. Переход к ним производится путем умножения пороговых концентраций на коэффициент запаса, величина которого зависит от токсичности вещества и изменяется от 3 до 20.

В зависимости от значения $ПДК_{р.з}$ и других показателей токсического действия вредные вещества подразделяются на четыре класса: чрезвычайно опасные, высокоопасные, умеренно опасные и малоопасные.

Для обоснования предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе населенных мест проводят эксперименты с точно заданными условиями. Такой подход позволяет обеспечить достаточную точность полученных данных и установить нормативы содержания вредных веществ в атмосферном воздухе, не дожидаясь проявления неблагоприятных последствий для здоровья людей. Экспериментальные исследования осуществляются в два этапа.

На первом этапе исследуется подпороговая концентрация ощущения запаха и иногда раздражающего действия. Полученные результаты многократных опытов подвергаются статистиче-

ской обработке и используются впоследствии для обоснования ПДК_{м.р.}

Второй этап эксперимента заключается в изучении действия вредных веществ при их длительном воздействии на подопытных животных.

На первом и втором этапах останавливают ПДК_{с.с.} В качестве основного критерия принимают наименьший уровень концентрации при различных реакциях (на запах, раздражающее действие и др.) организма человека и животных. Особое внимание уделяют возможности проявления отдаленных последствий, а именно канцерогенных, эмбриотропных, гонадотропных и других эффектов.

Наряду с проведением экспериментальных исследований, на практике для определения временно допустимых концентраций широко применяют расчетные методы, в основу которых положено установление зависимостей методом регрессивного анализа. В качестве исходных данных используют токсикометрические и регламентирующие показатели. Например, временно допустимая концентрация газов и паров органических соединений в воздухе рабочей зоны определяется по формуле

$$\lg ВДК_{р.з} = 0,91 \lg ЛК_{50} + 0,1 + M,$$

где ЛК₅₀ – летальная (смертельная) концентрация вещества, вызывающая при вдыхании (мышью в течение 2 ч, крысой в течение 4 ч) гибель 50% подопытных животных, моль/л;

M – молекулярная масса вещества, моль/л.

Временно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны для неорганических газов и паров рассчитывается по формуле

$$\lg ВДК_{р.з} = \lg ЛК_{50} + 0,4 + \lg M.$$

При расчете временно допустимых концентраций вредного вещества в атмосферном воздухе основываются на рефлекторных порогах, токсикометрических показателях и предельно допустимых концентрациях вредных веществ в воздухе рабочей зоны. В этом случае размер ВДК_{а.в.} определяется по формуле

$$\lg \text{ВДК}_{\text{а.в}} = 0,62 \lg \text{ПДК}_{\text{р.з}} - 1,77,$$

При отсутствии данных о $\text{ПДК}_{\text{р.з}}$ показатель $\text{ВДК}_{\text{а.в}}$ рассчитывается по формуле

$$\lg \text{ВДК}_{\text{а.в}} = 0,58 \lg \text{ЛК}_{50} - 1,6.$$

Уровень концентрации вредных веществ в атмосфере зависит от объема выбросов промышленными предприятиями загрязняющих веществ. В соответствии с этим для каждого источника загрязнения атмосферы устанавливают предельно допустимый выброс вредных веществ из условия, что выбросы вредных веществ из данного источника или совокупности источников от других промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере не создадут приземную концентрацию, превышающую ПДК для населения, растительности и животного мира. Размер предельно допустимых выбросов определяется расчетным путем. Если по каким-либо объективным причинам не представляется возможным установить ПДВ для данного населенного пункта, то определяют временно согласованные выбросы (ВСВ). При этом объемы выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ поэтапно должны снижаться.

Основными критериями качества атмосферного воздуха при обосновании ПДВ являются предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воздухе населенных мест. При этом максимальная приземная концентрация вредных веществ, равная концентрации, которая образуется у поверхности земли в результате выброса загрязняющих веществ при неблагоприятных метеорологических условиях, не должна превышать $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ с учетом фоновой концентрации.

При истечении нагретой газовой смеси из одиночного источника с круглым устьем при фоновой концентрации $C_{\text{ф}}$ рассматриваемой примеси и неблагоприятных условиях предельно допустимый выброс определяется по формуле

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

где H – высота источника выброса над уровнем земли, м;
 V_1 – объем выбрасываемой газовойоздушной смеси, м³/с;
 ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовойоздушной смеси T_r и температурой окружающего воздуха T_b ;
 A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания атмосферных примесей;
 F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных примесей в атмосфере;
 m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовойоздушной смеси из устья трубы;
 r – коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примеси.

Предельно допустимый, выброс холодной газовойоздушной смеси из одиночного источника определяется по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) H^{4/3} 8V_1}{AFnrD},$$

где D – диаметр устья, м.

При расчете показателя ПДВ устанавливают также зону влияния источника выбросов и всего предприятия по каждому загрязняющему веществу. Под зоной влияния понимают земную поверхность с радиусом, где сумма максимальной приземной концентрации C_m , определенной для неблагоприятных метеорологических условий, и фоновой концентрации C_{ϕ} не превышает ПДК_{м.р.}

$$C_m + C_{\phi} \leq \text{ПДК}_{\text{м.р.}}$$

Предельно допустимая масса сжигаемого топлива при выбросе продуктов его сгорания, рассчитывается по формуле

$$\text{ПДТ} = 3,6H^2 \sqrt{\left(\frac{\text{ПДК} - C_{\phi}}{M_r A m n r}\right)^3 V_r \Delta T},$$

где M_T – количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при сжигании топлива, г/кг;

V_T – объем газов, выделяющихся при сжигании топлива, м³/кг.

Предельно допустимая масса сжигаемого топлива рассчитывается по каждому продукту, образующемуся в результате сгорания топлива.

Определение нормативов качества воды основывается на регламентировании концентрации вредных веществ в водоемах с помощью следующих основных критериев: влияние на общий санитарный режим водоема, влияние на органолептические свойства воды (окраска, запах, привкус), влияние на здоровье населения. Обоснование ПДКВ проводится по одному из трех лимитирующих признаков нормирования на основе экспериментальных исследований.

Изучение влияния вредных веществ на общий санитарный режим водоемов направлено на предупреждение нарушения процессов самоочищения водоема в основном от органических загрязнений в сточных водах. В результате исследований определяется интенсивность процессов обеспечения биохимической и химической потребностей в кислороде (БПК и ХПК), интенсивность минерализации азотосодержащих веществ, интенсивность развития и отмирания сапрофитной микрофлоры.

Изучение органолептических свойств воды имеет большое значение, так как ухудшение этих свойств легко обнаруживается и ведет к значительному снижению использования водоисточника. Практика показывает, что устранить эти нарушения обычными методами очистки фактически не удастся.

Особое внимание при установлении ПДКВ уделяется изучению влияния загрязняющих воду веществ на здоровье человека. В результате санитарно–токсикологических исследований определяются подпороговые (максимально недействующие) и пороговые (минимально действующие) дозы или концентрации вредного вещества, длительно воздействующего на организм животного. Для проведения опытов принимают концентрации веществ, различающиеся в 5–10 раз, продолжительность опытов с каждым значением концентрации должна быть не меньше 6 ч.

Временно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов устанавливаются на основе регрессионных формул, полученных при анализе экспериментальных данных, при этом в основе их лежат различные лимитирующие показатели.

Например, значение ВДК_в определяется по санитарно-токсикологическому лимитирующему показателю по формуле

$$\lg \text{ВДК}_в = 0,61 \lg \text{ПДК}_{р.з} - 1.$$

На основе сведений о средних смертельных концентрациях значение ВДК_в можно рассчитать по формуле

$$\lg \text{ВДК}_в = 1,7 \lg \text{ЛК}_{50} - 2,12.$$

Аналогично тому, как для атмосферного воздуха устанавливаются предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ, для вод водоемов определяют предельно допустимый сброс в них вредных веществ. Значения этого норматива для предприятий обосновываются исходя из санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к составу и свойствам воды в местах водопользования.

Предельно допустимый сброс загрязняющих веществ определяется по наибольшим и среднечасовым расходам сточных вод $q_{ст}$ м³/ч, в течение фактического периода сброса этих вод по формуле

$$\text{ПДС} = q_{ст} C_{ст},$$

где $C_{ст}$ – концентрация загрязняющих веществ сточных водах, г/м³; числовое значение $C_{ст}$ принимается не выше ПДК, установленной для той или иной категории водопользования в месте нахождения предприятия.

Расчет ПДС веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами предприятий, проводят отдельно для взвешенных веществ, минерального состава (по сухому остатку), хлоридов, сульфидов и др. Кроме того, регламентируют следующие свойства сточных вод, для которых нормативы предельно допустимых сбросов не рассчитываются: плавающие примеси

(вещества), запахи, привкусы, температура, реакция на рН, коли-индекс, растворенный кислород.

Регламентирование предельно допустимых концентраций вредных веществ в почве существенно отличается от методики регламентирования поступлений загрязняющих веществ в атмосферный воздух и воду водоемов. Это связано с тем, что непосредственно из почвы вредные вещества в организм человека не поступают. Однако химические соединения, находящиеся в почве, могут поступать в организм посредством контактирующих с почвой воздухом, водой, растениями. Исходя из этого, при нормировании вредных веществ, содержащихся в почве, особое внимание уделяют тем, которые могут мигрировать в атмосферный воздух и почвенные воды, снижать урожай или качество сельскохозяйственной продукции.

Нормирование предельно допустимых концентраций в почве осуществляется в два этапа. На первом этапе проводят исследования в лабораторных условиях, а на втором – на натуре. Целью проводимых исследований является установление:

- допустимой концентрации вредного вещества в почве, гарантирующей переход его в растения в количестве, не превышающем предельно допустимых концентраций для продуктов питания;
- допустимой концентрации вредного вещества в почве, гарантирующей переход его в грунтовые воды в количестве, не превышающем предельно допустимых концентраций для водных объектов;
- допустимой концентрации вредного вещества в почве, не влияющей на процессы самоочищения и почвенный микробиоценоз.

Результаты этих исследований используют при обосновании лимитирующего показателя вредности и ПДК_п.

Область применения временно допустимых концентраций вредных веществ в пахотном слое почвы ограничивается в настоящее время только пестицидами и теми препаратами, которые находятся на стадии государственных производственных испытаний или допущены к опытно-производственному применению, а ПДК_п для них еще не установлены.

Временно допустимая концентрация вредных веществ в пахотном слое рассчитывается на базе предельно допустимых концентраций соответствующего пестицида в овощах или плодовых культурах по формуле

$$\text{ВДК}_п = 1,23 + 0,48 \lg \text{ПДК}_пр,$$

где $\text{ПДК}_пр$ – предельно допустимая концентрация вредных веществ в продуктах питания, мг/кг.

Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия на протяжении всей его жизни, а также на здоровье последующих поколений.

В том случае, если для овощных или плодовых культур установлено несколько нормативов, то к расчету принимается минимальное значение. Приведенное выше уравнение дает возможность рассчитывать $\text{ВДК}_п$ при $\text{ПДК} \leq 0,003$ мг/кг.

Если после установления предельно допустимой концентрации пестицидов в продуктах питания, выявляются отдаленные последствия их действия на организм (канцерогенность, эмбриотоксичность, мутагенность и т.п.), то в расчет вводят коэффициенты запаса, учитывающие степень выраженности отдаленных последствий и данные о фактическом загрязнении почвы остаточными количествами пестицидов.

8.6 Стандартизация в области охраны окружающей среды

Стандартизация применительно к охране окружающей среды – это разработка и внедрение в практику научно обоснованных, обязательных для выполнения технических требований и норм (стандартов), регламентирующих человеческую деятельность по отношению к окружающей среде.

Стандарты качества окружающей среды представляют собой установленные компетентными органами государства (Госком–стандарт, Министерство здравоохранения и другие министерства и ведомства) научно обоснованные предельно допустимые нормативы состояния окружающей среды, превышение ко-

торых создает угрозу для человека и окружающей его природной среды.

Требования по охране окружающей среды регламентируются в общетехнических стандартах, в стандартах на группу однородной продукции и на конкретные виды продукции.

К общетехническим стандартам относятся в первую очередь стандарты группы «Охрана природы». В них закрепляются требования государства по рациональному использованию природных объектов и обеспечению таких технических параметров деятельности, при которых бы исключалось или сводилось к минимуму негативное воздействие человеческой деятельности на природу.

По мере внедрения в производство научно–технических достижений действующие стандарты пересматриваются и разрабатываются новые на обеспечение экологической безопасности природы, продукции, работ, услуг.

В соответствии с Законом Российской Федерации «О стандартизации» ежегодно компетентными органами, занимающимися стандартизацией, составляется программа по разработке новых и пересмотру действующих стандартов (ГОСТ) в области охраны природы качества окружающей среды, деятельности предприятий, организаций, учреждений и поведения граждан, соответствующей терминологии и нормативно–правовых актов, регулирующих охрану природы. Эта программа состоит из комплекса стандартов в области защиты атмосферы («Атмосфера»), охраны и рационального использования вод («Гидросфера»), рационального использования биологических ресурсов («Биологические ресурсы»), охраны и рационального использования почв («Почвы»), улучшения использования земель («Земли»), охраны флоры («Флора») и фауны («Фауна»), охраны и преобразования ландшафтов («Ландшафты»), рационального использования и охраны недр («Недра»), утилизации промышленных и бытовых отходов («Отходы») и др.

Государственным комитетом по стандартизации РФ совместно с министерствами и ведомствами разработана программа Государственных стандартов, определяющих основные положения по стандартизации в области охраны природы, установления предельно допустимых концентраций и выбросов вредных ве-

ществ промышленными предприятиями, правил по охране вод при бурении морских скважин для добычи нефти и газа, показателей качества вод различных видов водопользования, мер по охране недр и рациональному использованию минеральных ресурсов, защите атмосферы от загрязнения, охране флоры и фауны, рациональному использованию восстанавливаемых ресурсов, обеспечению экологической безопасности ракетно–космической техники и радиоактивных отходов, разработке технических средств мониторинга и т.д.

В рамках федеральной программы ежегодно разрабатываются десятки государственных общероссийских стандартов. Следует отметить, что число федеральных стандартов, соответствующих стандартам международных организаций ИСО и МЭК, из года в год увеличивается и сегодня составляет около 80%, также возрастает число межгосударственных стандартов СНГ.

8.7 Экологическая сертификация

Законом Российской Федерации «О защите прав потребителей» в нашей стране введена сертификация продукции, услуг и иных объектов (далее – продукции), направленная на предотвращение причиненного вреда имуществу потребителей и обеспечение экологической безопасности населения.

Правовые основы обязательной и добровольной сертификации, права, обязанности и ответственности ее участников закреплены в Законе РФ «О сертификации продукции и услуг».

Экологическая сертификация – это подтверждение соответствия продукции установленным экологическим требованиям.

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 22 июня 1992 г. № 508 «О поэтапном введении в 1992 г. обязательной сертификации товаров (работ, услуг)» установлена следующая номенклатура производимой в Российской Федерации и ввозимых на ее территорию товаров, безопасность которых подлежит подтверждению с 1 сентября 1992 г.: товары для детей; продукты питания; товары народного потребления, контактирующие с пищевыми продуктами и питьевой водой; товары бытовой химии; парфюмерия; косметика; ядохимикаты, стимуляторы роста растений и животных, минеральные удобрения, реализуе-

мые гражданам; продукция машиностроения и приборостроения бытового назначения; ряд товаров народного потребления.

Нормальное функционирование рынка невозможно без информации о потребительских свойствах товара, которая дает покупателю ответ на два основных вопроса:

- удовлетворяет ли товар его потребностям;
- в какой мере продавец может гарантировать качество товара и его стабильность, безопасность для здоровья населения и окружающей среды.

Ответы на эти вопросы возможны при наличии соответствующего сертификата на продукцию.

Основные цели экологической сертификации:

- защита потребителей от приобретения (использования) продукции, опасной для их жизни, здоровья и имущества, а также для окружающей среды;

- регулирование отношений в сфере взаимодействия общества и природы для сохранения природных богатств и улучшения среды обитания человека;

- обеспечение интеграции экономики России в мировой рынок.

Главные задачи экологической сертификации:

- создание экологически справедливого рынка;
- защита изготовителя от нечестной конкуренции, содействие рекламе, сбыту и повышению конкурентоспособности продукции с наилучшими экологическими характеристиками;

- предотвращение поступления в страну недоброкачественных с экологической точки зрения иностранных товаров;

- приостановление или прекращение реализации продукции, не отвечающей установленным экологическим требованиям;

- укрепление за рубежом репутации экспортируемой экологически безопасной отечественной продукции;

- обеспечение улучшения качества окружающей среды и ресурсосбережения;

- содействие ускорению научно-технического прогресса в природоохранной области;

- обеспечение безопасности продукции на всех стадиях ее жизненного цикла.

В современных условиях особенно важным является недопущение ввоза на территорию Российской Федерации и вывоза с ее территории недоброкачественной с экологической точки зрения продукции.

В странах ЕЭС действует Директива Совета Европейских Сообществ от 27 апреля 1989 г. относительно общих принципов безопасности, согласно которой продукция, поступающая на рынок, не должна представлять никакого неприемлемого риска и чтобы потенциальные потребители были предупреждены о возможных последствиях. Эти принципы распространяются на все виды деятельности, которые могут повлиять на безопасность изделия, в частности, его обработку, переработку, упаковку, хранение, перевозку, размещение, и в случае необходимости изъятие из обращения.

Следовательно, для обеспечения интеграции нашей экономики в мировой рынок эти обстоятельства должны учитываться обязательно.

Система экологической сертификации базируется на следующих основных принципах, предусматривающих:

- установление собственных правил процедуры и управления для проведения экологической сертификации, не противоречащих Закону РФ «О сертификации продукции и услуг»;
- разграничение функций между различными органами системы экологической сертификации;
- взаимодействие системы с международными и национальными органами по сертификации;
- распределение ответственности между участниками сертификации;
- тесную увязку налоговой системы и системы ценообразования с экологическим сертификатом и лицензией на применение знака соответствия экологическим требованиям.

Объекты экологической сертификации:

- объекты природной среды и природные ресурсы;
- отходы производства и потребления;
- технологические процессы;
- услуги, направленные на обеспечение экологической безопасности и предупреждение вреда окружающей природной среде (далее – экологические услуги);

- товарная продукция.

Объекты природной среды. Под сертификацией объектов природной среды понимается деятельность по оценке состояния, качества и степени загрязнения данного объекта с целью определения наиболее эффективного и безопасного направления его использования без нанесения ущерба здоровью населения и окружающей среде. Например, водные объекты в зависимости от состояния, качества и степени загрязнения могут быть использованы для удовлетворения следующих нужд: хозяйственно-питьевых; лечебных, курортных и оздоровительных; промышленности и энергетики; сельского хозяйства, садоводства и огородничества; гидроэнергетики; рыбного хозяйства и добычи биоресурсов; охотничьего хозяйства; водного транспорта и лесосплава; изучения водных объектов, проведения наблюдений за их состоянием; рекреации (отдыха, туризма, спорта, любительского и спортивного рыболовства, спортивной охоты); сброса сточных вод (возвратных, шахтных, ливневых, карьерных, дренажных и др.); добычи полезных ископаемых, торфа, сапропеля; строительства инженерных сооружений и проведения иных работ.

Экологический сертификат на объект природной среды выдается его собственнику либо органу, имеющему право распоряжаться указанным объектом. Данный сертификат является документом, на основе которого выдается лицензия на экологически безопасное использование объекта.

Экологической сертификации могут подвергаться территория и отдельные ее участки вместе с природными ресурсами. Экологический сертификат выдается также и на другие объекты окружающей среды, например, на промышленное предприятие. В этом случае сертификация должна предусматривать оценку существующих экологических показателей и характеристик предприятия и внесение их в сертификат. Эти данные могут использоваться для приватизации предприятия и решения других вопросов.

Отходы производства и потребления. Экологическая сертификация отходов – это деятельность по оценке опасности отходов для здоровья населения и окружающей среды, а также по оценке соответствия экологическим требованиям применяемой техники и технологии по их удалению.

В понятие «удаление отходов» включают: сбор, сортировку, перевозку, обработку, хранение и захоронение на поверхности или под землей отходов, а также операции по их переработке с целью извлечения отдельных компонентов, повторного использования или рециркуляции.

Сертификат, а следовательно, и лицензия на осуществление отдельных процессов по удалению отходов и их трансграничному перемещению должен выдаваться лишь в том случае, если технический уровень данных процессов полностью удовлетворяет экологическим требованиям и нормативам.

Технологические процессы. Экологическая сертификация технологических процессов – это деятельность по оценке степени достижения удельных показателей по выбросам (сбросам) загрязняющих веществ и другим воздействиям на окружающую среду, установленных на основе лучших из имеющихся в мире технологий.

Для того чтобы увязать экологический сертификат с экономическими инструментами защиты окружающей среды, сертификации должна подвергаться вся технологическая схема (если она состоит из ряда последовательных технологических процессов) по производству товарной продукции.

Экологические услуги. Как объект экологической сертификации экологические услуги представляют собой виды деятельности (работ), непосредственно направленных на оздоровление окружающей среды и ресурсосбережение.

Данный вид сертификации представляет собой деятельность по оценке компетентности организации в осуществлении того или иного вида экологических услуг, а также по оценке соответствия применяемой техники и технологии экологическим требованиям.

Товарная продукция. Экологическая сертификация товарной продукции предусматривает подтверждение соответствия данной продукции экологическим требованиям. В зависимости от вида продукции они могут быть предъявлены к ее химическому составу или к показателям по выбросам (сбросам) загрязняющих веществ в окружающую среду (например, по крупному энергетическому оборудованию тепловых электростанций) и другим антропогенным воздействиям.

Контрольные вопросы

1. Какие показатели положены в основу природоохранных нормативов? 2. Какие нормативы относятся к санитарно-гигиеническим? 3. Перечислите нормы и нормативы качества окружающей среды? 4. Назовите виды нормативов при оценке качества воздушной среды. 5. По каким показателям осуществляется оценка качества водных ресурсов? 6. Перечислите основные показатели оценки качества почвы, шума и радиоактивного загрязнения. 7. Регламентирование содержания загрязнений в атмосферном воздухе. 8. Регламентирование содержания примесей в воде водоемов. 9. Регламентирование предельно-допустимых концентраций вредных веществ в почве. 10. Каким образом осуществляется стандартизация в области охраны окружающей среды? 11. Охарактеризуйте объекты экологической сертификации.

9 ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

9.1 Санитарно-гигиенические нормативы химических соединений

В последние десятилетия проблема профилактики неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека выдвинулась на одно из первых мест среди других общемировых проблем. Это связано с быстрым нарастанием числа различных по своей природе (физических, химических, биологических, социальных) факторов, сложным спектром и режимом их воздействия, возможностью одновременного (комбинированного), совокупного действия, а также с многообразием патологических состояний, вызываемых этими факторами.

Среди комплекса антропогенных (техногенных) воздействий на окружающую среду и здоровье человека особое место занимают многочисленные химические соединения, широко используемые в промышленности, сельском хозяйстве и других сферах производства.

Воздействие химических соединений способно вызывать практически все патологические процессы и состояния, известные в общей патологии. Причем по мере углубления и расширения знаний о механизмах токсического действия выявляются все новые виды неблагоприятных эффектов (канцерогенное, мутагенное, иммунотоксическое, алергизирующее, гонадо- и эмбриотоксическое, тератогенное и другие типы действий).

Существует несколько принципиальных подходов к предупреждению неблагоприятных эффектов действия химических веществ: полный запрет производства и применения, запрет поступления в окружающую среду и любого воздействия на человека, замена токсичного вещества менее токсичным и опасным, ограничение (регламентация) содержания в объектах окружающей среды и уровней воздействия на работающих и население в целом. В связи с тем, что современная химия стала определяющим фактором развития ключевых направлений во всей системе производительных сил, выбор стратегии профилактики является

сложной, многокритериальной задачей, решение которой требует анализа риска развития ближайших и отдаленных неблагоприятных эффектов влияния вещества на организм человека, его потомство и окружающую среду, а также возможных социальных, экономических, медико–биологических последствий запрета производства и применения химического соединения.

Среди комплекса политических, социальных, экономических, технологических и экологических критериев для выбора стратегии профилактики определяющим является критерий предупреждения (недопущения) вредного действия. В нашей стране и за рубежом запрещено производство и использование ряда опасных промышленных канцерогенов и пестицидов. Введен запрет контакта работающих и выброса в окружающую среду наиболее биологически активных химических соединений, например некоторых лекарственных препаратов. Вместе с тем на современном этапе развития технологий ведущим критерием по–прежнему остается ограничение содержания химических соединений в объектах окружающей среды. Как отмечал акад. В.А. Легасов, лишь 1/5 часть огромного числа химикатов производится на основе детальных научных разработок. «Технология производства более 90% химикатов не оптимизирована, это неизбежно приводит к огромным потерям сырья, энергии, трудовых ресурсов, снижению качества продукции. К сожалению, с годами положение не меняется: из осваиваемых ежегодно примерно 600 новых химических продуктов лишь треть производится по оптимальным технологическим схемам».

Несовершенство используемых технологий, как в технологическом, так и в экологическом отношении, невозможность изъятия из производственной сферы многих необходимых для современной цивилизации химических веществ определяют необходимость введения и неукоснительного соблюдения нормативов качества окружающей среды. Отсутствие норматива, как правило, приводит к неконтролируемому, скрытому воздействию химических соединений на человека.

Очевидно, что норматив качества окружающей среды всегда конкретен и основан на определенных признаках. К ним относятся:

- объект защиты, например человек, древесные растения, технологическое оборудование и т. д.;
- среда, в которой нормируется и контролируется содержание вещества (воздух, вода, почва, биосубстраты человека и т. д.);
- критерий вредности (появление заболеваний или скрытой временно компенсированной патологии у человека или его потомства; выход из строя технологического оборудования; снижение продуктивности, пищевой ценности растений и т. д.);
- регламентируемая временная характеристика (воздействие в течение всей жизни человека, в течение его рабочего стажа, в короткий промежуток времени, например, в аварийных ситуациях);
- «цена» норматива, т. е. последствия, к которым может привести отсутствие или превышение допустимого уровня.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом определяющее значение для контроля и управления качеством окружающей среды имеют гигиенические нормативы, преимущественно направленные на профилактику неблагоприятного воздействия химических веществ на здоровье человека.

Санитарно–гигиенические нормативы – это устанавливаемые в законодательном порядке, обязательные для исполнения всеми ведомствами, органами и организациями допустимые уровни содержания химических соединений в объектах окружающей среды. Предположение о возможности установления нормативов для некоторых токсичных веществ было высказано еще в прошлом веке на основе данных о пороговом действии промышленных ядов. В начале XX столетия немецкие и американские исследователи разработали перечни пороговых концентраций для нескольких десятков наиболее распространенных промышленных химических соединений. В середине 20–х гг. в СССР впервые в мире были включены в санитарное законодательство предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. В 30–е гг. ПДК были введены в Германии и США. В последующий период в СССР были заложены основы методологии гигиенического нормирования химических соединений в воде водоемов, атмосферном воздухе населенных мест, почве, продуктах питания. В настоящее время санитарно–гигиенические нормативы существуют во всех промышленно развитых странах.

Кроме того, нормативы допустимого содержания химических соединений разрабатываются рядом международных организаций: Международной организацией труда (МОТ), Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ).

В течение длительного времени санитарно–гигиенические нормативы оставались единственными критериями качества окружающей среды. В настоящее время наряду с гигиеническими ПДК разрабатываются также ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Нормируются химический состав ирригационных вод, содержание вредных веществ в кормах; устанавливаются ПДК химических соединений в сточных водах, подаваемых на сооружения по биологической очистке. Разработаны ПДК химических соединений в воздухе особо охраняемых территорий, предложены ПДК, предназначенные для защиты древесных растений. Однако до настоящего времени гигиенические ПДК остаются пока ведущим критерием качества окружающей среды и используются для оценки опасности экологической обстановки, расчета предельно допустимых выбросов и сбросов, установления связи загрязнения окружающей среды с риском развития нарушений здоровья населения. Несмотря на это при гигиеническом нормировании химических веществ в некоторых средах (вода, почва) наряду с медико–биологическими показателями учитываются и экологические критерии. Действующие ПДК по своей сути являются антропоцентрическими и не могут гарантировать отсутствие биоэкологических изменений (нарушения экосистем, влияние на популяции и биообъекты различных видов). Однако данный факт не может свидетельствовать о малой надежности гигиенического норматива, а лишь подчеркивает необходимость скорейшей разработки концепции экологического нормирования и включения в законодательство не только санитарно–гигиенических критериев, но и экологических стандартов.

В основе методологии гигиенического нормирования химических веществ в производственной и окружающей средах лежат следующие принципы.

Принцип безвредности гигиенического норматива (примата медико–биологических показателей перед технологическими, экономическими и другими критериями) основан на том, что при обосновании норматива вредного фактора преимущественное

значение имеют особенности его действия на организм человека и санитарные условия жизни. Доводы об экономической или технологической целесообразности, возможности применения средств индивидуальной защиты не могут служить основанием для установления норматива на более высоком уровне.

Принцип опережения обоснования и осуществления профилактических мероприятий по сравнению с моментом внедрения тех или иных вредных факторов является основополагающим, поскольку производство и применение недостаточно изученных потенциально вредных веществ сопряжены с риском для здоровья человека. Кроме того, нарушение принципа опережения может привести к значительным экономическим потерям из-за задержки производства, высокой стоимости природоохранных мероприятий, осуществляемых на действующих объектах. Исходя из этого принципа очевидно также, что гигиенические нормативы не могут основываться только на результатах натуральных исследований состояния здоровья населения, уже подвергнувшегося воздействию вредного фактора (напомним, что латентный период развития некоторых злокачественных новообразований может достигать 25–30 лет). Необходимо разумное сочетание экспериментальных методов гигиенического нормирования с клинико-гигиеническими и эпидемиологическими методами.

Принцип порогового действия вредных факторов также относится к основополагающим. В соответствии с данным принципом по мере снижения уровня воздействия вещества может быть достигнута доза (концентрация), не вызывающая неблагоприятных изменений. Вопрос о возможности установления порога вредного действия для большинства типов химических соединений не вызывает сомнения. Еще в XVI в. известный врач Парацельс отметил: «Все вещества являются ядами; нет ни одного, который бы не был ядом. Только доза разделяет яд и лекарство».

Вместе с тем для мутагенов и канцерогенов вопрос о пороговом специфическом действии их до настоящего времени остается окончательно не решенным. Существует множество аргументов как в пользу порогового действия, так и в поддержку беспороговой концепции. В нашей стране и за рубежом нормирование этих веществ осуществляется на основе анализа совокупности экспериментальных и эпидемиологических данных. Произ-

водство некоторых из них запрещено (например, бета-нафтиламин, бензидин и др.). Ряд канцерогенных веществ нормирован с учетом риска развития дополнительных к существующему фоновому уровню заболеваемости случаев рака (один случай на 1 млн. жителей или один случай на 100 тыс. работающих). Соединения с недоказанной канцерогенностью для человека и экспериментальных животных, как правило, нормируются исходя из тех же принципов, которые используются при регламентации веществ с общетоксическим действием.

Один из основоположников отечественной промышленной токсикологии Н.С. Правдин считал, что порогов действия яда может быть много – столько же, сколько систем организма реагирует на введение вещества. В этой связи, очевидно, что не всякий эффект, связанный с воздействием химических соединений, может быть признан вредным для здоровья человека. В гигиене под порогом вредного действия принято понимать такую минимальную концентрацию вещества в объекте внешней среды (или дозу, попавшую в организм), при воздействии которой в организме (при конкретных условиях поступления вещества) возникают изменения, выходящие за пределы физиологических приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология (И.В. Саноцкий).

Принцип порогового действия неразрывно связан с другим принципом гигиенического нормирования – зависимостью эффекта от концентрации (дозы) и времени воздействия. Величина дозы и продолжительность воздействия не только определяют время появления биологического эффекта, но и нередко влияют на его качественные характеристики. Например, в условиях острых воздействий бензол в основном оказывает влияние на центральную нервную систему, а при длительном воздействии малых доз и концентраций вызывает поражение системы кроветворения.

Принцип моделирования вредного действия химических веществ в эксперименте при обосновании гигиенических нормативов отражает необходимость опережающей разработки допустимых уровней воздействия по сравнению с моментом внедрения химических соединений в производство. В ряде случаев (при определении порогов раздражающего действия, порогов запаха)

эксперимент поводится на людях—добровольцах. Однако базовой моделью при исследовании токсических и отдаленных эффектов химических соединений в нашей стране и за рубежом являются лабораторные животные. При этом воспроизводятся соответствующие реальные условия поступления веществ в организм (путь введения, экспозиция, режим воздействия и т. д.), учитываются возрастные, видовые, половые особенности чувствительности к действию вещества. Значение порога вредного действия, установленное в эксперименте на животных, при обосновании ПДК уменьшается на величину коэффициента запаса, зависящего от показателей опасности исследуемого соединения, полноты данных об особенностях его вредного действия.

В связи со специфичностью и изменчивостью физико—химических свойств воды, почвы, атмосферного воздуха, пищевых продуктов животного и растительного происхождения, а также особенностями их воздействия на организм, гигиенические нормативы устанавливаются отдельно для каждого объекта (принцип разделения объектов санитарной охраны). Воздействие химических соединений, как известно, может быть не только прямым, но и косвенным (например, вследствие отказа населения от контролируемого водоемисточника, ограничения водопользования и др.). Поэтому при нормировании химических соединений в объектах учитываются различные виды неблагоприятных воздействий: влияние на органолептические показатели (внешний вид, запах, привкус и др.), рефлекторное действие, влияние на общесанитарные показатели (например, изменение численности сапрофитной микрофлоры, ее состав и т. д.), возможность миграции из одной среды в другую (переход вещества или его метаболита из почвы в воду, воздух, растения), санитарно—бытовой (изменение прозрачности атмосферы, бытовых условий проживания и др.), санитарно—токсикологический.

При установлении окончательной величины ПДК используется принцип лимитирующего показателя вредности, в соответствии с которым величина норматива выбирается на уровне наименьшей из значений концентрации, установленных по различным критериям вредности (принцип учета «слабого звена»).

Как известно, в реальных условиях человек подвергается не изолированному воздействию какого—либо одного вещества, по-

ступающего в организм конкретным путем (через воду или воздух), а сложному многофакторному воздействию. Необходимость учета всего многообразия воздействий отражена в принципе комплексного (единого, интегрального) гигиенического нормирования. В настоящее время особенности комбинированного действия веществ учитываются при гигиеническом нормировании вредных веществ во всех средах. Так, для атмосферного воздуха населенных мест установлены 56 коэффициентов комбинированного действия (для 36 бинарных смесей, 20 смесей из 3–5 компонентов).

Перспективной задачей является разработка максимально допустимых нагрузок всей совокупности факторов окружающей среды. При этом, несомненно, должен учитываться принцип дифференциации нормативов с учетом климатогеографических условий. В частности, данный принцип был использован при гигиеническом нормировании содержания фтора в питьевой воде.

Обоснование гигиенических нормативов и регламентов осуществляется на основе принципа этапности в проведении исследований. Данный принцип отражает необходимость задания стратегии исследования, выделения его важнейших этапов, проводимых в строгой последовательности и по возможности синхронно с этапами внедрения новых веществ или материалов.

Этапы и правила формирования заключений на каждом из них зависят от объекта окружающей среды, на котором проводится нормирование. В общем виде связь между стадиями технологической разработки и токсикологической оценки можно представить как последовательную цепь: теоретический проект технологической схемы – предварительная токсикологическая оценка; лабораторная разработка технологической схемы – токсикологическая экспертиза; полужаводская установка – токсикологическая паспортизация и полная токсикологическая оценка; проектирование заводского производства – дополнительные токсикологические исследования; действующее производство – натурные гигиенические, медицинские и эпидемиологические исследования.

Согласно существующему определению предельно допустимая концентрация химического соединения во внешней среде – такая концентрация, при воздействии которой на организм че-

ловека периодически или в течение всей жизни – прямо или опосредованно через экологические системы, а также через возможный экономический ущерб – не возникает соматических или психических заболеваний (в том числе скрытых и временно компенсированных) или изменений состояния здоровья, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, обнаруживаемых современными методами сразу или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений (И.В. Саноцкий).

Приведенные принципы гигиенического нормирования химических веществ в определенной степени близки к методологии нормирования других факторов окружающей среды (физических, биологических). Однако от особенностей их действия на организм зависит специфика методов обоснования ПДК и ПДУ.

Дело в том, что на проведение исследований традиционная методология гигиенического нормирования требует больших затрат и значительного времени (от 1 до 3 лет). Так, в США токсикологические исследования одного химического вещества стоят около 500–600 тыс. долл. Вместе с тем только в США работающие подвергаются воздействию более 650 тыс. промышленных химических веществ, в то время как допустимые уровни воздействия в этой стране установлены менее чем для 1000 соединений.

Рост числа новых химических веществ требует, с одной стороны, тщательной регистрации всех существующих и внедряемых в производство соединений, а с другой – значительного ускорения исследований по обоснованию гигиенических нормативов.

Постановлением Правительства РФ от 12 ноября 1992 г. № 869 в нашей стране введена обязательная государственная регистрация химических соединений, осуществляемая Российским Регистром потенциально опасных химических и биологических веществ. Данная мера, позволяет полностью инвентаризировать все химические соединения, производимые и используемые в России, и в конечном итоге будет способствовать повышению надежности оценок потенциальной опасности веществ для здоровья человека и окружающей среды.

Для ликвидации диспропорций между числом новых химических веществ и количеством разрабатываемых гигиенических

нормативов в санитарное законодательство введены наряду с ПДК временные ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) и ориентировочные допустимые уровни (ОДУ). Обоснование временных нормативов проводится с использованием ускоренных экспериментальных и расчетных методов, а также по аналогии с ранее нормированными структурно близкими соединениями.

Гигиенические нормативы утверждаются Государственным комитетом санитарно–эпидемиологического надзора Российской Федерации. Они входят в состав санитарно–гигиенических норм и правил, а также в некоторые ГОСТы.

9.2 Гигиеническое нормирование химических веществ в атмосферном воздухе населенных мест

Методологические основы гигиенического нормирования атмосферных загрязнений включают следующие положения.

1. Допустимой признается только такая концентрация химического вещества в атмосфере, которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного либо неприятного действия, не влияет на самочувствие и работоспособность.

2. Привыкание к вредным веществам, находящимся в атмосферном воздухе, рассматривается как неблагоприятный эффект.

3. Концентрация химических веществ в атмосфере, которые неблагоприятно действуют на растительность, климат местности, прозрачность атмосферы и бытовые условия жизни населения, считается недопустимой.

Существующая в настоящее время практика гигиенического нормирования загрязняющих веществ в атмосферном воздухе основана главным образом на первых двух критериях вредности. Экологические эффекты атмосферных загрязнений при разработке ПДК учитываются пока редко.

В России устанавливаются нормативы для двух периодов усреднения проб атмосферного воздуха: максимальная разовая и среднесуточная ПДК. Максимальная разовая ПДК (время осреднения пробы 20–30 мин) направлена на предупреждение рефлекторных реакций, связанных с пиковыми, кратковременными подъемами концентраций вредного вещества.

Среднесуточная ПДК предназначена для предотвращения хронического воздействия атмосферных загрязнителей, вызывающих общетоксический или специфический эффект.

За рубежом ПДК атмосферных загрязнителей разрабатывают и для других периодов осреднения, включая среднегодовые. Как неоднократно отмечал М.А. Пинигин, принятые в отечественном законодательстве среднесуточные ПДК, обоснованные в хронических (четырёхмесячных) экспериментах, по своей сути являются среднегодовыми. В натурных исследованиях выявлены следующие средние соотношения между максимальными концентрациями разных периодов осреднения: максимальные разовые, среднесуточные – 2,5; максимальные разовые, среднегодовые – 10; среднемесячные, среднегодовые – 1,5.

Установление дифференцированных по времени ПДК (среднемесячных, среднегодовых) в настоящее время сдерживается несовершенством систем мониторинга содержания примесей в атмосфере. Важно учитывать, что для 2/3 всех нормированных веществ ПДК в атмосферном воздухе установлены исходя из их рефлекторного действия (пороги запаха или рефлекторного действия). Поэтому последствия превышения ПДК некоторых веществ могут ограничиваться появлением жалоб населения на посторонние запахи, при этом риск развития токсических эффектов будет незначительным.

В зависимости от токсичности и опасности атмосферные загрязнители подразделяются на четыре класса опасности. Для веществ I и II классов опасность достижения токсических концентраций в случае превышения ПДК, как правило, наиболее велика.

9.3 Нормирование химических веществ в воздухе рабочей зоны

В отличие от атмосферных загрязнителей, действующих круглосуточно на все группы населения, включая детей и лиц с ослабленным здоровьем, промышленные химические вещества в условиях производства воздействуют в течение 6–8 ч на лиц трудоспособного возраста, проходящих предварительные (перед поступлением на работу) и периодические медицинские осмотры. В

связи с этим критерии установления ПДК в воздухе рабочей зоны отличаются от критериев обоснования гигиенических нормативов атмосферных загрязнителей.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны определяется как концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч (но не более 41 ч в неделю) за весь период деятельности не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья работающего и его потомства, обнаруживаемых современными методами исследований во время работы или в отдаленные сроки жизни.

По степени опасности промышленные вредные вещества делятся на четыре класса в зависимости от значений смертельных доз и концентраций для лабораторных животных (DL_{50} , CL_{50}) при пероральном (внутрижелудочном), кожном и ингаляционном путях поступления, а также таких показателей, как зона острого действия (отношение CL_{50} к порогу острого действия), зона хронического действия (соотношение порогов острого и хронического действия), коэффициент возможности ингаляционных отравлений (отношение летучести к показателю токсичности).

Различают максимальные разовые и среднемесячные ПДК. Первые устанавливают для всех без исключения химических веществ, используемых в промышленности или сельском хозяйстве. Среднесменные ПДК разрабатывают наряду с максимальными разовыми для химических веществ, обладающих выраженными кумулятивными свойствами (т.е. способных накапливаться в организме и вызывать хронические отравления). В зависимости от особенностей вредного действия в списки ПДК вносят пометки об опасности вещества при попадании на кожу и слизистые оболочки глаз, алергизирующем, канцерогенном, остронаправленном и фиброгенном действиях. В последние годы для контроля суммарного воздействия химических веществ предложено использовать тесты экспозиции и биологические ПДК, основанные на измерении концентрации исходного химического соединения или его метаболитов в биологических средах (кровь, моча, волосы, ногти). Однако, как в нашей стране, так и за рубежом, биологические ПДК пока не получили широкого распространения, а содержание веществ в биосубстратах определяется в основном для научно-исследовательских целей.

В отличие от нашей страны гигиенические нормативы в США (допустимые уровни воздействия – PEL) устанавливаются с учетом не только медико–биологических критериев, но и экономической и технологической достижимости стандартов. В большинстве случаев эти нормативы обоснованы по немногочисленным и весьма противоречивым данным о случаях отравления (как правило, острых) на производстве. Только для относительно небольшого числа нормированных в США соединений (несколько десятков) PEL разработаны на основе порогов хронического действия или результатов эпидемиологических исследований. Этим, главным образом, и объясняются существенные расхождения в величинах гигиенических нормативов многих веществ в России и США. Вместе с тем PEL для ряда химических соединений, обладающих канцерогенным или аллергизирующим действием, установлены на более низких уровнях по сравнению с ПДК. Данное обстоятельство подчеркивает важность взаимоиспользования материалов исследований, полученных в разных странах, и необходимость гармонизации критериев и принципов гигиенического нормирования.

9.4 Гигиеническое нормирование химических веществ в водной среде

Особенности нормирования химических веществ в водной среде обусловлены несколькими факторами.

1. С гигиенических позиций оценивается уровень загрязнения воды, предназначенной для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения.

2. Нормативы качества воды распространяются не на весь водный объект, а только на пункты водопользования населения.

3. Вода используется населением не только для питья, приготовления пищи, личной гигиены, но и для хозяйственно-бытовых и рекреационных целей. В связи с этим при нормировании учитывается как непосредственное влияние химических загрязнителей на организм (санитарно-токсикологический показатель вредности), так и их влияние на органолептические свойства воды и процессы самоочищения воды водоемов (органолептический и общесанитарный показатели вредности).

4. Для всех водных объектов, используемых населением (поверхностные и подземные воды, питьевая вода, вода систем горячего водоснабжения), устанавливаются единые гигиенические нормативы (ПДК, ОДУ).

Таблица 12 – ПДК некоторых вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно–питьевого и культурно–бытового водопользования, мг/л

Вещество	ПДК	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
Барий	0,1	Санитарно-токсикологический	III
Бенз(а)пирен	0,000005	То же	I
Бензол	0,500	То же	II
Бериллий	0,0002	То же	II
Винилхлорид	0,050	То же	I
Диоксин*	–	То же	II
Дифенил	0,001	То же	II
Дихлорбромметан*	0,030	То же	II
Кадмий	0,001	То же	II
Марганец	0,100	Органолептический, цветной	III
Медь	1,0	Органолептический, появление привкуса	III
Нефть многосернистая	0,100	Органолептический, образование пленок на поверхности воды	IV
Нефть прочая	0,300	То же	IV
Нитраты	45,0	Санитарно–токсический	III
Нитриты	3,300	То же	II
Свинец	0,030	То же	II
Тетраэтилсвинец	Отсут.	Санитарно–токсический	I
Фенол	0,001	Органолептический, изменение запаса воды	IV
Формальдегид	0,050	Санитарно–токсикологический	II
Цинк	1,0	Общесанитарный	III

* Ориентировочный допустимый уровень.

К особенностям гигиенического нормирования химических веществ в водной среде относится необходимость исследования стабильности химических соединений, процессов их трансфор-

мации. При этом проводится оценка влияния на водный объект и организм млекопитающих не только исходных веществ, но и продуктов их деструкции и трансформации.

В качестве ПДК принимается наименьшая концентрация из пороговых уровней, установленных по разным критериям вредного действия. Более чем для половины всех нормированных веществ ПДК в воде обоснованы по органолептическому или общесанитарному показателю. Опасность водных загрязнений оценивается по комплексу показателей. В соответствии с действующей классификацией, предложенной Г.Н. Красовским, вещества подразделяются на четыре класса, причем для соединений I и II классов риск развития неблагоприятных эффектов у человека в случае превышения установленных ПДК наиболее значителен (таблица 12).

9.5 Гигиеническое регламентирование химических веществ в почве

Почва представляет собой сложную малодинамичную систему, меняющуюся на небольших климато-ландшафтных территориях.

Основные положения теории и практики гигиенического нормирования содержания вредных веществ в почве заключаются в нижеследующем.

1. Не всякое поступление экзогенных химических веществ в почву следует рассматривать как опасное для здоровья человека и окружающей среды.

2. Безопасность поступления химических веществ в почву определяется недопустимостью превышения адаптационной возможности самых чувствительных групп населения или порога экологической (самоочищающей) способности почвы.

3. Установление норматива основывается на данных, полученных в экстремальных почвенно-климатических условиях (максимальная миграция вещества в контактирующие с почвой среды) с учетом влияния на процессы самоочищения и микробиоценоза.

4. Гигиенические нормативы устанавливаются с учетом лимитирующего показателя вредности: общесанитарного, миграци-

онного водного, воздушного (переход из почвы в воду или воздух), органолептического, фитоаккумуляционного (переход и накопление в растениях) и санитарно–токсикологического. Последний учитывает возможность поступления веществ, содержащихся в почве, в организм человека одновременно несколькими путями: с пылью, вдыхаемым атмосферным воздухом, питьевой водой, продуктами питания и др.

5. Если учитывать чрезвычайную вариабельность климато–географических условий формирования почв, то экспериментально обоснованную ПДК можно рассматривать как эталонную величину отсчета, используемую для оценки опасности загрязнения почвы в конкретных почвенно-климатических условиях.

Предельно допустимые концентрации экзогенного химического вещества в почве – максимальное его количество (в мг/кг пахотного слоя абсолютно сухой почвы), установленное в экстремальных почвенно-климатических условиях, которое гарантирует отсутствие отрицательного прямого или опосредованного через контактирующие с почвой среды воздействия на здоровье человека, его потомство и санитарные условия жизни населения.

Таблица 13 – Предельно допустимые концентрации некоторых химических веществ в почве, мг/кг

Вещество	ПДК	Лимитирующий признак
Бенз(а)пирен	0,02	Общесанитарный
Бензин	0,10	Воздушно–миграционный
Ванадий	150,0	Общесанитарный
Мышьяк	2,0	Транслокационный
Ртуть	2,10	То же
Свинец	32,0	Общесанитарный
Кобальт	5,0	То же
Медь	3,0	
Полихлорбифениды (суммарно)*	0,06	

* Ориентировочное допустимое количество.

Принципиальная схема гигиенического нормирования предусматривает обоснование пороговых концентраций вещества по шести показателям вредности: органолептическому (изменение

запаха, привкуса, пищевой ценности фитотест-растений, а также запаха атмосферного воздуха, вкуса, цвета и запаха воды); общесанитарному (влияние на процессы самоочищения почвы); фитоаккумуляционному (транслокационному); водно-миграционному, воздушно-миграционному, санитарно-токсикологическому. В таблице 13 приведены ПДК некоторых химических веществ в почве.

9.6 Гигиеническое нормирование химических веществ в продуктах питания

При нормировании химических веществ в пищевых продуктах ПДК устанавливаются с учетом допустимой суточной дозы (ДСД) или допустимого суточного поступления (ДСП). Необходимость такого подхода обусловлена чрезвычайным разнообразием пищевого рациона и его химического состава, что не позволяет нормировать допустимое содержание химического вещества в каждом пищевом продукте.

При нормировании вредных веществ в продуктах питания используются следующие показатели вредности: органолептический; общегигиенический (предупреждение возможного снижения биологической ценности пищевого продукта, ухудшения технологических свойств в процессе обработки); технологический (присутствие веществ в обрабатываемом продукте в соответствии с технологическим регламентом его получения); токсикологический.

Величина ПДК определяется расчетным путем исходя из значения ДСП, количества продукта в суточном рационе. ДСП и ДСД устанавливаются на основе пороговых доз, уменьшаемых на величину коэффициента запаса. Значения ДСП и ДСД для многих пищевых добавок и пестицидов разработаны комитетом экспертов Продовольственной и сельскохозяйственной секции Организации Объединенных Наций и экспертной группой ВОЗ (ФАО/ВОЗ).

Наряду с вышеописанными нормативами существуют допустимые уровни выделения вредных веществ из полимерных материалов в контактирующие с ними среды (вода, воздух, продукты питания). Устанавливаются также нормативы выделения

опасных химических веществ, образующихся в результате термодеструкции различных материалов. Эти нормативы используются при гигиенической оценке новых материалов и изделий с целью недопущения выпуска продукции, создающей опасность для здоровья человека из-за миграции химических соединений или образования в результате горения высокотоксичных компонентов.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение: что такое «санитарно-гигиенические нормативы». 2. Какие принципы положены в основе методологии гигиенического нормирования? 3. Основы гигиенического нормирования химических веществ в атмосферном воздухе населенных мест. 4. Перечислите критерии нормирования химических веществ в воздухе рабочей зоны. 5. Особенности нормирования химических веществ в водной среде. 6. Назовите основные положения теории и практики гигиенического нормирования химических веществ в почве. 7. Что лежит в основе гигиенического нормирования химических веществ в продуктах питания.

10 ВЕЩЕСТВА, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ И КОРМА

Тяжелые металлы. Наиболее опасными загрязняющими веществами признаны тяжелые металлы: свинец, ртуть, кадмий, мышьяк, цинк, никель и др. Примерно 90 % тяжелых металлов, поступающих в окружающую среду, аккумулируются почвами. Затем они мигрируют в природные воды, поглощаются растениями и поступают в пищевые цепи.

Свинец, ртуть, кадмий, мышьяк и цинк считаются основными загрязнителями главным образом потому, что техногенное их накопление в окружающей среде идет особенно высокими темпами. Данные элементы обладают большим сродством к физиологически важным органическим соединениям и способны подавлять наиболее значимые процессы метаболизма, тормозят рост и развитие. В сельскохозяйственном производстве это приводит к снижению продуктивности и ухудшению качества продукции.

Допустимое количество тяжелых металлов, которое человек может потреблять с продуктами питания без риска заболеть, колеблется в зависимости от вида металла: свинец – 3 мг, кадмий – 0,4...0,5, ртуть – 0,3 мг в неделю. Хотя эти уровни условны, тем не менее, они служат основой для контроля содержания тяжелых металлов в продуктах питания.

В живых организмах тяжелые металлы играют двоякую роль. В малых количествах они входят в состав биологически активных веществ, регулирующих нормальный ход процессов жизнедеятельности. Нарушение в результате техногенного загрязнения сложившихся эволюционно концентраций тяжелых металлов приводит к отрицательным и даже катастрофическим последствиям для живых организмов. Поступившие, например, в организм человека тяжелые металлы накапливаются преимущественно в печени и выводятся крайне медленно. Первоначально же они накапливаются главным образом в почвах. Продукция растениеводства, выращенная даже на слабозагрязненных почвах, способна вызвать кумулятивный эффект, обуславливая постепенное увеличение содержания тяжелых металлов в организме теплокровных (человек, животные).

Поступая в растения, тяжелые металлы распределяются в их органах и тканях весьма неравномерно. Следовательно, изучение особенностей аккумуляции тяжелых металлов в растениях может помочь ограничить их поступление в организм человека.

Зачастую корневые системы растений содержат больше цинка, чем надземные органы. В надземных органах цинк концентрируется преимущественно в старых листьях. Корни пшеницы отличаются более высоким содержанием свинца и кадмия по сравнению с листьями. Уровень накопления тяжелых металлов в репродуктивных органах растений значительно ниже, чем в вегетативных, и зависит от биологических особенностей культуры, физиологической роли элемента, его содержания в почве и доступности для растений.

Органы накопления ассимилятов (корнеплоды, клубни, плоды) содержат значительно меньше тяжелых металлов, чем вегетативная масса растений. Это можно считать положительным фактом, поскольку именно они составляют хозяйственно ценную часть основных овощных культур.

Механизмы поглощения, транспорта, метаболизма и распределения тяжелых металлов в органах и тканях тесно связаны с видовыми и сортовыми особенностями возделываемых культур, на них влияют экологические и антропогенные факторы.

Знание закономерностей распределения тяжелых металлов в тканях и органах растений дает возможность выяснить механизмы их перераспределения и аккумуляции в процессе развития растений, разработать достоверные методы оценки качества урожая, грамотно сертифицировать продукцию. Знание особенностей распределения тяжелых металлов в растениях представляет интерес для потребителя, поскольку позволяет рационально использовать продукцию в процессе технологической переработки (консервирование, сушка, квашение, соление, приготовление соков и пюре) и при употреблении в пищу в сыром виде.

Накопление и распределение тяжелых металлов в органах растений зависят, прежде всего, от вида, физиологической специализации и морфологических признаков отдельных органов (тип листьев, размер черешков и жилок, размер центрального цилиндра в корне – плодах).

Важно знать особенности распределения тяжелых металлов в овощных культурах.

В корнеплодах моркови содержание тяжелых металлов (кроме железа) убывает от кончика до головки. Для железа характерно высокое содержание в головке и равномерное распределение в остальной части корнеплода. В центральной части корнеплода содержится повышенное количество цинка и свинца, а в коре – повышенное количество меди, марганца, кадмия и железа.

Для нижней части корнеплода столовой свеклы характерно повышенное содержание всех элементов, кроме меди. Наименьшее содержание меди и железа отмечено в средней части корнеплода. В центральном цилиндре наблюдается повышенное количество цинка и свинца, а в коре – меди, марганца, кадмия и железа.

Минимальное количество кадмия, цинка и свинца находится в мякоти клубней картофеля. Повышенное количество железа характерно для периферийной части клубней. Медь распределена равномерно во всех частях клубня.

У плодов кабачков тяжелые металлы рассредоточены примерно одинаково по всей их длине, кроме зоны, примыкающей к плодоножке (примерно треть–четверть плода), в этой зоне содержание тяжелых металлов в 1,5...3,0 раза выше. Наибольшее количество тяжелых металлов находится в кожуре плода и в сердцеvine.

Для тыквы характерно повышенное содержание тяжелых металлов в верхней части, примыкающей к плодоножке. Минимальное их количество находится в нижней части плодов (примерно в 1,5...4,0 раза меньше, чем в верхней).

Капуста отличается от других овощных культур и картофеля повышенным содержанием цинка и пониженным – кальция. Содержание всех элементов возрастает (примерно в 3...5 раз) от внешних листьев кочана к кочерыге.

Наибольшее количество свинца в репродуктивных органах зерновых культур, гречихи и подсолнечника сосредоточено в зародыше зерновки, плода и семени (табл. 14). У пшеницы, гречихи и овса в эндосперме содержится большее количество этого элемента, чем в оболочке, тогда как у ячменя – наоборот.

Таблица 14 – Распределение свинца в разных органах растений, мг/кг сухого вещества

Растение	Орган	Содержание свинца	Растение	Орган	Содержание свинца
Ячмень (зерновка)	Оболочка	1,35	Щавель	Черешок	37,50
	Эндосперм	0,50		Лист	28,0
	Зародыш	8,90			
Пшеница (зерновка)	Оболочка	0,74	Эстрагон	Черешок	18,40
	Эндосперм	1,22		Лист	7,0
	Зародыш	7,69			
Овес (зерновка)	Оболочка	3,85	Лук	Луковица	13,80
	Эндосперм	8,33		Лист	5,0
	Зародыш	63,33			
Гречиха (зерновка)	Оболочка	0,94	Укроп	Стебель	41,70
	Эндосперм	1,28		Листья	24,80
	Зародыш	5,56			
Подсол- нечник (зерновка)	Оболочка	0,06	Чеснок	Луковица	10,0
	Эндосперм	0,06		Лист	30,0
	Зародыш	0,09			
Кориандр	Черешок	3,50	Хрен	Лист	0,25
	Лист	1,70		Черешок	0,75
				Корень	0,25
Петрушка	Черешок	2,50	Сельдерей	Лист	2,0
	Лист	1,00		Черешок	4,0
	Корень	0,50		Корнеплод	3,50
Салат	Черешок	19,70			
	Лист	28,40			
	Корень	37,40			

Для зеленных культур характерно более высокое содержание свинца в черешках, чем в листовых пластинках. Растения салата отличаются наиболее высоким содержанием свинца в корнях, тогда как растения петрушки и хрена – наименьшим. Среди зеленных культур наибольшее количество свинца во всех органах растения наблюдается у укропа, щавеля, салата.

Таким образом, зная распределение тяжелых металлов в отдельных зонах и тканях различных органов растений, можно оценить их опасность в зависимости от объема, который они зани-

мают в данном органе. Это дает основание для механического удаления опасной части органа.

Предложены меры снижения уровня содержания тяжелых металлов в продукции, получаемой в процессе выращивания сельскохозяйственных культур. Одним из важнейших звеньев производства экологически безопасной продукции является нормирование содержания тяжелых металлов.

Нормирование токсичных ингредиентов в компонентах окружающей среды, в первую очередь в продовольственном сырье и непосредственно в продуктах питания, – важный шаг на пути снижения поступления вредных веществ в организм человека и животных. В таблице 15 приведены ПДК тяжелых металлов в пищевых продуктах. Вместе с тем было бы ошибочным преувеличивать и абсолютизировать принятые величины ПДК и ДОК. По своей сути они являются, прежде всего, лишь своеобразными «опорными точками» для сравнительных оценок. Имеющиеся ПДК загрязнителей позволяют сравнивать качественное состояние продукции по уровню ее загрязненности, разрабатывать и реализовывать необходимые охранные мероприятия и т. д.

Таблица 15 – Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в пищевых продуктах и продовольственном сырье, мг/кг (Кольцов, 1995)

Пищевой продукт	Свинец	Кадмий	Ртуть	Медь	Цинк	Мышь-як
1	2	3	4	5	6	7
Зерновые	0,5 (0,3)	0,10 (0,03)	0,03	10,0	50,0	0,20
Гречиха	0,5 (0,3)	0,04	0,03	15,0	50,0	0,20
Хлеб	0,3	0,05	0,01	5,0	25,0	0,10
Соль поваренная	2,0	0,1 0	0,01	3,0	10,0	1,0
Сахар (песок)	1,0	0,05	0,01	1,0	3,0	0,50
Конфеты	1,0	0,10	0,01	15,0	30,0	0,50
Молоко	0,1 (0,05)	0,03 (0,02)	0,005	1,0	5,0	0,05
Масло сливочное	0,1	0,03	0,03	0,5	5,0	0,10
Творог, сыр	0,3	0,20	0,02	4,0	50,0	0,20

1	2	3	4	5	6	7
Масло растительное	0,10	0,05	0,030	0,5	5,0	0,10
Овощи свежие	0,50	0,03	0,020	5,0	10,0	0,20
Фрукты, ягоды	0,40	0,03	0,020	5,0	10,0	0,20
Грибы	0,50	0,1	0,050	10,0	20,0	0,50
Чай	10,0	1,0	0,10	100,0	–	1,0
Мясо и птица	0,50	0,05	0,030	5,0	70,0	0,10
Яйца	0,30	0,01	0,020	3,0	50,0	0,10
Жиры животные	0,10	0,03	0,030	0,5	5,0	0,10
Почки	1,0	1,0	0,20	20,0	100,0	1,0
Мясные внутренности	0,60	0,3	0,10	20,0	100,0	1,0
Рыба свежая:						
речная	1,0	0,2	0,60	10,0	40,0	1,0
морская	1,0	0,2	0,40	10,0	40,0	5,0
Моллюски и раки	10,0	2,0	0,20	30,0	200,0	2,0
Минеральные воды	0,10	0,01	0,005	1,0	5,0	0,10
Пиво, вино	0,30	0,03	0,005	5,0	10,0	0,20
Напитки	0,30	0,03	0,005	3,0	10,0	0,10
Детское питание:						
на овощной основе	0,30	0,02	0,010	5,0	10,0	0,20
на молочной основе	0,05	0,02	0,005	1,0	5,0	0,05
на зерновой основе	0,10	0,02	0,0100	5,0	10,0	0,10
на мясной основе	0,30	0,03	0,02	5,0	50,0	0,10

Во многих странах разработаны национальные нормативы ДОК. Сопоставление этих норм свидетельствует о том, что у них есть как сходство, так и различия. Например, в Германии (табл. 16) ДОК кадмия в овощах в 3 раза выше, чем принято в России.

В то же время ДОК кадмия в овощах, установленное в России и равное 0,03 мг/кг сырой массы, достигается при техногенном загрязнении почв очень быстро.

Применяя такие агротехнические приемы, как известкование, внесение минеральных и органических удобрений, можно на разных (особенно начальных) стадиях производства свести к минимуму вероятность накопления тяжелых металлов в вырабатываемой продукции.

Таблица 16 – Допустимые остаточные количества тяжелых металлов в пищевых продуктах, мг/кг (Найштейн и др., 1987)

Продукция	Тяжелый металл						
	Hg	Cd	Pb	Zn	Ni	Cr	As
Рыбо-продукты	5,0	0,1	1,0	40,0	0,5	0,3	1,0
Мясо-продукты	0,030	0,05	0,5	40,0	0,5	0,2	0,50
Молочные продукты	0,005	0,01	0,05	5,0	0,1	0,1	0,05
Овощи	0,020	0,03	0,5	10,0	0,5	0,2	0,20
Фрукты	0,010	0,03	0,4	10,0	0,5	0,1	0,20
Соки, напитки	0,005	0,02	0,4	10,0	0,3	0,1	0,20

На серых лесных почвах, например, внесение навоза способствовало снижению содержания свинца и кадмия в надземных органах амаранта примерно на 12 % по сравнению с контролем. В данном случае проявляется способность навоза образовывать комплексные соединения с тяжелыми металлами. Образующиеся металлоорганические комплексы малоподвижны или не способны к преодолению клеточных мембран на границе между почвой и корнем.

Уменьшение токсичности металлов для растений должно основываться, прежде всего, на мероприятиях, направленных на повышение содержания гумуса в почве (внесение органических удобрений, использование сидератов, заплата соломы и т.д.). Токсичность соединений хрома снижается при внесении в почву торфа.

При известковании кислых почв поступление тяжелых металлов в растения уменьшается. Известкование способствует образованию комплексных соединений органических веществ почвы с тяжелыми металлами; при повышении pH тяжелые металлы выпадают из почвенного раствора в осадок (кроме Ag, Cd, Cr, Sr) в виде карбонатов, гидроксидов и фосфатов; при повышении pH и увеличении содержания кальция в почве снижается активность поглощения корневыми системами растений некоторых тяжелых металлов.

На процессы детоксикации тяжелых металлов положительно влияют фосфорные удобрения. Фосфаты цинка и свинца представляют собой труднорастворимые соединения, поэтому мало доступны для растений. По эффекту детоксикации монокальций фосфат, внесенный в почву в дозе 3 т/га, равен внесению 1...4 т извести на 1 га. На кислых почвах целесообразно вместо суперфосфата применять фосфоритную муку.

Существенному снижению поступления Sr, Cd, Pb, Cu, Zn способствует применение цеолитов (клиноптиллолит), которые, будучи емкими ионообменниками, поглощают подвижные формы элементов и тем самым снижают поступление их в растения. Благодаря применению цеолитов удается снизить уровень загрязнения продукции на 30 %. Дозы применения цеолита колеблются в пределах 40...75 т/га.

Среди биологических приемов следует выделить выращивание толерантных сортов и культур, используемых в пищу или в качестве корма, выращивание культур на семена, возделывание технических и лесных культур, разведение цветов.

Содержание тяжелых металлов в овощах и картофеле существенно уменьшается при кулинарной обработке. В результате очистки, промывания, снятия кожуры и бланшировки количество свинца и ртути снижается на 50 % в овощах и на 80...85 % в картофеле, а кадмия – на 20 %. Уменьшение содержания свинца при однократном промывании салата может достигать 30...70 %.

Нитраты. Сельскохозяйственной продукции без нитратов не бывает, поскольку они являются основным источником азота в питании растений. Для получения не только высоких, но и высококачественных урожаев необходимо вносить в почву минеральные азотные удобрения и органику. Потребность растений в азоте зависит от многих факторов: вида, сорта, погодных условий, свойств почвы и количества ранее применявшихся удобрений.

Проблема нитратов в сельскохозяйственной продукции тесно связана с крайне низкой культурой земледелия. Неграмотное применение азотных минеральных и органических удобрений в высоких и сверхвысоких дозах (в погоне за «валом») ведет к тому, что избыток азота в почве вызывает поступление нитратов в растения в больших количествах. Кроме того, азотные удобрения

способствуют увеличению поступления из самой почвы нитратов, образующихся при минерализации органического вещества.

Нитраты (NO_3^-) представляют собой соли азотной кислоты (с формулой HNO_3), нитриты (NO_2^-) – соли азотистой кислоты. Соли азотной кислоты используют в качестве удобрений: нитрат натрия – натриевая (чилийская) селитра, нитрат калия – калиевая селитра (или просто селитра), нитрат аммония – аммиачная селитра, нитрат кальция – кальциевая селитра.

В последнее время в связи с возросшим вниманием к охране окружающей среды все чаще объектами контроля становятся почва, вода, удобрения, растения. Как правило, содержание нитратов выражают в мг/100 г или мг/кг для почвы; в мг/кг сырой массы; в процентах на сухое вещество; в мг и процентах для растений; в мг/л для воды. Содержание нитратов характеризуют по азоту нитратов ($\text{N} - \text{NO}_3^-$), по нитрат-иону (NO_3^-) или по нитрату натрия (NaNO_3). С этой целью можно использовать коэффициенты пересчета.

Формы соединений	Коэффициент
$\text{N} - \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_3^-$	4,427
$\text{NO}_3^- - \text{N} \rightarrow \text{NO}_3^-$	0,226
$\text{NaNO}_3 - \text{N} \rightarrow \text{NO}_3^-$	0,165
$\text{N} - \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NaNO}_3$	6,068
$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NaNO}_3$	1,371
$\text{NaNO}_3 \rightarrow \text{NO}_3^-$	0,730

Нитраты являются главным элементом питания растений, произрастающих на земле, поскольку в них входит азот – основной строительный материал. В естественных условиях (в лесу или на лугу) содержание нитратов в растениях небольшое (1... 30 мг/кг сухой массы), они почти полностью переходят в органические соединения (аминокислоты, белки и т.д.). В культурных растениях (капуста, картофель, редис, свекла и т.д.) при возделывании

вании на удобренной почве количество нитратов возрастает во много раз (40...12000 мг/кг сухой массы). Нитраты присутствуют во всех средах: почве, воде, воздухе. Сами нитраты не отличаются высокой токсичностью, однако под действием микроорганизмов или в процессе химических реакций восстанавливаются до нитритов, опасных для человека и животных. В организме тепловых нитриты участвуют в образовании более сложных (и наиболее опасных) соединений – нитрозоаминов, которые обладают канцерогенными свойствами.

Среди возделываемых культур наибольшее количество нитратов накапливается в свекле столовой, салате, шпинате, укропе, редисе, редьке, мг/кг сырой массы.

Арбуз	40...600	Редька черная	1500...1800
Баклажан	80...270	Редис	400...2700
Брюква	400...550	Репа	600...900
Горчица салатная	1700...2500	Салат	400...2900
Дыня	40...500	Свекла столовая	200...4500
Зеленый горошек	20...80	Сельдерей	120...1500
Капуста белокочанная	600...3000	Томат	10...190
Капуста пекинская	1000...2700	Тыква	300...1300
Капуста кольраби	160...2700	Укроп	400...2200
Кабачок	400...700	Фасоль	20...900
Картофель	40...980	Чеснок	40...300
Кориандр	40...750	Шпинат	600...4000
Кресс–салат	1300...4900	Щавель	240...400
Лук зеленый	40... 1400	Эстрагон	1200...2200
Лук репчатый	60...900	Перец сладкий	40...330
Морковь	160...2200	Петрушка (зе- лень)	1700...2500
Огурец	80...560	Ревень	1600...2400
Патиссон	160...900		

Томат, перец, баклажан, чеснок, горошек и фасоль отличаются низким содержанием нитратов.

В связи с опасностью, которую нитраты могут представлять для нормального функционирования организма человека, в различных странах разработаны ПДК нитратов в продуктах питания. ПДК устанавливают путем проведения специальных исследова-

ний на подопытных животных (мыши, крысы). Так как NO_3^- поступает в организм человека преимущественно из овощей, то особое внимание следует обращать на динамику содержания NO_3^- в овощах и продуктах их переработки.

ПДК нитратов установлены для продукции как открытого, так и защищенного грунта (парники, теплицы) (табл. 17). Для условий защищенного грунта характерны более высокие ПДК, чем для открытого грунта. Дело в том, что в условиях закрытого грунта растения, испытывая недостаток света, накапливают большее количество нитратов.

Для снижения содержания нитратов в продуктах питания важно правильно выбрать способ выращивания культур, способы хранения и переработки и методы контроля.

Накопление нитратов различными культурами имеет сортовую специфику. Такая специфика выявлена у многих видов овощных и бахчевых культур: шпината, салата, сельдерея, редиса, столовой свеклы, моркови, картофеля, томата, фасоли, огурца, дыни, а также у кормовых культур, сахарной свеклы, овса, кукурузы.

Широкое распространение сортов с низкой способностью к накоплению нитратов должно стать основой для улучшения биологического качества растениеводческой продукции. Данный путь наиболее целесообразен при выращивании овощей с коротким периодом вегетации (редис, листовые овощи), отличающихся повышенным накоплением нитратов.

Нитраты в растениях распределяются неравномерно. В генеративных органах нитраты отсутствуют или содержатся в меньших количествах, чем в вегетативных. В корне, стебле и черешках листьев нитратов значительно больше, чем в листовой пластинке (табл. 18).

Сравнительно немного нитратов накапливается в луковицах. В плодах культур семейств Тыквенные и Капустные содержится до 3000 мг/кг NO_3^- , тогда как у растений семейства Бобовые этот уровень не превышает 100 мг/кг. Нитраты практически отсутствуют в зерне злаковых культур, они в основном сосредоточены в вегетативных органах (лист, стебель).

Таблица 17 – Предельно допустимые концентрации нитратов в пищевых продуктах, мг/кг сырой массы (Справочник ПДК вредных веществ в пищевых продуктах и среде обитания, 1993)

Пищевой продукты	Открытый грунт	Защищенный грунт
Картофель	250	–
Капуста белокочанная:		
ранняя	900	–
поздняя	500	–
Морковь:		
ранняя	400	–
поздняя	250	–
Томаты	150	300
Огурцы	150	400
Свекла столовая	1400	–
Лук репчатый	80	–
Лук зеленый	600	800
Листовые овощи (салат, шпинат, щавель, капуста салатная, петрушка, сельдерей, кориандр, укроп)	2000	3000
Дыня	90	–
Арбуз	60	–
Перец сладкий	200	400
Кабачок	400	400
Виноград столовых сортов	60	–
Яблоки	60	–
Груши	60	–
Продукты детского питания (овощи консервированные)	50	–

Активное накопление нитратов отмечается в сочных плодах овощных и бахчевых культур. Неравномерность в распределении нитратов связана с неодинаковой скоростью транспортных и синтетических процессов в различных органах растений. Накопление нитратов в разных органах зависит и от возраста растений: как правило, молодые органы аккумулируют большие их количества.

Таблица 18 – Содержание нитратов (NO_3^-) в различных органах и частях растений, мг/кг сырой массы

Культура	Орган	NO_3^-
Свекла столовая	Лист	1300...2000
	Корнеплод	220...3000
Морковь	Лист	600...1500
	Черешок	1700...3000
	Корнеплод	10...1200
Петрушка	Лист	1300... 1900
	Черешок	1700...2600
	Корнеплод	1700...5700
Укроп	Лист	40...400
	Черешок	800...1600
	Стебель	1300...2100
	Корень	1300...1600
Картофель	Лист	20...400
	Стебель	40...1100
	Клубень	40...1000
Салат	Лист	100...550
	Черешок	400...900
	Стебель	600...3000
Шпинат	Лист	200...400
	Черешок	400...2000
	Стебель	500...5000
	Корень	70...100
Щавель	Лист	40...150
	Черешок	170...250
Кориандр	Лист	10...100
	Черешок	150...350
	Стебель	140...300
	Корень	60...110

При использовании в пищу тех частей (органов) растений, которые содержат наименьшее количество нитратов, можно существенно снизить (более чем вдвое) поступление их в организм человека.

В клубнях картофеля низкое содержание нитратов отмечено в мякоти. В кожуре и средней части их содержится в 1,1...1,3 раза больше.

Сердцевина и кончик корня свеклы столовой отличаются от других частей корнеплода повышенным содержанием нитратов.

Их наблюдается высокое содержание также в верхушке; в средней части корнеплода нитратов меньше.

В сердцевине корнеплода моркови нитратов в полтора раза больше, чем в коровой части. Уровень нитратов в сердцевине уменьшается от кончика корня к головке. В кожуре они распределены равномерно.

Корнеплоды редиса круглой формы содержат меньше нитратов, чем длинноплодные. Наибольшее количество нитратов наблюдается в нижней части корнеплода и в зоне, примыкающей к листьям.

Овощи семейства Тыквенные характеризуются повышенной способностью к накоплению нитратов. Содержание нитратов в огурцах возрастает от кончика к плодоножке (основанию). В семенной камере содержится наибольшее количество нитратов.

В плодах томата больше всего нитратов в кожице, меньше – в семенной камере.

Содержание нитратного азота в плодах кабачков уменьшается от плодоножки к кончику. Семенные камеры отличаются более низким содержанием нитратов, чем мякоть или кожура.

Наибольшее количество нитратов в патиссонах сосредоточено у плодоножки, наименьшее – в семенной камере. Количество нитратов возрастает от центра плода к его периферийной части.

Внутренние и внешние листья кочана капусты белокочанной содержат больше нитратов, чем средние. В жилке листа накапливается больше нитратов, чем в листовой пластинке.

Рациональная система применения удобрений, позволяющая уменьшить вероятность накопления нитратов в растениеводческой продукции, предполагает правильное определение форм, доз, сроков и способов внесения.

Лучшие формы азотных минеральных удобрений – сульфат аммония и мочевина. Не рекомендуется применять под овощные культуры аммиачную и натриевую селитру. Обязательное условие успешного применения азотных удобрений – их сочетание с фосфорными и калийными удобрениями. Лучшим соотношением считается $N : P : K = 1 : 0,6 : 1,8$, т.е. должны преобладать калийные удобрения. Внесение фосфорных и калийных удобрений способствует снижению количества нитратов в овощах. Большое

внимание следует уделять дозе азотного удобрения. Она не должна превышать 20 г на 1 м² по азоту.

Локальным способом – азотные удобрения лучше вносить рядками (лентами) на глубину 10...12 см (расстояние между рядками 15...20 см). В этом случае дозу азота можно сократить на 25...30 % по сравнению с разбросным способом. Продуктивность растений не снижается, а зачастую даже повышается, поскольку в месте внесения азота образуется очаг повышенной концентрации аммония, который замедляет нитрификацию на 3...5 недель. Преимущественное потребление растениями аммонийного азота позволяет полнее использовать его на построение белков и тем самым снижать аккумуляцию нитратов. При локальном внесении азотных удобрений количество нитратов у зеленных культур и редиса снижалось на 10...60 %, у капусты и свеклы столовой – на 10...40 % по сравнению с разбросным внесением азота в тех же дозах.

На содержание нитратов в овощных культурах влияют сроки проведения подкормок. Наиболее действенны и полезны подкормки овощных культур азотом в конце июня – начале июля. Подкормки в более поздние сроки, особенно в период массового созревания корнеплодов и кочанов, приводят к избыточному накоплению нитратов.

Важное значение имеют органические удобрения (навоз, компосты, сидераты). Следует, однако, помнить о том, что навоз также является источником нитратов. При неумелом обращении с ним можно получить продукцию с высоким содержанием нитратов, превышающим ПДК.

Лучше всего навоз применять, предварительно прокомпостировав его с соломой или торфом. Внесение такого компоста делает почву более рыхлой, улучшает ее структуру и не приводит к накоплению нитратов в продукции. Все виды навоза (коровий, свиной, овечий, птичий, кроличий) следует компостировать с торфом или соломой, а вносить компост в почву с осени.

Торф в чистом виде лучше не применять, поскольку он способен подкислять почву. Вместе с тем торф улучшает водные и физические свойства почвы. Разумно использовать его в компостах с навозом, в результате обеспечивается незначительное содержание нитратов в продукции в течение двух лет.

Хорошие результаты по снижению содержания нитратов в продукции дают зеленые удобрения (клевер, люпин, вика, горох, бобы). Эти культуры имеют хорошо развитую корневую систему, их корни проникают на большую глубину и рыхлят почву. В период цветения зеленую массу измельчают лопатой и перекапывают. На следующий год на этом участке удобрения уже не применяют. Гарантия получения продукции с низким содержанием нитратов в урожае обеспечена на 3...4 года.

Горохоовсяная смесь, выращиваемая на зеленое удобрение, – хороший предшественник для капусты, увеличивающий ее урожайность и снижающий содержание нитратов примерно в 1,5...2,0 раза не только в капусте, но и в выращиваемых после нее культурах (свекла столовая, морковь).

Овощные культуры формируют урожай высокого качества при оптимальной густоте стояния, при этом растения наилучшим образом используют азот из почвы и солнечный свет. Оптимальная густота стояния, обеспечивающая минимальное накопление нитратов, для моркови составляет 150...180 растений на 1 м², для свеклы столовой – 70...100, капусты белокочанной – 10...12, салата листовых сортов – 40...45, салата кочанного – 20...25, шпината – 40...50, редиса – 75...80, петрушки – 90...100, сельдерея – 20...25, редьки – 20...25, репы – 25...30 растений на 1 м².

Содержание нитратов в овощных культурах возрастает на 30...40 % при выращивании в тени плодовых деревьев или ягодников. Овощные растения, особенно зеленные культуры, лучше размещать на хорошо освещенных участках.

На накопление нитратов в овощных культурах влияет и влагообеспеченность. Поддержание влажности почвы в пределах 60...70 % полной полевой влагоемкости гарантирует минимальное накопление нитратов в продукции. В засушливое лето перед уборкой овощных и особенно зеленных культур (шпинат, салат, укроп) их необходимо обильно полить.

Для получения высококачественных клубней картофеля с минимальным количеством нитратов проращивают и прогревают клубни, выбирают оптимальные ранние сроки посадки, стремятся сохранить ботву в вегетирующем состоянии в течение длительного периода.

Скороспелые сорта картофеля накапливают больше нитратов, чем позднеспелые. Минимальное количество нитратов в клубнях накапливается при внесении минеральных удобрений в соотношении $N : P : K = 1,0 : 1,5 : 1,2$. Лучшей формой органических удобрений под картофель считается перепревший навоз, который целесообразно вносить осенью (под перекопку). При внесении жидкого навоза к нему необходимо добавлять солому (1 часть на 5 частей навоза). Птичий помет лучше вносить в форме компоста (60 % помета и 40 % торфа) – 4 кг/м². Оптимальная кислотность почвы для картофеля – pH 5,1...5,5.

Количество нитратов в корнеплодах к периоду их уборки убывает. В пучковой моркови и молодой столовой свекле содержание нитратов в 2...4 раза выше, чем при уборке в конце вегетации. Содержание нитратов колеблется и в течение суток. Так, уборку листовых овощей следует проводить в вечерние часы, в это время в них содержится нитратов на 30...40 % меньше.

Рассматривая нитратное загрязнение сельскохозяйственной продукции, нельзя упускать из виду макро– и микроэлементный состав почв, степень их загрязнения и др. Так, на почвах легкого гранулометрического состава, бедных калием, опасность нитратного загрязнения возрастает. Недостаток серы тоже способствует накоплению нитратов, так как сульфогруппа входит в состав фермента нитратредуктазы, представляющей собой комплекс флавопротеина с молибденом. При дефиците в почве молибдена и марганца нитратредуктаза образуется в недостаточном количестве, что, в свою очередь, стимулирует накопление нитратов в растениях.

На процессы накопления нитратов в овощах влияет загрязнение почвы и поливной воды. Это также необходимо учитывать при решении практических задач.

Убранную продукцию следует правильно хранить и перерабатывать, поскольку нарушение условий хранения и режимов переработки может вызвать повышение количества нитратов в конечном продукте.

Колебания в содержании нитратов при хранении зависят от вида продукции, исходного содержания их и режимов хранения. Хранение свежесобранной продукции при низкой температуре (в холодильнике) предотвращает образование нитратов, хранение при

комнатной температуре способствует их образованию. К накоплению нитратов приводят сильная загрязненность листовых овощей и корнеплодов, механические повреждения, оттаивание свежзамороженных овощей в течение длительного времени при комнатной температуре. При хранении овощей и картофеля в оптимальных условиях (температура и влажность воздуха) количество нитратов во всех видах продукции снижается, причем наиболее заметно в феврале марте (табл. 19).

Таблица 19 – Снижение содержания нитратов в продукции при хранении, проц. исходного количества

Продукция	Через 3 мес.	Через 6 мес.
Картофель	10...15	50...70
Морковь	20...30	50...60
Свекла столовая	20...30	50...55
Капуста белокочанная	10...15	50...60

В зависимости от режимов и видов технологической переработки, меняется содержание нитратного азота в конечном продукте. Как правило, количество нитратов в продукте в процессе переработки снижается. При этом важно соблюдать режимы переработки. Предварительная подготовка продукции (очистка, мойка, сушка) приводит к снижению количества нитратов в продуктах питания на 3...35 %. В процессе переработки продукции быстро разрушаются ферменты и гибнут микроорганизмы, что останавливает дальнейшее превращение нитрата в нитрит.

При варке картофеля в воде уровень нитратного азота падает на 40...80 %, на пару – на 30...70 %, при жарении в растительном масле – на 15 %, во фритюре – на 60 %. При предварительном замачивании картофеля в 1%-ном растворе хлорида калия и 1% растворе аскорбиновой кислоты и дальнейшем жарении во фритюре уровень нитратов падает на 90 %.

Наибольшее количество нитратов теряет в процессе варки капуста – почти 60 % исходного содержания.

В плодах соленых томатов количество нитратного азота возрастает в 1,4...1,8 раза, при этом в рассоле его в 2,2...2,8 раза больше, чем в исходных свежих плодах. Это результат примене-

ния в качестве приправы зеленных овощей (укроп, петрушка) и чеснока, содержащих повышенное количество нитратов.

В первые дни количество нитратов в плодах огурцов более эффективно снижается при консервировании, чем при засолке. Однако на 30-е сутки эффект от засолки и консервирования оказывается примерно равным, количество нитратов составляет свыше 30 % исходного уровня в продукции. При квашении капусты содержание нитратов на пятые сутки снижается в 2,1 раза по сравнению с исходным количеством в свежей капусте. В течение двух последующих суток уровень нитратов в квашеной капусте практически не меняется, постоянное содержание сохраняется в рассоле на протяжении недели.

При квашении, мариновании и консервировании часть нитратов переходит в нитриты, количество которых возрастает на третий-четвертый день, затем их содержание падает и к пятому-седьмому дню нитриты полностью исчезают. Вот почему использовать в пищу консервированные продукты в течение первой недели не рекомендуется.

В томатном соке, подвергающемся термической обработке, количество нитратов уменьшается в 2 раза. При 57 % выходе сока из моркови и 80% выходе сока из столовой свеклы значительная часть нитратов переходит в жидкую фазу. Количество их в соке зависит от вида продукции. Так, в морковный сок из корнеплодов переходит 44 % нитратного азота от общего количества его в сырье, у свеклы почти 80 % его также переходит в сок.

При производстве сухих вин нитраты переходят в сок. Полученные вина могут содержать 1,0...47,8 мг нитратного азота в 1 л. Известно, что концентрация нитратов выше 8 мг/л существенно сказывается на вкусовых качествах продукта, он приобретает вяжущий, кисловато-соленый вкус.

Свежеприготовленные соки нельзя долго хранить без обработки, они могут стать опасными для здоровья вследствие быстрого перехода нитратов в нитриты. При хранении свекольного сока в течение суток при 37 °С количество нитритов возрастает от нуля до 296 мг/л, при комнатной температуре – до 188 мг/л, а в холодильнике – до 26 мг/л. В процессе сушки продукта или упаривания количество жидкости нитратов зачастую увеличивается.

Нитриты. Нитрит-ион (NO_2^-) является составной частью азотистой кислоты (HNO_2), которая существует в виде разбавленного водного раствора на холоде, так как в обычных условиях легко разлагается.

В почве нитриты образуются в результате деятельности нитрифицирующих и денитрифицирующих микроорганизмов в качестве промежуточного продукта окисления аммиака и восстановления нитратов.

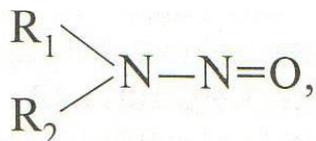
В обычных условиях их содержание в растениях и воде невелико. Однако при хранении свежих овощей при комнатной температуре может происходить микробиологическое превращение нитратов в нитриты, в результате чего содержание последних увеличивается (до 3600 мг/кг сухого вещества). При хранении в холодильнике в течение суток количество нитритов, например, в свежесобранном шпинате постепенно увеличивается, в то время как в замороженном шпинате их содержание не меняется. Однако количество нитритов резко возрастает при оттаивании замороженной продукции при комнатной температуре в течение длительного времени. Продолжительное хранение банок с консервированными продуктами детского питания в открытом состоянии ведет к повышению содержания нитритов. Наиболее интенсивно нитриты образуются в присутствии *Escherichia coli* и *Pseudomonas fluorescens*. Нитриты (в частности, нитрит натрия) широко используют при производстве и консервировании колбасных и мясных изделий и рыбной продукции для предотвращения ботулизма, вызываемого токсинообразующими штаммами *Clostridium botulinum*, которые присутствуют в сыром мясе и сохраняются в мясных продуктах после кулинарной обработки. Обычные концентрации нитритов в пищевых продуктах и воде не представляют опасности для здоровья взрослых и детей старшего возраста, но риск может быть намного выше для грудных детей до 3...6-месячного возраста.

В некоторых странах добавление нитритов в мясо, мясные продукты, сыр и рыбные продукты регламентируется законодательством.

Из мясных продуктов наибольшее количество нитритов обнаружено в солонине и ветчине (соответственно 20...200 и 10...180 мг/кг), наименьшее их количество содержится в сосисках

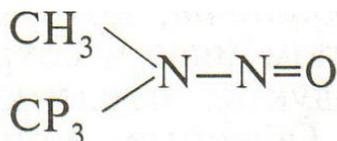
(8...10 мг/кг). Сыры, как правило, не содержат заметного количества нитритов (не более 1 мг/кг).

N-нитрозосоединения. Эти вещества имеют общую структуру:

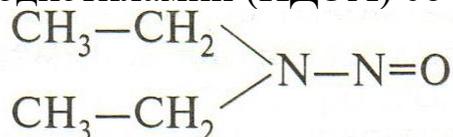


где R_1 и R_2 являются алкильными или арильными группами.

N-нитрозосоединения относятся к химическим соединениям, широко распространенным в компонентах окружающей среды – почве, воде, воздухе, растениях, поэтому они постоянно действуют на человека. Многие из этих соединений способны вызывать опухоли у теплокровных даже при небольших концентрациях. Считается, что доза нитрозоамина 10...14 мг/кг является канцерогенной при длительном поступлении с продуктами, имеющими существенный удельный вес в рационе человека. К N-нитрозосоединениям относятся N-нитрозоамины и N-нитрозоамиды. N-нитрозоамины образуются как в самих организмах теплокровных, так и вне их. В отличие от N-нитрозоаминов N-нитрозоамиды проявляют канцерогенное действие без предварительной модификации. Широко распространенные N-нитрозоамины: N-нитрозодиметиламин (НДМА) со структурной формулой



И N-нитрозодиэтиламин (НДЭА) со структурной формулой



Нитрозоамины – достаточно стабильные соединения, способные длительное время циркулировать в окружающей среде, загрязняя почву, воду, воздух, корма. Во многих регионах существует реальная угроза повышения содержания N-нитрозосоединений и их предшественников, негативного воздействия на экосистемы, состояние здоровья человека и животных.

Наличие нитрозоаминов в почве свидетельствует о том, что они могут поступать в растения экзогенным путем, т.е. в системе

почва–растение нитрозоамины могут образовываться и разлагаться, поглощаться растениями. Поступающие из почвы в растения нитрозосоединения под действием ферментов подвергаются денитрозированию и расщеплению до исходных веществ. Кроме того, нитрозоамины могут образовываться и в самих растениях при наличии предшественников: аминов, амидов, нитратов, нитритов и некоторых аминокислот. К веществам, которые катализируют реакции нитрозирования, относятся: хлориды, бромиды, галогениды, соли металлов, комплексные соединения Mo, Cu, Fe, Hg, Co, хлорогеновая и галловая кислоты. К ингибиторам реакции нитрозирования относятся: аскорбиновая кислота, токоферол, лизин, треонин, кофейная и феруловая кислоты.

Наибольшее количество НДМА найдено в рыбных (31...35 мг/кг), мясных (37...41) продуктах, пиве (40...45) и солоде (560...590 мг/кг). Содержание нитрозоаминов в молочных и растительных продуктах, напитках и соках колеблется в широких пределах (0,01 ...1,20 мкг/кг). Допустимые концентрации нитрозоаминов в продукции растениеводства установлены в границах 0,005...0,01 мг/кг сырого вещества. Суммарное содержание НДМА и НДЭА в зерне не должно превышать 0,002 мг/кг, в пиве – 0,003, в солоде – 0,015 мг/кг. Однако для других продуктов нормативов на содержание нитрозоаминов пока не имеется.

В смесях сочных концентрированных кормов содержание НДМА может достигать 150 мкг/кг. В кормах с добавлением рыбной муки количество НДМА колебалось в пределах 5...400 мкг/кг. Среди культурных растений наименьшим содержанием нитрозоаминов отличается пшеница, а наибольшим – свекла. Высоким количеством нитрозоаминов отличаются такие лекарственные травы, как череда, пустырник и шалфей.

Количество нитрозоаминов в продукции растениеводства зависит от погодных условий, свойств почвы и применяемых удобрений. При неблагоприятных погодных условиях содержание нитрозоаминов возрастает. При внесении фосфорных и калийных удобрений количество НДМА и НДЭА в клубнях картофеля снижается более чем в 4 раза. В процессе хранения картофеля в течение 9 месяцев количество нитрозоаминов также снижается. Применяемые азотные удобрения способствуют аккумуляции нитрозоаминов в урожае редьки и капусты пекинской.

В целом содержание N–нитрозосоединений в растениеводческой продукции значительно ниже по сравнению с возможным их накоплением в продукции животноводства. Как правило, в продукции растениеводства количество НДМА выше, чем НДЭА. Больше всего НДМА накапливается в капусте, свекле кормовой и моркови. Высоким содержанием НДЭА отличаются яблоки, капуста и кукуруза.

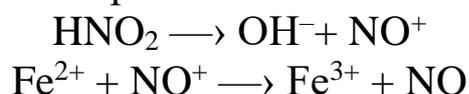
Таким образом, высокая аккумуляция N–нитрозосоединений в продукции в значительной степени обусловлена деятельностью человека. Разумеется, очень важно учитывать допустимые уровни содержания нитрозосоединений.

Допустимые уровни содержания N–нитрозоаминов в продовольственном сырье и пищевых продуктах (суммарное содержание НДМА и НДЭА) (Позняковский, 1996), мг/кг, не более:

Мясо и мясные продукты (кроме копченых)	0,002
Копченые мясные продукты	0,004
Рыба и рыбопродукты	0,003
Зерновые, зерновые бобовые, крупы, мука, хлебобулочные и макаронные изделия	0,002
Пивоваренный солод	0,015
Пиво, вино, водка и другие спиртные напитки	0,003

Влияние нитратов и их производных на здоровье человека. Как вещества, обладающие токсичными свойствами, нитраты и нитриты известны давно. Например, широкую известность получило заболевание под названием «метгемоглобинемия», особенно опасное для детей грудного возраста. При этом заболевании нитратный ион (NO_3^-) взаимодействует с гемоглобином крови, образуя метгемоглобин, который не способен транспортировать кислород крови, что приводит к удушью.

Метгемоглобин – продукт окисления двухвалентного железа (Fe^{2+}) в трехвалентное (Fe^{3+}). В результате гемоглобин, имеющий красную окраску, превращается в метгемоглобин, отличающийся темно–коричневой окраской:



При нормальном состоянии в организме образуется около

2 % метгемоглобина, поскольку редуكتورы красных кровяных телец (эритроцитов) взрослого человека обладают способностью вновь превращать образовавшийся метгемоглобин в гемоглобин.

При поступлении значительных количеств нитратов в организм человека проявляется цианоз (темно-синяя или фиолетово-синяя окраска слизистой и кожного покрова), понижается кровяное давление, наблюдается сердечная и легочная недостаточность.

Первые признаки заболевания отмечаются при содержании в крови 6...7 % метгемоглобина. Легкая форма болезни соответствует содержанию в крови 10...20 % этого вещества, средняя – 20...40, а тяжелая – более 40 % (не исключается летальный исход).

Нитраты в повышенной концентрации могут влиять на активность ферментов пищеварительной системы, метаболизм витамина А, деятельность щитовидной железы, работу сердца, на центральную нервную систему. Хроническая интоксикация нитратами снижает содержание в организме витаминов А, Е, С, В₁ и В₆.

Повышенные количества нитратов в продуктах питания могут приводить к возникновению и более опасных заболеваний. Нитриты, образовавшиеся в кишечнике, могут превращаться в нитрозоамины – сильные канцерогены.

Механизм канцерогенного действия N-нитрозосоединений на молекулярном уровне включает алкилирование нуклеиновых кислот, в первую очередь гуанина.

Канцерогенность нитрозосоединений для развивающегося плода в 10 раз выше, чем для взрослых людей, что, возможно, определяется большей активностью нуклеиновых кислот в период эмбрионального развития, а также высокой чувствительностью нервной системы плода.

Изучение биологического действия нитратов и их производных свидетельствует о том, что повышенные концентрации этих веществ могут отрицательно влиять на все жизненно важные функции человека (рис. 5).



Рисунок 5 – Возможные эффекты воздействия повышенных количеств на организм человека нитратов и их производных (Ильницкий, 1991)

Ингибиторами реакции нитрозирования в организме человека являются аскорбиновая кислота (витамин С), а также токоферолы (витамины группы Е), полифенолы, танин и пектиновые вещества, содержащиеся в овощах.

При соотношении витамина С и нитратов 2 : 1 нитрозоамины не образуются. Такое соотношение свойственно многим овощам, что естественным путем предотвращает опасность образования нитрозоаминов. Препятствует образованию нитрозоаминов и клетчатка, подавляющая всасывание их в кровь в толстой кишке.

Предполагается, что аскорбиновая кислота оказывает ингибирующее действие и на образование метгемоглобина. Так, опыты, проведенные на крысах, показали, что при кормлении их морковью, содержащей NO_3^- в количестве 260 мг/кг, и капустой с содержанием NO_3^- 730 мг/кг концентрация метгемоглобина в крови подопытных животных была практически одинакова, что объясняется более высоким содержанием витамина С в капусте. Витамин С обладает и противораковым действием. Следовательно, необходимо вводить в рацион продукты с высоким содержанием витаминов, особенно витамина С (овощи и фрукты).

Пестициды и их остаточные количества. В агроэкосистеме наряду с удобрениями поступают различные химические соединения, используемые в качестве средств защиты растений от сорняков, болезней и вредителей и именуемые в целом пестицидами. Особое беспокойство вызывает возможность загрязнения почв, воды, растений, в том числе урожая и продуктов его переработки, остаточными количествами пестицидов.

Пестициды могут приводить к образованию злокачественных опухолей у человека. Примерно 70 % применяемых соединений попадает в организм человека с мясом, молоком и яйцами, а 30 % – с растительной пищей.

Основная причина накопления остаточных количеств пестицидов в продуктах – нарушение правил и регламентов применения препаратов (завышение рекомендуемых доз, нарушение сроков обработки сельскохозяйственных культур, неправильный выбор препаративной формы и способа применения и т. п.).

При оценке возможности допуска нового препарата проводят экотоксикологическую проверку. При этом следует делать упор не только на выявление характерных особенностей поведения пестицида в окружающей среде, но и на его действие на растения и животных в процессе их биологического развития, т.е. контроль должен распространяться и на качество конечной продукции, используемой для питания. Необходимо знать все процессы прохождения загрязняющих веществ через организм растений и животных, питающихся этими растениями (рис. 6).

Критерием оценки содержания пестицидов является ПДК или ДОК. В разных странах эти нормативы неодинаковы, что затрудняет обмен продовольствием. Основная причина таких различий – использование разных методов определения остаточных количеств препаратов и продуктов их распада.

Наиболее часто в пищевых продуктах содержатся остатки дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) и изомеров гексахлорциклогексана (ГХЦГ). В то же время фосфорорганические пестициды нестабильны, практически не накапливаются в продуктах питания.

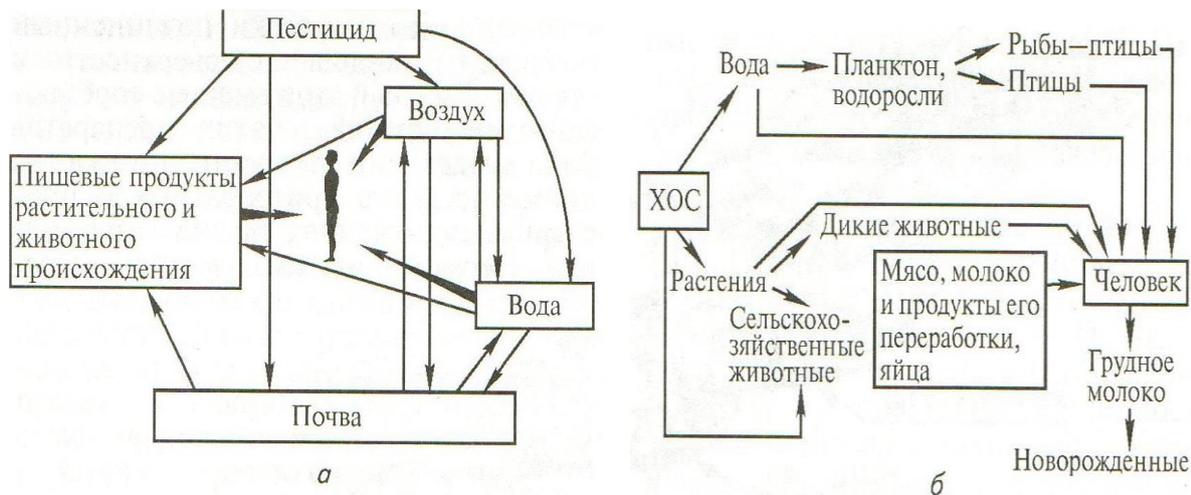


Рисунок 6 – Возможные пути поступления пестицидов в организм человека (а); (б) – миграция и биоконцентрация хлорорганических соединений (ХОС) в пищевых цепях

Пестициды могут влиять на обменные процессы в растениях, что сказывается на химическом составе и пищевой ценности продукции. При соблюдении всех правил применения средств химизации негативных изменений в составе и содержании питательных элементов в растениях не происходит, а накопление пестицидов в продукции не превышает ПДК.

Для того чтобы избежать возможности аккумуляции остаточных количеств пестицидов в окружающей среде, снизить риск возникновения резистентных видов вредных организмов, необходимо чередовать препараты с разным механизмом действия. Использование отдельных эффективных приемов защиты растений не обеспечивает долговременного подавления вредных организмов, необходима интегрированная защита растений, когда химические методы сочетаются с биологическими и агротехническими мероприятиями.

Растения по степени накопления остаточных количеств хлорорганических пестицидов (ХОП) в продуктивных органах располагаются в следующем порядке: морковь > петрушка > картофель > свекла > многолетние травы > томат > кукуруза > капуста белокочанная. В корнеплодах ХОП накапливаются в основном в кожуре и в меньших количествах – в мякоти. Накопление пестицидов и продуктов их распада в пищевой продукции связа-

но с процессами метаболизма, с биохимическим составом растений. Длительному сохранению химических средств защиты растений в зерне, плодах и ягодах способствует наличие в продукции моносахаридов и полисахаридов, которые являются стабилизаторами токсикантов (в фармакологии это свойство сахаров используют для приготовления таблеток).

Сорта картофеля с большим количеством крахмала лучше накапливали и сохраняли фунгицид ридомил МЦ. После 8 месяцев хранения клубней содержание этого вещества в 270 раз превышало максимально допустимый уровень.

Основную роль в устойчивом функционировании агроэкосистем играют почвы с их уникальными свойствами и способностью к самоочищению от загрязняющих веществ, в том числе и от остаточных количеств пестицидов. Важными факторами в процессах трансформации загрязняющих веществ являются гранулометрический состав, содержание гумуса в почве и его состав. Гумус инактивирует продукты распада пестицидов и препятствует тем самым загрязнению экосистем. Вместе с тем сорбированные гумусовыми соединениями ксенобиотики могут сохраняться в почве длительное время, представляя постоянную угрозу токсикации отдельных компонентов экосистем.

Хлорорганические пестициды в течение нескольких десятилетий занимали одно из первых мест по масштабам использования в сельском хозяйстве России. ХОП устойчивы к высокой температуре, солнечной радиации, действию сильных кислот и щелочей. Они характеризуются прочностью образуемых химических связей, слабой растворимостью в воде. Эти свойства определяют длительное сохранение препаратов в окружающей среде (период полураспада в почве 10...15 лет), способность циркулировать в природе и распространяться на большие расстояния, загрязняя природные компоненты. Существует два пути поступления ХОП в экосистемы: 1) выпадение с осадками в результате глобального переноса воздушных масс в направлении с запада на восток в Северном полушарии; 2) многолетнее применение на полях ДДТ и ГХЦГ (второй путь – основной).

Наибольшее количество загрязняющих веществ накапливается в органах выделения рыб (печень, почки). Значительное количество загрязняющих веществ обнаружено в мозге, икре,

а наименьшее – в мышцах.

Накопление остаточных количеств пестицидов в организме рыб, обитающих в Оке, существенно ниже, чем у обитающих в озерах–старицах. Причины – достаточно сильное течение в реке и стоячая вода в старицах. На примере рыб наглядно прослеживается процесс концентрации различных ингредиентов, в том числе нежелательных, по мере продвижения по трофической цепи.

После многолетней обработки тайги против клещей 10 % раствором дуста (доза 5 кг/га) В речной воде остатков ХОП не обнаруживалось. В донных же отложениях содержание их составляло 0,01...0,37 мг/кг, а в речной рыбе – 0,09...4,24 мг/кг.

В процессе биоаккумуляции многократно (до сотен тысяч раз) повышается концентрация пестицидов от основания к вершине экологической пирамиды. Например, при концентрации препарата ДДТ в воде 0,000003 единицы в планктоне она достигает 0,04; в мелкой рыбе, питающейся планктоном, – 0,5; в крупной рыбе, поглощающей мелкую, – до 2 и у птиц, кормящихся крупной рыбой, – до 25 единиц.

Сравнение отдельных видов рыбы показывает, что больше всего загрязнены печень, мышцы и органы воспроизводства чехони, окуня и белоглазки. Густера, голавль и лещ отличаются сравнительно низким содержанием хлорорганических соединений.

Использование озер–стариц для рыбохозяйственных нужд (как это издавна было на Руси) далеко не всегда целесообразно при сложившихся технологиях использования пестицидов в процессе выращивания овощных культур. Реабилитация озер–стариц и всей гидрографической сети пойменных агроландшафтов, направленная на очищение воды от остатков ХОП, должна рассматриваться как важный элемент конструирования оптимальных агроэкосистем, как одно из условий полноценного использования ресурсного потенциала.

«Дозволено лишь то, что подобает», – писал И.В. Гёте. Применительно к экологическим проблемам этот тезис означает необходимость учета природных закономерностей в деятельности человека. В противном случае человек сам становится игрушкой природы. Любопытно вспомнить высказывание Ф. Эн-

гельса: «Не будем, однако, слишком обольщаться нашими победами над природой. За каждую такую победу она нам мстит. Каждая из этих побед имеет, правда, в первую очередь те последствия, на которые мы рассчитывали, но во вторую и третью очередь совсем другие, непредвиденные последствия, которые очень часто уничтожают значение первых». История применения пестицидов, особенно ДДТ, наглядно иллюстрирует сказанное.

ДДТ появился в середине 40–х гг. XX в. Препарат сразу же затмил другие химикаты как самый эффективный. Швейцарский исследователь П. Мюллер в 1948 г. за синтез ДДТ получил Нобелевскую премию. В первые годы после Второй мировой войны ДДТ рекомендовали применять при выращивании всех культур, он считался совершенно безопасным. А примерно через 10 лет было установлено, что кормовые культуры, обработанные ДДТ, опасны не только для самих коров, но и для телят. Поступая с молоком, ДДТ вызывал у телят серьезные нарушения здоровья (расстройство нервной системы). В 70–х гг. XX в. выяснилось, что ДДТ и его производные обладают мутагенным действием, нарушающим наследственность. При этом негативное воздействие пестицида существенно усиливается его метаболитами.

В конце 60–х – начале 70–х гг. XX в. препарат и его производные были обнаружены в жировых тканях и материнском молоке, причем количество их в материнском молоке оказалось гораздо выше, чем в коровьем.

Использование высокочувствительных методов анализа позволило выяснить, что органохлориды, к которым относятся ДДТ и его метаболиты, – стойкие вещества, способные длительное время загрязнять окружающую среду, находясь в почве, воде или воздухе и тем самым участвуя в образовании опасных пищевых цепей.

Среди пестицидов обнаружено немало веществ, обладающих канцерогенным действием. Попадая в организм, они могут вступать в реакции нитрозирования, образуя канцерогенные соединения. Кроме того, канцерогенность препаратов во многом объясняется наличием канцерогенных примесей. Так, в препарате 2,4–Д содержится до 14 мг/кг НДМА, а в трефлане – до 500 мг/кг.

При распаде пестицидов в растениях могут образовываться различные соединения (метаболиты), вступающие в реакции нит-

розирования. Об этом свидетельствует обнаружение в растительных тканях N–нитрозосимазина и N–нитрозоатразина, представляющих канцерогенную опасность. Хлорорганические соединения и препараты диоксинового синтеза, которые сохраняются длительное время в почве, могут попадать в цепи питания человека и животных. В связи с этим необходимо нормирование содержания стойких пестицидов не только в пищевых продуктах, но и в почвах. Если содержание пестицидов в почве выше ПДК, то некоторые культуры (морковь, петрушка, картофель) не рекомендуется выращивать на данном поле, поскольку часть препаратов может накапливаться в товарной части урожая.

Остаточные количества 2,4–Д обнаружены в кормах и рыбе. Достаточно высокое содержание данного гербицида выявлено в молоке и незначительное – в зерне злаков (мг/кг):

Зерновые	0,02	Рыба	0,30
Картофель	0,04	Молоко	0,09
Овощные	0,05	Корма	0,34

Отдельное направление биологической защиты – использование препаратов на природной (чаще всего растительной) основе. Следует помнить и о некоторых общедоступных приемах. Так, высушенные и измельченные листья картофеля, помещенные с клубнями в хранилище, снижают на 40 % потери продукта при хранении. Настой зеленого перца с чесноком или табаком весьма эффективен против колорадского жука.

Важно также учитывать потенциальные возможности самоочищения и самовосстановления экосистем и их компонентов. Огромное количество пестицидов, циркулирующих в биосфере, в конечном итоге осаждаются в почве, влияя на качество сельскохозяйственных продуктов. Дальнейшая судьба ксенобиотиков, самоочищение агрофитоценозов от них зависят от свойств почвы, главным образом от ее биологической активности. Микроорганизмы, выделяющие ферменты, играют основную роль в процессах разложения пестицидов в почве. Так, разложение препарата 2,4–Д в нестерильной почве происходит в несколько раз быстрее, чем в стерильной.

При отсутствии воздействия светового фактора (фоторазложение) на долю микробного разложения 2,4-Д приходится около 70 %. Следовательно, поддержание условий, необходимых для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов, способствует ограничению поступления пестицидов в выращиваемую продукцию.

Диоксины. Опасность диоксинов как веществ, относящихся к разряду супертоксиантов, в конце 70-х гг. XX в. приобрела общепланетарные масштабы. Угрозу человечеству от этой группы веществ можно сравнить с последствиями применения ядерного оружия. Особо опасны для окружающей среды и человека главным образом тетразамещенные диоксины – 2, 3, 7, 8 – ТХДД (тетрахлордibenзо-*n*-диоксин) входит в состав пестицидов комплексного действия в качестве микропримеси. Наиболее важные химические характеристики диоксинов – чрезвычайная стабильность в сильноокислых и щелочных растворах, высокая устойчивость к окислителям. Период полураспада диоксинов в почве составляет около 10 лет, в воде – 1...2 года. Диоксины прочно связываются с частицами почвы, поэтому плохо вымываются дождями. Однако подвижность диоксинов резко снижается с увеличением содержания в почве органического вещества. Диоксины концентрируются основном в верхнем 15-сантиметровом слое почвы, а наибольшее их количество находится на глубине 5...10 см.

Источники образования диоксинов и пути проникновения их в неживую и живую природу весьма разнообразны. Диоксины имеют исключительно техногенное происхождение. Их появление в окружающей среде связано в первую очередь с производством и использованием хлорорганических соединений и утилизацией их отходов. В воздушную среду диоксины попадают с дымом при сжигании промышленных и бытовых отходов, а также с выхлопными газами автомобилей. С воздушными массами диоксины переносятся на значительные расстояния и могут быть причиной глобального загрязнения.

Накопление диоксинов осуществляется главным образом по пищевым цепям. Большинство диоксинов легко попадают в живые организмы через желудочно-кишечный тракт, кожные покровы. Диоксины очень медленно выводятся из живых организ-

мов, а из организма человека практически не выводятся. Даже при очень малых концентрациях диоксины вызывают подавление иммунной системы и нарушают способность организмов к адаптации в изменяющихся условиях внешней среды. Это приводит к резкому подавлению жизнедеятельности. Диоксины особенно сильно действуют на человека, когда попадают в организм через пищевые цепи.

Диоксины попадают в живые организмы из окружающей среды с водой, воздухом и из почвы. В организм человека и животных они в основном проникают через пищевые цепи (98 % ТХДД и ТХДФ – тетрахлордибензо-*n*-фурана).

Диоксины концентрируются наиболее активно в организме рыб и дойных коров. С рыбной продукцией, молоком и мясом диоксины попадают в организм человека. В молоке коров, содержащихся на фермах, расположенных вблизи мусоросжигательных печей, химических, целлюлозно-бумажных и металлургических заводов, аккумулируется повышенное количество диоксинов. Вблизи этих объектов загрязняются диоксинами главным образом вода и корма.

Диоксины – яды беспорогового действия, поэтому они не должны присутствовать в продуктах питания, воздухе и питьевой воде населенных пунктов. Однако достичь этого, когда в биосфере уже циркулирует огромное количество диоксинов, а действующие производства продолжают поставлять эти ксенобиотики в окружающую среду, практически невозможно. Необходимо ограничить риск, уменьшить вероятность поражения окружающей среды и человека диоксинами. Для этого нужно установить обоснованные нормы «потребления» данных веществ человеком, содержания их в окружающей среде и допустимые нормы техногенных выбросов их теми или иными производствами.

Предельно допустимая норма суточного и соответственно недельного «потребления» диоксинов выражается в диоксиновом эквиваленте (ДЭ), т.е. в пересчете на такую массу 2,3,7,8-ТХДД, систематическое попадание которой в организм приводит к появлению одного пострадавшего на 1 млн. человек. Суточное потребление диоксинов не должно превышать 0,1 пг/кг (1 пг = 10^{-12} г). Принято считать непригодными для проживания человека районы, где содержание диоксинов выше 1 мкг ДЭ в 1 кг поч-

вы. Для сельскохозяйственных территорий действуют более жесткие нормы. Например, в Германии концентрация диоксинов на пастбищах не должна превышать 5 нг/кг почвы, в Нидерландах и Италии – 10, в США – 27 нг/кг почвы (1 нг = 10^{-9} г).

В России установлены максимально допустимые концентрации диоксинов: для пищевых продуктов – 0,036 нг/кг, для молока – 5,2 и для рыбы – 8,8 нг/кг (Федоров, 1993).

Фактическое содержание диоксинов в молоке колеблется от 0,7 до 8,8 нг/кг, в рыбе – от 0,2 до 5,0 нг/кг, в траве – от 0,7 до 8,8 пг/кг.

Из-за наличия диоксинов в пестицидах, особенно в хлорорганических, в некоторых странах (Италия, Россия, США, Швеция) запрещено использование гербицида на основе 2,4,5-Т. Сложнее обстоит дело с производством и применением гербицидов на основе 2,4-Д. В Канаде, например, запрещено применение гербицидов этой группы; в других государствах вопрос решается путем регулирования ассортимента и совершенствования технологии производства.

Бенз(а)пирены. Рост онкологических заболеваний объясняется влиянием на здоровье человека факторов окружающей среды. Среди органических веществ, загрязняющих природную среду, широкое распространение получили полициклические ароматические углеводороды и в их числе 3,4-бенз(а)пирен (БП).

Бенз(а)пирен обладает высокой активностью и считается индикатором загрязнения окружающей среды различными полициклическими ароматическими углеводородами. Поступление БП и других представителей этой группы в окружающую среду связано с деятельностью человека. Эти вещества образуются при неполном сгорании топлива и при некоторых видах термической переработки органического сырья, протекающих при температуре 400...600 °С (коксование углей, крекинг нефти и т.п.). В некоторых случаях БП может попасть в почву и возделываемые культуры при поливе сточными водами коксохимических и нефтеперерабатывающих предприятий. Основным источником загрязнения БП считается автомобильный транспорт (сажа и выхлопные газы). Загрязняются не только почвы, но и сельскохозяйственные угодья, а точнее – произрастающие на них растения. Выделяясь с выбросами автотранспорта в атмосферу, БП оседает на поверхно-

сти почв различных экосистем и принимает активное участие в физико–химических и биохимических процессах, протекающих в окружающей среде. В результате вблизи дорог образуются зоны загрязнения. БП переносится на расстояние 3...25 км от источников выброса. Загрязнение территории этим веществом носит региональный характер.

Очень высокая стойкость БП и его производных в окружающей среде ведет к постепенному накоплению этих веществ в почве, воде и воздухе, других объектах природы. Загрязнение почвы приводит к аккумуляции БП в сельскохозяйственных культурах. Однако в почве, загрязненной БП, присутствуют микроорганизмы, способные разрушать это вещество с помощью окислительных ферментов. Существует действенный путь биологической очистки почвы, загрязненной БП.

Фоновое количество БП в почвах колеблется в пределах 0,2...12,8 мкг/кг. Содержание этого вещества в болотных почвах составляет 6,1...8,9 мкг/кг, а в дерново-глеевых и дерново-карбонатных – 11,0...12,8 мкг/кг. Для различных почв в пределах одного региона характерна сильная неоднородность в фоновых уровнях содержания БП. Вблизи автомобильных дорог загрязнение почв БП, поступающим с выхлопными газами, может достигать более 200 мкг/кг.

Высокое содержание БП в почве и в снеге обнаружено на расстоянии 1 км от предприятий – источников выбросов, по мере удаления от них содержание БП снижается. Из атмосферного воздуха и почвы это вещество поглощается растениями, выращиваемыми в зоне активного загрязнения (вблизи предприятий органического синтеза). Возможно загрязнение растений и в 2–километровой зоне вокруг свалок.

Промывание растений в течение 30 мин в проточной горячей воде снижает содержание БП в 1,5...2,0 раза по сравнению с исходным. Однако эта процедура эффективна лишь в том случае, если загрязнение растений произошло воздушным путем, при поступлении БП в растения через корни промывание бесполезно.

Уровень загрязнения продукции БП зависит в первую очередь от общего загрязнения окружающей среды (воздух, вода, почва) и от особенностей технологии приготовления пищевых продуктов.

Несмотря на то, что по широкому спектру объектов надежные ПДК для БП не разработаны, необходимо помнить об опасности накопления этого вещества в объектах природы, а в итоге – в сельскохозяйственной продукции. Прежде всего, следует стремиться к устранению причин и источников поступления данного загрязняющего вещества в окружающую среду. Содержание БП в некоторых продуктах питания (мкг/кг) колеблется в нижеследующих пределах.

Капуста	12,6...28,5
Картофель	1,8...23,5
Зерно	0,08...1,44
Томаты	0,05...0,22
Рыба	0,3...3,9
Молоко	0,01...0,02

Наибольшее количество БП накапливают капуста белокочанная и картофель, наименьшее – зерно, томаты, молоко.

В органах растений БП распределен неравномерно. В семенах зерновых культур содержится приблизительно в 100 раз меньше этого вещества, чем в листьях, стеблях, корнях. Максимальное количество БП накапливается в кожуре клубней картофеля – 0,34... 3,72 мкг/кг, а в мякоти – 0,09...0,61 мкг/кг.

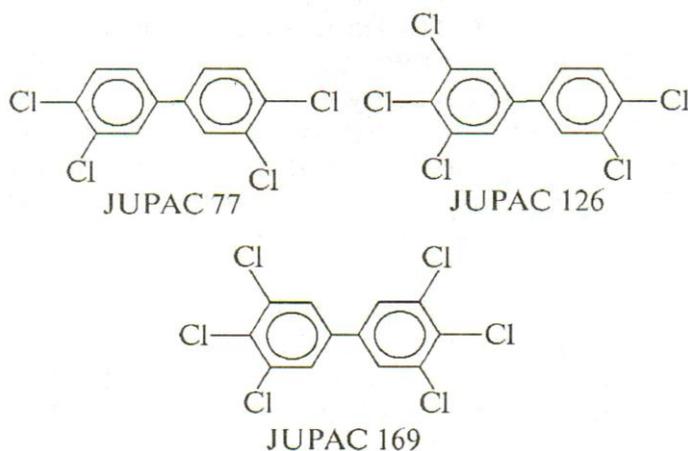
В семенах подсолнечника БП сосредоточен в основном в лузге, в семенной оболочке его примерно в 9 раз меньше, а минимальное количество находится в ядре. Основной источник поступления БП в растительное масло – лузга, 20...30 % которой перерабатывается в производственном цикле. Токсикант при этом продуцируется и в результате неполного сгорания топлива при сушке сырья. Одна из действенных мер уменьшения содержания БП и других полициклических ароматических углеводородов в масле, муке – отказ от таких приемов сушки, которые приводят к поступлению БП в сырье из продуктов сгорания. Следует переходить на бесконтактные способы сушки. Снизить содержание БП в растительном масле и маргарине можно и при удалении лузги, поскольку она содержит наибольшее количество этого вещества.

Полихлорбифенилы (ПХБ). Полихлорированные бифенилы (арохлоры, канехлоры, соволы, фенохлоры, хлорфены) находят активное применение с конца 20–х гг. XX в. в качестве ком-

понента масел, смазок и гидравлических жидкостей, адгезинов и типографских красок; их используют при производстве пластмасс, в электропромышленности и т.д.

Первоначально ПХБ отождествлялись с хлорорганическими пестицидами и их метаболитами. Однако позднее они были выделены в класс самостоятельных загрязняющих веществ промышленного происхождения.

Структура типичных представителей



Мировое производство ПХБ превышает 4 млн. т. Из этого объема лишь 53 % используется в закрытых и 16 % – в условно закрытых системах, можно которые подвергнуть какому-либо контролю. Остальная масса ПХБ в той или иной форме оказывается

в окружающей среде. В результате около 400 тыс. т ПХБ циркулируют в глобальной экосистеме. В окружающую среду (особенно в реки, заливы, эстуарии) попадает примерно половина производимого количества ПХБ. Эти вещества обнаруживаются практически повсеместно.

ПХБ, как и ДДТ, – трудноразлагаемые химические препараты, широко распространенные в окружающей среде. На открытом воздухе период полураспада ПХБ может составлять 10...100 лет, в почве – примерно 5 лет. ПХБ обнаружены в организмах рыб, морских животных, птиц, в яйцах, маргарине, в материнском молоке и в жировых тканях человека. У человека ПХБ вызывают поражение печени, селезенки и почек, помутнение хрусталика, изменение пигментации и нервные расстройства. Токсическое действие ПХБ усиливается при взаимодействии их с ДДТ.

Воздействие ПХБ на человека возникает обычно при отсутствии надлежащих мер безопасности в процессе работы с химической продукцией. Это может происходить, например, при изготовлении трансформаторов, конденсаторов и других электротехнических устройств. Так, при работе с ПХБ на НПО «Конденсатор» (г. Серпухов, Московская обл.) не соблюдали нормы без-

опасности, стоки завода без очистки от ПХБ сбрасывали непосредственно в ручей Боровлянка. Жителей города об опасности не уведомили, и они использовали воду ручья при производстве сельскохозяйственной продукции. ПХБ были обнаружены в продуктах питания, которые продавали на городском рынке. Например, яйца кур из частного сектора, расположенного в зоне влияния завода, содержали ПХБ в количествах, в 100...200 раз превышающих фоновое значение.

Анализ различных органов и тканей рыбы, выловленной в Оке, свидетельствует о ее загрязнении ПХБ. При этом у густеры наблюдалось равномерное распределение ПХБ по органам и тканям, у плотвы же и леща ПХБ накапливались преимущественно в половых железах (табл. 20).

Таблица 20 – Содержание ПХБ в органах и тканях рыб из реки Оки, мкг/кг

Рыба	Органы и ткани		
	печень	половые железы	мышцы
Густера	0,11	0,06	0,90
Плотва	Нет	0,57	Нет
Лещ	0,07	0,28	Нет

Известен случай массового поражения людей в Японии (1968 г.), вызванный утечкой жидкого ПХБ из холодильного агрегата на одной из фабрик. ПХБ попали в резервуар с рисовым маслом. Отравленное рисовое масло поступило в торговую сеть в качестве продукта питания и корма для животных. Итог: сначала погибло около 100 тыс. кур, а вскоре примерно у тысячи человек появились симптомы отравления. Позднее были обнаружены тяжелые поражения внутренних органов и развитие злокачественных опухолей.

Небезынтересно также, что голодание и охлаждение стимулируют кратковременное, но значительное повышение содержания ПХБ в крови, что может стать причиной повреждения печени.

Кардинальное решение проблемной ситуации – использование ПХБ только в замкнутых производственных системах.

Регуляторы роста растений. Регуляторы роста растений – химические соединения с высокой биологической активностью. Их применяют в небольших количествах (от миллиграммов до нескольких граммов на 1 га), чтобы повлиять на рост, развитие и жизнедеятельность растений, облегчить уборку урожая, улучшить его качество и сохранность и т.д.

Регуляторы роста делятся на природные и синтетические. Природные регуляторы – это соединения, присущие растениям и выполняющие роль фитогормонов (абсцизовая кислота, ауксины, гиббереллины, цитокинины, этилен и др.). Названные соединения не опасны для человека, поскольку в процессе эволюции у него выработались механизмы их биотрансформации. К сожалению, возможность получения естественных регуляторов роста растений в требуемых объемах ограничена из-за трудностей в синтезе и высокой стоимости, поэтому наибольшее применение получили синтетические вещества.

Синтетические регуляторы роста производят химическим или микробиологическим путем. В основном они являются малоустойчивыми веществами с периодом полураспада около 1 мес. Степень опасности большинства искусственных регуляторов роста для растительных и животных организмов практически не изучена. Отсутствует систематизированная информация о механизме действия этих препаратов на растения и животных. Между тем установлена способность накопления некоторых регуляторов в организме.

Низкие концентрации регуляторов роста обычно не обнаруживаются с помощью применяемых методов химического анализа (газовая хроматография, хроматография в тонком слое). В то же время более чувствительный иммуноферментный анализ позволяет установить наличие регуляторов роста. Иммуноферментный анализ свидетельствует об изменении процессов синтеза белка, приводящем к появлению дефектных белков. Предполагается также возможность негативного влияния регуляторов, связанная с нарушением внутриклеточного обмена и образованием токсичных соединений. Кроме того, остаточные количества регуляторов роста растений в продовольственном сырье и пищевых продуктах могут сами проявлять токсичные свойства.

Регуляторы роста растений представляют опасность для человека, поэтому необходимо создание таких технологий, которые исключали бы попадание этих веществ в продукты питания.

Лекарственные средства. Пищевые продукты могут загрязняться различными лекарственными веществами, применяемыми для лечения и профилактики заболеваний животных, регуляции беременности, улучшения усвояемости кормов, ускорения роста, сохраняемости продуктов и пр. Некоторые из этих веществ могут достаточно долго сохраняться в продуктах животноводства и попадать в организм человека, представляя угрозу для здоровья.

Особенно опасны антибиотики, сульфаниламидные препараты, нитрофураны, гормональные препараты.

Около половины производимых в мире антибиотиков находят применение в животноводстве. В Великобритании, например, почти вся птица, 90 % свиней и стельных коров, 60 % крупного рогатого скота получают корма, содержащие антибиотики. В США более 90 % кормов для свиней и птицы, 82 % кормов для телят содержат антибиотики.

В нашей стране для кормовых и ветеринарных целей используют препараты более 60 наименований. Как правило, антибиотики добавляют в корм в дозе 50...200 г на 1 т кормовой массы. Используют их и в качестве добавок в лед при транспортировке рыбы, в качестве консервантов в колбасные оболочки и т. д.

Остатки антибиотиков в пищевых продуктах могут вызвать аллергические реакции, дисбактериоз, подавление ферментов.

Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) предложены нормативы по содержанию антибиотиков в продуктах животноводства (табл. 21).

Замечено, что чем чаще применяют разнообразные антибиотики, тем менее эффективно они действуют. Увеличение числа устойчивых штаммов микроорганизмов прямо пропорционально повышению числа антимикробных средств. Перспектива – поиск соединений, способствующих образованию антимикробных веществ.

Таблица 21 – Предельно допустимые нормы содержания

*антибиотиков в животноводческих продуктах,
мкг/г или мкг/мл (Кольцов, 1995)*

Антибиотик	Яйцо	Молоко	Мясо
Пенициллин	0,06	0,006	0,018
Стрептомицин	1,0	0,20	0,50
Неомицин	0,50	0,15	0,20
Хлортетрациклин	0,05	0,02	0,05
Окситетрациклин	0,25	0,10	0,30
Тетрациклин	0,50	0,10	0,30
Эритромицин	0,30	0,04	0,30
Олеандомицин	0,30	0,15	0,10
Спирамицин	–	–	0,025
Тилозин	–	–	0,20
Новобиоцин	0,50	0,15	0,10
Нистатин	7,10	1,10	4,30

Сульфаниламиды применяют для лечения и профилактики заболеваний сельскохозяйственных животных и птицы, а поэтому не исключена возможность их попадания в пищевые продукты, особенно при нарушении регламентов применения. Сульфаниламиды по сравнению с антибиотиками менее эффективны, но они более дешевые и доступные.

В России содержание сульфаниламидов в продовольственном сырье и пищевых продуктах не регламентируется медико-биологическими требованиями. В США допустимый уровень содержания этих веществ в мясных продуктах составляет 0,1 мг/кг, в молоке – 0,01 мг/л. Между тем в продуктах питания сульфаниламиды обнаруживаются в высоких концентрациях.

Нитрофураны обладают высокой антимикробной активностью, их применяют для борьбы с инфекциями, устойчивыми к антибиотикам и сульфаниламидам, как антимикробные добавки к корму животных и птиц. Выведение нитрофуранов из организма происходит с различной скоростью в зависимости от препарата и вида животного. В связи с этим существуют определенные сроки отмены препаратов перед убоем, составляющие обычно 5 дней. В некоторых случаях этот временной разрыв увеличивают до 17...20 дней.

Допустимые концентрации нитрофуранов в пищевых продуктах не установлены. Считается, что эти вещества не должны

содержаться в пище человека. Целесообразно также регламентировать содержание нитрофуранов в кормах.

Есть сведения о мутационном эффекте нитрофуранов в концентрациях более 25 мкг/кг. Между тем уровень содержания их в некоторых пищевых продуктах бывает значительно выше, что представляет угрозу для здоровья человека.

В некоторых продуктах питания животного и растительного происхождения содержатся природные гормоны и гормоноподобные соединения. Однако количество их весьма незначительно, и они не оказывают заметного влияния на организм человека. Существует и другой путь попадания гормональных препаратов в пищу – использование этих веществ для стимуляции роста животных, улучшения усвояемости кормов, ускорения полового созревания, регламентации сроков беременности и т.д. Некоторые гормональные препараты обладают анаболической активностью. Естественные гормональные вещества – инсулин и соматропин – достаточно быстро метаболизируются в организме и выводятся в виде неактивных веществ, а также разрушаются при приготовлении пищи. Однако их применение ограничено из-за высокой стоимости. В практике сельскохозяйственного производства преимущественно применяют искусственные гормональные препараты, эффективность которых примерно в 100 раз выше, чем естественных. Искусственные препараты более устойчивы, плохо метаболизируются и накапливаются в организме животных в значительных количествах. Особенно эффективен и широко применяется диэтилстильбэстрол (несмотря на мутагенные и канцерогенные свойства). Из-за трудоемкости методов и дороговизны приборов и оборудования возникают проблемы с регулярным определением содержания гормональных препаратов. Между тем немногочисленные полученные данные свидетельствуют о загрязнении продуктов животноводства этими веществами.

В соответствии с медико-гигиеническими требованиями установлены допустимые уровни содержания некоторых гормональных препаратов в продуктах питания: мясо сельскохозяйственных животных, птицы и продукты переработки – эстрадиол-17 β и тестостерон – соответственно 0,0005 и 0,0150 мг/кг, молоко

и молочные продукты, казеин – эстрадиол-17 β на уровне 0,0002 мг/кг, масло сливочное – 0,0005 мг/кг.

Применение широкого спектра лекарственных препаратов в практике сельскохозяйственного производства требует строгого соблюдения гигиенических правил, направленных на максимальное снижение содержания рассмотренных веществ в пищевых продуктах.

В связи с высокой долей импортного продовольствия (ассортимент применяемых препаратов за рубежом особенно велик) требуется тщательный контроль содержания тех или иных препаратов в пищевых продуктах.

Продукты жизнедеятельности вредителей. Вредители не только снижают продуктивность сельскохозяйственных культур, но и существенно ухудшают качество урожая. При этом изменяются химический состав и вкусовые свойства продуктов питания.

Вредители причиняют прямой и косвенный ущерб. К прямому ущербу относятся потери массы продукции, ухудшение ее качества, снижение посевных качеств семенного материала, загрязнение продуктами жизнедеятельности, в том числе экскрементами. Косвенные повреждения связаны с тем, что вредители могут вызывать самосогревание зерна и перемещение влаги в зерновой массе. Вредители способствуют распространению микрофлоры, иногда переносят возбудителей болезней человека или сами вызывают болезни человека и животных.

Гусеницы плодовой яблони, поражая плоды яблони, выделяют экскременты, в составе которых содержатся вещества, обладающие канцерогенным действием. Эти вещества называют инсектотоксинами. Инсектотоксины – продукты жизнедеятельности вредителей, выделяемые ими при поражении растений и обладающие токсическим (канцерогенным) действием на человека и животных.

Амбарный долгоносик поражает зерно ржи, пшеницы, ячменя, кукурузы и продукты его переработки. Поврежденное зерно не пригодно для употребления в пищу, так как может вызывать расстройство органов пищеварения, воспаление кишечника. При поражении зерна малым мучным хрущачом мука становится комковатой, приобретает неприятный вкус и запах. Такая мука вредна для человека и животных и подлежит уничтожению. Ли-

чинки зернового точильщика проникают внутрь зерновки, развиваются там, выделяют экскременты. При сильном заражении в зерновой массе накапливается много фекальной пыли, которая имеет медово–плесенный запах, характерный для заражения зерна точильщиком. Зерновой точильщик повреждает зерно пшеницы, риса, овса, ржи, сорго, кукурузы и гречихи. В зерне с повышенной влажностью развивается мучной клещ. Зерно, поврежденное клещом, имеет неприятный медовый запах и вредно для человека.

Широко распространенный вредитель гороха – гороховая зерновка. Личинка жука внедряется в горошину и там развивается до жука. Поврежденное зерно, заполненное экскрементами, нельзя использовать в пищу и на корм животным, так как в нем содержится вредный алкалоид – кантаридин.

Для уменьшения повреждения продукции ученые выводят устойчивые к вредителям сорта. Важно тщательно контролировать зараженность различных объектов, предупреждать заражение продукции, создавать условия, исключая или ограничивающие развитие вредных организмов.

Система профилактических мероприятий, направленных на сокращение потерь продукции от вредителей, должна предусматривать: хранение зерна и продуктов его переработки только в специальных хранилищах; полное соответствие таких хранилищ требованиям оптимального хранения продукции; постоянную очистку и предварительную подготовку хранилищ для хранения продукции; удаление из хранилищ отходов, сжигание или захоронение их в специально отведенных местах; максимальную очистку от вредителей и соответствующую обработку продукции перед ее закладкой на хранение.

Рекомендуемые меры по предупреждению заражения продукции вредителями заметно сдерживают расселение вредных организмов и существенно снижают вероятность загрязнения и порчи зерна продуктами жизнедеятельности вредителей.

Афлатоксины и другие микотоксины. Микотоксины – это токсичные продукты жизнедеятельности различных видов микроскопических грибов. Микотоксины относятся к классу природных токсинов, способных вызывать тяжелые заболевания животных и человека.

В результате поражения грибами ежегодно при хранении портится до 30 % производимого зерна. При этом испорченное зерно зачастую используют на корм скоту, что может привести к плачевным результатам. Так, в 60–х гг. XX в. в Великобритании погибло свыше 50 % поголовья индеек в результате заболевания, вызванного продуктами жизнедеятельности плесневого гриба *Aspergillus flavus*, которыми были заражены корма. Эти вещества не только токсичны, но и обладают канцерогенным действием.

Среди известных микотоксинов лучше всего изучены афлатоксины – токсины, которые накапливаются в тканях или органах отдельных видов растений, особенно произрастающих в тропическом поясе. Известны два основных афлатоксина, названных В₁ (обладает большой канцерогенностью) и G₁. Аккумулируются афлатоксины в продуктах питания, изготовление которых связано с концентрированием белков.

Микотоксины представляют собой пятичленное многоядерное гетероциклическое соединение. Грибные токсины в большинстве своем – яды экзогенного действия, т.е. выделяются и находятся в субстрате, на котором растет гриб, а не в структуре гриба. Микотоксины обладают очень высокой устойчивостью к нагреванию, длительному ультрафиолетовому облучению; некоторые устойчивы к действию кислот и щелочей.

Микробные токсины вредны для клетки уже в незначительных концентрациях. ПДК их составляет 0,5 мкг/кг. Между тем встречаются штаммы грибов, продуцирующие токсины в концентрации 40 000 мг/кг. Механизм действия микотоксинов заключается в блокировке жизненно важных аминокислот (аланина, тирозина, триптофана) и образовании аминосоединений (аминов). Последние даже в незначительных количествах могут сильно воздействовать на кровеносные сосуды. У растений под влиянием токсичных веществ гриба теряется тургор, обесцвечиваются листья, отмечается побурение сосудов и ухудшаются обменные процессы. Микотоксины – это плазматические яды.

На рост грибов и образование токсинов влияют температура среды, влажность воздуха, тип субстрата, его влажность и продолжительность хранения. Большое значение имеет наличие определенных химических веществ. Так, повышенное количество липидов (жиров) в семенах масличных культур увеличивает под-

верженность их загрязнению афлатоксинами. Высокая устойчивость спор, находящихся в почве (на глубине до 80 см), способствует повсеместному распространению плесневых грибов (в частности, в воздухе, растениях, зерне).

В организм человека микробные токсины могут попадать с продуктами питания растительного и животного происхождения (причем последние менее опасны в связи с распадом и частичной инактивацией ядов в организме животных). Остаточные количества микотоксинов в продуктах вызывают канцерогенный, мутагенный и тератогенный эффекты (табл. 22).

Таблица 22 – Содержание афлатоксина В₁ в некоторых продуктах питания, зараженных плесенью

Продукт питания	Гриб, вызывающий плесень	Содержание афлатоксина В ₁ мкг/кг
Выпечка	<i>Aspergillus glaucus</i>	100
Земляной орех	<i>Aspergillus flavus</i>	1100
Апельсины	<i>Penicillium expansum</i>	5...50
То же	<i>Penicillium citromyces</i>	5...50
Лимоны	<i>Penicillium digitatum</i>	20...30
Персики	<i>Aspergillus niger</i>	5
Сало	<i>Aspergillus flavus</i>	100...5000
Томатный сок	<i>Aspergillus flavus</i>	20
Белый хлеб	<i>Penicillium glaucus</i>	20
Хлеб домашней выпечки	<i>Aspergillus glaucus</i>	10

Субстратом для развития плесневых грибов служит различная сельскохозяйственная продукция. Эти грибы можно разделить на две экологические группы: полевые грибы и плесени хранения. К первой группе относятся грибы, которые поражают семена растений в поле на корню или в валках. Развитие грибов на зерновых культурах происходит, когда влажность зерна находится в равновесии с относительной влажностью воздуха и составляет более 90 %. Зерно с такой влажностью хранят обычно в течение непродолжительного времени. В некоторых районах в отдельные годы уборка в сырую погоду и отсутствие сушилок приводят к тому, что большое количество зерна с высокой влажностью складывается прямо на земле в бурты. Такое зерно быстро портится в результате поражения грибами.

Нигроспориоз у кукурузы вызывает гриб *Nigrospora oryzae*. Зерно пораженных початков имеет низкую всхожесть и сильно плесневевает. Гриб выделяет токсические вещества, вызывающие у животных тяжелое заболевание.

К возбудителям плесеней хранения относятся в основном грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichothecium*. При влиянии плесневых грибов на зерно снижается всхожесть, изменяется цвет, затем образуются микотоксины, происходят самосогревание, плесневение, слеживание зерна и полное разложение. В несколько десятков раз возрастает количество грибов, выделяющих опасные токсины, на зерне, зараженном насекомыми.

Для предотвращения поражения зерна плесневыми грибами, продуцирующими микотоксины, необходимо строго соблюдать нормы высева, обеспечивающие оптимальную густоту стеблестоя; вносить в рекомендуемых дозах азотные удобрения; обрабатывать посевы фунгицидами при опасности их сильного поражения грибами рода *Fusarium*; хранить зерно при влажности, не допускающей развитие грибов. Наилучшие результаты дает сочетание низкой температуры и низкой влажности. Зерно на хранение необходимо закладывать с влажностью на 1..2 % ниже критической, при этом резко замедляются все физиологические процессы в самом зерне, затормаживается развитие микрофлоры.

При определенных условиях афлатоксины могут попадать в корма для различных животных и в пищу человека. Например, при скармливании животным заплесневелого зерна риса у них развивался рак печени, поскольку афлатоксины в большей степени накапливаются именно в печени. Чувствительность к токсическому действию афлатоксинов зависит от вида животных. Относительно менее восприимчивы овцы, наиболее чувствителен молодняк птицы (утки, куры, индейки), а также кролики, промежуточное положение занимают свиньи.

Среди микотоксинов известен стеригматоцистин, способный вызывать заболевания печени. Канцерогенным действием обладает микотоксин, выделенный из *Streptomyces hepaticus* и называемый элаиомицином. По своему действию он напоминает нитрозоамины. Продукт жизнедеятельности гриба *Fusarium* – фузариотоксин, накапливающийся в хранящемся зерне и способный вызывать заболевания животных и человека.

Таблица 23 – Предельно допустимые концентрации микотоксинов, мг/кг (Справочник ПДК вредных веществ в пищевых продуктах и среде обитания)

Продукт	Афлатоксин В ₁	Афлатоксин М ₁	Патулин	Зеараленон	Т-2 токсин	Дезоксинизаленон
Зерно и зерновые продукты (мука, крупы)	0,005	Н/н	Н/н	1,0	1,0	1,0 (пшеница сильных и твердых сортов) 0,5 (остальная пшеница)
Молоко и молочные продукты	Н/д (<0,001)	0,0005	Н/н	Н/н	Н/н	Н/н
Мясо и мясопродукты	0,005	Н/н	Н/н	Н/н	Н/н	Н/н
Орехи и масличные, жиры и масла	0,005	Н/н	Н/н	1,0	Н/н	Н/н
Кофе, чай, какао, кондитерские изделия	0,005	Н/н	Н/н	Н/н	Н/н	Н/н
Фруктовые и овощные соки и пюре	0,005	Н/н	0,05	Н/н	Н/н	Н/н
Белковые изоляты	0,005	Н/н	Н/н	1,0	Н/н	Н/н
Продукты детского и диетического питания (все виды)	Н/д (<0,001)	Н/д (< 0,0005)	Н/д (<0,01)	Н/д (<0,04)	Н/д (<0,05)	Н/д (<0,2)

Примечание. Н/н – не нормируется; Н/д – не допускается.

При поражении семян подсолнечника белой гнилью (возбудитель – гриб *Sclerotinia sclerotiorum*) потери урожая достигают 50 %. При этом ядро семян приобретает горьковатый вкус из-за накопления токсинов гриба. Кроме подсолнечника белой гнилью

поражаются до 100 видов растений (в частности, фасоль и кукуруза).

Меры борьбы: выведение устойчивых сортов и гибридов, соблюдение севооборотов и возвращение подсолнечника на прежнее место не ранее чем через 8...9 лет, удаление послеуборочных остатков, 2...3-кратное лушение и глубокая зяблевая вспашка.

В таблице 23 приведены ПДК микотоксинов, которыми целесообразно руководствоваться в практической работе.

Для защиты от афлатоксинов и других микотоксинов очень важно исключить условия, благоприятствующие образованию плесневых грибов на продуктах питания, поскольку рассматриваемые токсиканты устойчивы к действию температуры и не разрушаются при кипячении, поджаривании, да и при обработке в автоклаве. Оптимальные для хранения условия – сухой воздух и температура до 10 °С.

А.С. Кольцов (1995) систематизировал химические и биологические загрязняющие вещества, расположив их по степени убывания экологической опасности:

Химические

Металлы

Ртуть

Свинец

Кадмий

Сурьма

Мышьяк

Хром

Кобальт

Никель

Олово

Пестициды, метаболиты и продукты их деградации

Инсектициды:

хлорорганические

фосфорорганические

Дитиокарбаматы

Метилбромид

Радиоизотопы

Цезий-137

Стронций–90

Йод–131

Другие вещества

Нитриты

Нитраты

N–нитрозосоединения

(включая N–нитрозоамины)

Полициклические ароматические углеводороды

Полигалогенные дифенилы и терфенилы (включая полихлорированные дифенилы)

Стимуляторы роста животных, антибиотики

Мономеры хлорвинила

Селен

Фториды

Асбест

Биологические

Бактерии и бактериальные токсины

Bacillus cereus

Токсин *Clostridium botulinum*

Clostridium perfringens

Сальмонеллы

Шигеллы

Энтеротоксины стафилококковые

Vibrio parahaemolyticus

Микотоксины

Афлатоксины В₁, В₂, G₁, G₂, М₁

Охратоксин А

Патулин

Стеригматоцистин

Трихотецены (включая Т–2 токсин, НТ–2 токсин, диацетоксискиренол, дезоксиниваленол)

Цитринин

Зеараленон

Паразиты

Cysticercus bovis

Echinococcus granulosus

Fasciola hepatica

Fasciola gigantica

Paragonimus Westernomi

Taenia saginata

Taenia solium

Trichinella spiralis

Вирусы

Вирус гепатита А

Арбовирусы

Контрольные вопросы

1. Какие соединения относятся к тяжелым металлам?
2. Особенности распределения тяжелых металлов в овощных культурах.
3. Чем вызвано проблема нитратов в сельскохозяйственной продукции?
4. В каких культурах, и в каких частях растений больше накапливаются нитраты?
5. Как можно снизить содержание нитратов в продукции?
6. В чем опасность нитритов?
7. Как влияют нитраты и их производные на здоровье человека?
8. Возможные пути поступления пестицидов в организм человека.
9. Что такое диоксины и в чем их опасность?
10. Может ли загрязняться сельскохозяйственная продукция остатками регуляторов роста?
11. Загрязнение сельскохозяйственной продукции лекарственными средствами.
12. В чем опасность загрязнения растениеводческой продукции продуктами жизнедеятельности вредителей?
13. Что такое микотоксины и в чем их опасность?

11 ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ТЕРРИТОРИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗОН ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЕДСТВИЯ

Оценка остроты как отдельных экологических проблем, так и их комплексных проявлений в регионах (экологических ситуаций) – задача довольно спорная в отсутствие общепринятых критериев.

В Законе «Об охране окружающей природной среды» даны определения (понятия) зоны чрезвычайной экологической ситуации и зоны экологического бедствия.

Зонами чрезвычайной экологической ситуации объявляются участки территории Российской Федерации, где в результате хозяйственной и иной деятельности происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей природной среде, угрожающие здоровью населения, состоянию естественных экологических систем, генетических фондов растений и животных.

Зонами экологического бедствия объявляются участки территории Российской Федерации, где в результате хозяйственной либо иной деятельности произошли глубокие необратимые изменения окружающей природной среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушение природного равновесия, разрушение естественных экологических систем, деградацию флоры и фауны.

Эти зоны устанавливаются правительственными постановлениями, и при их выделении необходимо, вероятно, учитывать не только изменения природной среды, но и конкретные показатели здоровья населения, а также данные о хозяйственно–экономическом и социальном состоянии региона.

При определении степени остроты экологических проблем и ситуаций очевидно следует учитывать показатели, характеризующие изменение природных компонентов и условия, которые влияют на санитарно–гигиеническую обстановку, ведут к истощению и утрате природных ресурсов, нарушают и видоизменяют естественные ландшафты.

Очень острые экологические ситуации возникают там, где состояние природной среды начинает непосредственно угрожать

условиям жизни населения, а отдельные экологические проблемы или их совокупность достигают критической, кризисной и даже катастрофической степени остроты, создавая зоны чрезвычайной экологической ситуации и зоны экологического бедствия.

В соответствии со ст. 58 Закона «Об охране окружающей природной среды», в зоне чрезвычайной экологической ситуации прекращается деятельность, отрицательно влияющая на окружающую природную среду, приостанавливается работа предприятий, учреждений, организаций, цехов, агрегатов, оборудования, оказывающих неблагоприятное влияние на здоровье человека, его генетический фонд и окружающую природную среду, ограничиваются отдельные виды природопользования, проводятся оперативные меры по восстановлению и воспроизводству природных ресурсов.

В соответствии со ст. 49 названного закона, в зоне экологического бедствия прекращается деятельность хозяйственных объектов, кроме связанных с обслуживанием, проживающего на территории зоны населения, запрещаются строительство новых и реконструкция действующих хозяйственных объектов, существенно ограничиваются все виды природопользования, принимаются оперативные меры по восстановлению и воспроизводству природных ресурсов и оздоровлению окружающей природной среды.

По предварительным подсчетам, в пределах России наиболее неблагоприятные экологические ситуации (острые и очень острые) в последние годы отмечались на площади около 2,5 млн. км² (15 % всей территории). С учетом деградированных пастбищ эта величина может достигать 18–20 %.

В большинстве регионов на первом месте остается проблема загрязнения природной среды, угрожающая здоровью населения крупных промышленных центров.

На экологическую ситуацию в России большое влияние оказывает состояние окружающей среды сопредельных государств. В свою очередь, антропогенные источники загрязнения на территории России воздействуют на экологическую обстановку в этих странах.

11.1 Классификация экологического неблагополучия

Для оценки состояния территории по выявлению зон экологического бедствия или чрезвычайных экологических ситуаций Минприроды России 30 ноября 1992 г. утвердило «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия».

Необходимо отметить, что данный документ следует рассматривать как временный, а рекомендуемые критерии требуют апробаций и в отдельных случаях замены. Однако большим достоинством документа является то, что в нем предусмотрен единый подход, позволяющий классифицировать обследуемые территории с их спецификой по степени экологического неблагополучия, и определен порядок поэтапного проведения оценки экологического состояния территории (ОЭСТ).

На первом этапе (оперативно–диагностическом) администрации республик, краев и областей совместно с местными органами управления природоохранными органами, организациями Минздравмедпрома России и Госкомсанэпиднадзора России, а также общественными организациями проводят обследование и подготавливают документацию по ОЭСТ. Результаты обработки представляют на Государственную экологическую экспертизу (ГЭЭ). Наряду с материалами медицинского и экологического обследования территории на ГЭЭ должна быть представлена программа неотложных мер по нормализации обстановки с социально–экономическим обоснованием. Экологическое обследование территории может проводиться только по поручению территориальных комитетов по охране природы.

На втором этапе (экспертном) Государственная экологическая экспертиза рассматривает полученные документы. При необходимости ГЭЭ может затребовать с мест другие исходные материалы, а также потребовать проведения дополнительного экологического обследования территории. В итоге второго этапа ГЭЭ дает соответствующее заключение о признании (или непризнании) экологически неблагополучных территорий зонами эко-

логического бедствия или чрезвычайной экологической ситуации.

В соответствии с основными положениями «Критериев оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия», экологическая обстановка классифицируется по возрастанию степени экологического неблагополучия следующим образом: относительно удовлетворительная; напряженная; критическая; кризисная (или зона чрезвычайной экологической ситуации); катастрофическая (или зона экологического бедствия).

В данном документе предложены критерии для выделения зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия.

Согласно ст. 58 и 59 Закона «Об охране окружающей природной среды», оценка степени экологического неблагополучия территорий (акваторий) проводится по признакам, приведенным в таблице 24.

Таблица 24 – Оценка степени экологического неблагополучия территорий

Положения	Степень неблагополучия	
	Экологическое бедствие	Экологический кризис
Окружающая природная среда	Глубокие необратимые изменения	Устойчивые отрицательные изменения
Здоровье населения	Существенное ухудшение здоровья населения	Угроза здоровью населения
Естественные экосистемы	Разрушение естественных экосистем (нарушение природного равновесия, деградация флоры и фауны, потеря генофонда)	Устойчивые отрицательные изменения состояния естественных экосистем (уменьшение видового разнообразия, исчезновение отдельных видов растений и животных, нарушение генофонда)

Глубокие необратимые изменения должны рассматриваться за относительно короткий исторический срок – не менее продолжительности жизни одного поколения людей.

Под существенным ухудшением здоровья населения понимаются увеличение необратимых, несовместимых с жизнью нарушений здоровья, изменение структуры причин смерти (онкологические заболевания, врожденные пороки развития, гибель плода) и появление специфических заболеваний, вызванных загрязнением окружающей среды, а также увеличение частоты обратимых нарушений здоровья (неспецифические заболевания, отклонения физического и нервно–психического развития, нарушения течения и исходов беременности и родов и т.п.), связанных с загрязнением окружающей среды. Под угрозой здоровью населения понимается существенное увеличение частоты обратимых нарушений здоровья (неспецифические заболевания, отклонения физического и нервно–психического развития, нарушения или осложнения течения и исходов беременности и родов и т.п.), связанных с загрязнением окружающей среды.

Приведенные в таблице 14 признаки позволяют рассматривать экологически неблагополучную ситуацию на территории как «свершившееся бедствие» (см. ст. 59 Закона «Об охране окружающей природной среды») либо как «надвигающуюся угрозу» (см. ст. 58 Закона). При этом в обоих случаях имеются в виду лишь такие территории, где воздействие антропогенных факторов имеет длительный, хронический характер с периодом воздействия не менее года.

Таким образом, в рассматриваемом документе отражены две степени экологического неблагополучия территорий, соответствующих зоне бедствия и зоне чрезвычайной экологической ситуации (или зоне кризиса). Оценка их экологического состояния дана в сравнении с «фоном», за который принято относительно удовлетворительное, благополучное экологическое состояние (условная норма) в регионе.

Структурно документ содержит два основных раздела:

- раздел I включает экологическую оценку изменения среды обитания и состояния здоровья населения;
- раздел II включает экологическую оценку изменения природной среды и состояния естественных экологических систем.

В оценку среды обитания и здоровья населения включены: атмосферный воздух, питьевая вода, продукты питания, а также ионизирующее излучение.

Качество среды обитания человека оценивается системой совокупных требований: санитарно-гигиенических, рыбохозяйственных и общеэкологических.

Степень ухудшения здоровья человека характеризуют медико-демографические критерии: степень изменения среды обитания – критерии загрязнения атмосферного воздуха, воды, почвы, а также ионизирующее излучение.

Состояние природной среды, растительного и животного мира характеризуют критерии загрязнения воздушной среды, воды, почв, истощения природных ресурсов и деградации экосистем. Качество природной среды также совокупно оценивается с позиции как общеэкологических, так и санитарно-гигиенических требований.

Под критерием подразумевается описание совокупности показателей, позволяющих охарактеризовать ухудшение состояния здоровья населения и окружающей среды, как «кризисное» или «бедственное».

Показатели означают меру, а параметры – границы интервалов, соответствующих степеням экологического неблагополучия территорий. Параметры приняты либо на основании научных, экспериментальных данных, либо на основании экспертных оценок специалистов. Представленные в документе параметры критериев следует рассматривать как временные.

В большинстве случаев показатели разделены на основные и дополнительные. Состояние территории оценивают по основным показателям с учетом дополнительных.

Из поставленных задач вытекает необходимость оценки территорий по четырем основным составляющим: медико-демографической, экологической, социальной и экономической. На данном этапе работ в документе рассматриваются две из них: медико-демографическая и экологическая.

11.2 Критерии оценки изменения среды обитания и состояния здоровья населения

Состояние здоровья населения оценивается совокупностью критериев и показателей загрязнения окружающей среды: атмосферного воздуха, вод и почв.

К основным медико-демографическим показателям относятся заболеваемость, детская смертность, медико-гигиенические нарушения, специфические и онкологические заболевания, связанные с загрязнением окружающей среды.

Медико-демографические показатели по экологически неблагоприятным территориям сравнивают с аналогичными показателями на контрольных (фоновых) территориях в тех же климатико-географических зонах. В качестве таких контрольных (фоновых) территорий принимаются населенные пункты или отдельные их части, на которых зафиксированы наиболее благоприятные значения медико-демографических показателей.

Данные показатели рекомендуется определять отдельно для городского и сельского населения по нескольким (трем или более) территориям с благоприятной экологической (санитарно-гигиенической) ситуацией. Среднюю величину из нескольких минимальных показателей принимают в качестве контрольного (фонового) значения. Недопустимо в качестве контрольных величин использовать только средние показатели по республике, области, краю. Предпочтение следует отдавать показателям, рассчитанным за 10 лет и (или) их динамике за этот период. Исключение может быть сделано только для относительно редко встречающихся заболеваний, а также специфических заболеваний и других нарушений состояния здоровья, этиологически связанных с факторами окружающей среды антропогенного происхождения. Допускается также использование данных по территории за предшествующие годы в качестве контрольных цифр для сравнения с их величиной на момент проведения экспертизы.

При расчете медицинских показателей используют данные государственной медицинской статистики, специальных информационных систем, регистров по отдельным заболеваниям, а также результаты популяционных или когортных исследований (с учетом достоверности представляемой информации).

При подготовке материалов по медико–демографическим показателям обязательно представление полного первичного материала, на основе которого ставится вопрос об отнесении территории к зонам экологического неблагополучия.

Зоны чрезвычайной экологической ситуации или зоны экологического бедствия устанавливаются по одному или нескольким основным и дополнительным показателям, отражающим более высокую степень экологического неблагополучия.

Поскольку в Российской Федерации отсутствует единое методическое руководство по экологической эпидемиологии, при подготовке материалов следует руководствоваться действующими инструктивно–методическими документами Минздравмедпрома, Госкомсанэпиднадзора, Госкомстата и других министерств и ведомств Российской Федерации.

В настоящем разделе рассматриваются:

- медико–демографические критерии здоровья населения для оценки экологического состояния территории;
- критерии оценки степени загрязнения атмосферного воздуха по максимальным разовым концентрациям (по классам опасности загрязнения: I, II, III, IV);
- критерии оценки степени загрязненности атмосферного воздуха по среднесуточным концентрациям (по классам опасности загрязнения: I, II, III, IV);
- критерии оценки среднегодового загрязнения атмосферного воздуха (по номерам вещества: 1, 2–3, 5–9, 10–16, 16–25);
- критерии санитарно–гигиенической оценки эпидемической опасности питьевой воды и источников питьевого водоснабжения и рекреационного назначения;
- критерии санитарно–гигиенической оценки опасности загрязнения питьевой воды и источников питьевого водоснабжения химическими веществами;
- критерии санитарно–гигиенической оценки опасности загрязнения питьевой воды и водоемков питьевого назначения возбудителями паразитарных болезней и микозов человека;
- критерии экологического состояния почв селитебных территорий.

Оценка радиационного загрязнения. Основным критерий, характеризующий степень радиологической безопасности чело-

века, проживающего на загрязненной территории, – среднегодовое значение, эффективной дозы, измеряемой в зиверт (Зв). Для оценки общих последствий облучения населения в случае проживания на загрязненной территории используется коллективная эффективная доза, которая представляет собой произведение средней эффективной дозы по группе людей на число индивидуумов в этой группе.

Международной комиссией по радиологической медицине (МКРЗ) рекомендована в качестве предела дозы облучения, доза равная 1 мЗв/год (0,1 бэр/год).

К основным путям облучения человека, которые должны учитываться при оценках реальных эффективных доз относятся: внешнее облучение от гамма-излучающих радионуклидов в радиоактивном облаке, внешнее облучение от аэрозольных и твердых выпадений, внутреннее облучение по пищевым цепочкам и ингаляционному пути.

Человек выбран в качестве основного объекта защиты в связи с отсутствием достоверных и систематизированных данных по уровням и эффектам облучения других биологических объектов и систем и в связи с высокой радиочувствительностью человеческого организма.

Территории, в пределах которых среднегодовые значения дополнительной (сверх естественного фона) эффективной дозы облучения человека не превышают 1 мЗв, относятся к территориям с относительно благополучной экологической обстановкой.

Для индивидуальных доз в 1 мЗв/год уровень индивидуального риска (вероятность возникновения стохастических эффектов – онкологических заболеваний и тяжелых генетических нарушений), по оценкам МКРЗ, составляет 0,0001/год. К стохастическим относятся эффекты, наблюдаемые в измененной, но не погибшей клетке ткани или органа.

Территории, в пределах которых среднегодовые значения эффективной дозы облучения (дополнительного, сверх естественного фона) превышают 5 мЗв и находятся в диапазоне доз до 10 мЗв, относят к территориям чрезвычайной экологической ситуации. Уровень индивидуального риска на этих территориях возрастает до 0,001/год.

Территории, в пределах которых среднегодовые значения эффективной дозы облучения (дополнительного, сверх естественного фона) превышают 10 мЗв относят к территориям экологического бедствия. На этих территориях уровень индивидуального риска может существенно превышать 0,001 мЗв /год.

Указанные значения эффективной дозы облучения человека включают сложившийся техногенно-измененный фон.

11.3 Критерии оценки изменения природной среды

При оценке отнесения природной среды к экологически бедственным территориям и чрезвычайным экологическим ситуациям определены конкретные критерии.

Загрязнение воздушной среды:

- критерии загрязнения атмосферного воздуха по веществам, влияющим на земную растительность и водные экосистемы;
- критерии оценки степени химического загрязнения поверхностных вод;
- критерии оценки состояния пресноводных экосистем;
- критерии оценки истощения водных ресурсов;
- критерии оценки степени загрязнения подземных вод для участков хозяйственных объектов.

Загрязнение и деградация почв:

- критерии экологической оценки состояния почв.

Изменение геологической среды:

- критерии оценки экологической опасности деформаций и изменения геологической среды.

Деградация наземных экосистем:

- критерии оценки деградации наземных экосистем.

Растительный мир:

- критерии оценки состояния растительности как индикатора экологического состояния территории.

Животный мир:

- критерии и показатели состояния фауны и изменения генфонда животных как индикатора экологического состояния территории.

Биогеохимическая оценка территорий:

- биологические критерии оценки территории.

При использовании предложенных критериев и показателей для оценки экологической обстановки территории необходимо учитывать следующее.

1. Сбор материалов осуществляется на основании стандартных и общепринятых методов с обязательной статистической обработкой данных.

2. Анализ данных проводится в лабораториях, прошедших государственную аттестацию и получивших сертификат.

3. Материалы представляются в виде отчетов с обязательным картографическим приложением.

4. Предварительную обработку полученной, согласно документу, экологической информации рекомендуется проводить на ЭВМ по программе «Формализация и обработка первичных данных».

Сбор материалов и анализ данных осуществляются только по поручению территориальных органов по охране окружающей среды.

Картографическое приложение включает следующие материалы, представляемые на экспертизу:

- ландшафтная карта;
- ландшафтно-геохимическая карта;
- карта использования земель;
- карта антропогенных и техногенных источников воздействия;
- почвенная карта и карты деградации и истощения почв;
- карта современного состояния растительного покрова, составленная на основе карт растительных ассоциаций, карт патологических изменений растительности и серии биогеохимических карт;
- гидрогеологическая карта и карты изменения состояния подземных вод;
- гидрогеологическая карта и карты изменения гидрологического режима водных объектов;
- геоморфологическая карта и карта оценки опасности современных геоморфологических процессов;
- медико-демографические карты.

Программа «Формализация и обработка первичных данных» предназначена для сбора, кодирования и предварительной обработки показателей и критериев согласно данному документу.

Пользователями программы являются представители администраций республик, краев и областей, природоохранных органов и местной администрации, которые проводят обследование и подготавливают документацию для Государственной экологической экспертизы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение зон чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия. 2. Признаки территорий крайних степеней экологического неблагополучия. 3. Изменение среды обитания и состояния здоровья человека. 4. Изменения природной среды и деградация естественных экосистем. 5. Перечислите критерии оценки изменения среды обитания и состояния здоровья населения. 6. Какие критерии взяты за основу отнесения природной среды к экологическим бедственным территориям и чрезвычайным экологическим ситуациям?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Перечень ПДК для основных видов атмосферных загрязнений (СН245–71)

Вещество	ПДК, мг/м ³	
	максимальная разовая	среднесуточная
Пыль нетоксичная	0,50	0,15
Оксид углерода	3,0	1,0
Диоксид азота	0,085	0,085
Сернистый ангидрид	0,50	0,05
Сероводород	0,008	0,008
Сероуглерод	0,03	0,005
Серная кислота	0,30	0,10
Аммиак	0,20	0,20
Ацетон	0,35	0,35
Бензин (в пересчете на С)	5,0	1,50
Сажа (копоть)	0,15	0,05
Фенол	0,01	–
Формальдегид	0,035	–
Фосфорный ангидрид	0,15	0,05
Хлор	0,01	0,03

Приложение 2

Гигиеническое нормирование некоторых тяжелых металлов
в воздухе, мг/м³

Элемент	Вещество	Воздух рабочей зоны (ПДКр.з)	Атмосферный воздух (ПДКс.с)
Свинец		0,01	0,0030
	Неорганические соединения	0,01	0,0003
	Сульфид	–	0,0017
	Свинцово–оловянные припой	0,01	–
Медь		1,0	–
	Оксид	–	0,0020
	Сульфат	0,5	0,0010
	Сульфид	–	0,0010
	Хлорид	0,50	0,0010
	Медно–никелевая руда	4,0	–
Кадмий	Кадмии и его неорганические соединения	0,10	–
	Оксид	0,10	–
Олово	Хлорид	0,50	0,0500
Ртуть		0,01	0,0003
	Металлические соли	0,20	0,0003
Цинк	Оксид	0,50	–
	Сульфат	5,0	–

Приложение 3

Наиболее значимые в гигиеническом отношении вещества,
загрязняющие воду, мг/л

Вещество	ПДК в воде по сани- тарно– токсико- ло– гическо- му при- знаку	Класс опас- ности	Вещество	ПДК в воде, по санитарно- тосиколо- гическому признаку вредности	Класс опас- ности
Акриламид	0,010	2	Кадмий	0,0010	2
Алюминий	0,50	2	Кобальт	1,0	2
Анилин	0,20	2	Литий	0,003	2
Ацетонциангидин	0,0010	2	Нитраты	10,0	2
Барий	0,10	2	Пентахлорбифе- нил	0,010	1
Бензол	0,50	2	Пиридин	0,20	2
Бенз(а)пирен	0,000005	1	Ртуть	0,0005	1
Бериллий	0,0002	1	Свинец	0,03	2
Бор	0,50	2	Стронций	7,0	2
Бром	0,20	2	Сурьма	0,050	2
Висмут	0,10	2	Таллий	0,0001	1
Вольфрам	0,05	2	Тетрахлорбензол	0,020	2
Гексаметилендимин	0,01	2	Тетрахлорэтилен	0,020	2
Демитиламин	0,10	2	Трикрезинфос- фат	(ОБУВ) 0,005	2
Демитилдиоксан	0,005	2	Трихлобифенил	0,0010	1
2,5-дихлорнитро- бензол	0,10	2	Фтор	1,50	2
Дихлорэтан	0,020 (ОБУВ)	2	Хлороформ	0,060 (ОБУВ)	2
Дихлорэтилен	0,0006 (ОБУВ)	1	Четыреххлори- стый углерод	0,0060 (ОБУВ)	2
Диэтилртуть	0,0001	1	Этилртуутьхлор- рид	0,00010	1

ПДК тяжелых металлов и фтора в поливных водах

Элемент	Воды, постоянно используемые на всех почвах, мг/л	Для использования до 20 лет на почвах тяжелого механического состава и рН 6–8,5 мг/л	Элемент	Воды, постоянно используемые на всех почвах, мг/л	Для использования до 20 лет на почвах тяжелого механического состава и рН 6–8,5 мг/л
Al	5,0	20,0	F	1,0	15,0
As	0,10	2,0	Li	2,50	2,50
Be	0,10	0,50	Mn	0,20	10,0
D	* *	2,0	Mo	0,010	0,050**
Cd	0,010	0,050	Ni	0,20	2,0
Co	0,050	5,0	Pb		10,0
Cr	0,10	1,0	V	0,20	1,0
Cu	0,20	5,0	Zn	2,0	10,0
Fe	0,50	20,0			

* Эти количества не должны вредить ни растениям, ни жизни почвы. Не располагаем данными по ртути, олову, серебру, титану.

** Менее 0,7 мг/л не вызывает проблем, от 0,7 до 2 мг/л представляет растущие проблемы, более – 2 мг/л представляет серьезную проблему.

*** Только для кислых почв тяжелого гранулометрического состава или кислых почв с относительно высоким содержанием оксидов железа.

Приложение 5

Примерный промышленный состав фильтра полигона бытовых и слабо токсичных промышленных отходов городской агломерации

Минерализация (без учета иона-аммония) – 17,2 г/л

Ион-аммония – 18000 мг/л

Хлор – 708 мг/л

Вещество	Содержание, мг/л	ПДК	Вещество	Содержание, мг/л	ПДК
Металлы тяжелые			Органические соединения (газовая хроматография)		
Никель	2,41	0,1	Нефтепродукты	0,76–13,10	0,30
Кадмий	0,0098	0,001	Бензол, толуол	0,6–2,0	0,50
Свинец	0,23	0,03	О-, м-, п- ксилолы	0,4–4,0	0,050
Кобальт	0,18	0,1	Этилбензол	0,1–1,0	0,010
Медь	2,11	1,0	Фенол	0,003–0,070	0,0010
Хром	1,47	0,5	О-, м-, п- крезолы	0,1–3,0	0,00040
Цинк	4,11	1,0	Хлорбензол	0,1–0,60	0,020
Марганец	0,67	0,1	Дихлорбензол	0,1–0,70	0,0020
Литий	0,36	0,03	Анилин	0,3–0,60	0,10
Железо	83,0	0,3			
Ванадий	0,11	0,1			
Вольфрам	1,5	0,05			
Барий	2,0	0,1			
Титан	4,0	0,1			
Ниобий	0,2	0,02			

Санитарно–гигиенические показатели разных
Методов обезвреживания

Методы обезвреживания	Продукты процессов обезвреживания	Влияние на окружающую среду
Усовершенствованные свалки	Продукты неполного распада органического вещества	Выделяются вредные и дурнопахнущие газы, загрязняют воздух и создают опасность пожаров (СН ₄ , МН ₃ , СН ₃ , Н ₂ S); чрезвычайно опасен в санитарном отношении фильтрат, который загрязняет почву и грунтовые воды, количество бактерий кишечной группы составляет до 34 тыс. на 1 см ³ , общее число бактерий 1,5 млн/см ³ , т.е. в 2—3 раза больше, чем в сточных водах городской канализации; необходим послеэксплуатационный контроль 50–100 лет
Мусороперерабатывающие заводы	Компост	Безопасен в санитарно–гигиеническом, гельминтологическом и энтомологическом отношении: титр коли 0,01–0,1 титр протей 0,01–0,1, личинки мух не выживают, яйца гельминтов погибают
	Некомпостируемый остаток после просеивания компоста (до 30% исходного мусора)	Обезвреженная масса, которая может засорять почву инертными материалами: камнями, глиняными черепками, пластмассами, стеклом
Мусоросжигающие заводы	Входящие газы	Содержат вредные включения: SO ₂ , HCl, HF, NO _x , CO и др., а также летучую золу: 1–40 г на 1 м ³ (в основном улавливаются фильтрами)
	Вода от промывки газов (при мокрой очистке)	Имеет след, включения: альдегиды, хлориды, сульфаты, фосфаты, железо и др.; расход воды на промывку газа до 1–15 м ³ /на 1 т мусора
	Шлак	Состав шлака после сжигания – мелкозернистые части, несгоревшие (в т.ч. органические), металл, стеклобой, камни и др.

Охранные зоны природных объектов

Объекты	Расстояние от охранных объектов (км)				
	до зоны промышленных предприятий различных классов санитарной вредности			до транспортных магистралей	до границ застройки
	I	II	III-IV		
Заповедники и национальные парки	10–30	5–10	1–3	1,0	0,3
Заказники, природные парки и санитарно-курортные зоны	5–10	1–3	0,5–1	0,2	0,2
Зоны массового отдыха населения	5–10	0,5–2,0	0,2–0,5	0,2	0,2
Охраняемые ландшафты и отдельные природные объекты	3–5	0,5–1,0	0,2–0,6	0,1	0,1

Примечание: Первые цифры показывают минимальное удаление промышленных предприятий от охраняемых объектов (размещение с наветренной стороны, вниз по течению рек), вторая цифра – необходимая ширина зоны, при неблагоприятном размещении предприятий (вверх по течению рек, с подветренной стороны и т.д.).

Санитарно–защитные зоны для канализационных
очистных сооружений

Сооружение	Санитарно–защитные зоны, м при расчетной производительности сооружений, тыс. м/сут.			
	до 0,2	от 0,2 до 5	от 5 до 50	от 50 до 280
Сооружения механической и биологической очистки с иловыми площадками для сброженных осадков, а также отдельно расположенные иловые площадки	150	200	400	500
Сооружения механической и биологической очистки с термомеханической обработкой в закрытых помещениях	100	150	300	400
Поля фильтрации	200	300	500	1000
Поля орошения	150	200	400	1000
Биологические пруды	200	200	–	–
Сооружения с циркуляционными окислительными каналами	150	–	–	–
Насосные станции	15	20	20	30

ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ

АБСОРБЕНТ – жидкость или твердое тело, поглощающее газ, растворенное вещество или энергию во всем своем объеме.

АВТОГЕНЕЗ – эволюция живой природы вне зависимости от внешних условий, направляемая и регулируемая внутренними (нематериальными) факторами. Теория автогенеза аналогична витализму. В экологии это понятие обычно употребляется применительно к сообществам и экосистемам.

АВТОРЕГУЛЯЦИЯ В ПРИРОДЕ – система взаимодействий в природе, основанная на прямых и обратных связях и ведущая к динамическому равновесию или самоорганизации и саморазвитию всей системы, ландшафта.

АЭРОБЫ – организмы, способные жить лишь в среде, содержащей кислород. К аэробам относятся почти все животные и растения, а также многие микроорганизмы.

АЭРОЗОЛЬ – взвешенные в газообразной среде частицы твердых или жидких веществ. Аэрозоль с жидкими частицами – туман, с твердыми частицами – дым.

БАКТЕРИЦИДЫ – препараты, используемые для борьбы с бактериями, вызывающими заболевания растений и животных (а также человека).

БИОГАЗ – газ, близкий к природному газу, образующийся при сбраживании в анаэробных условиях навоза, органических остатков после переработки сельскохозяйственной продукции и др. Примерный состав биогаза: метан – 55–65 %, углекислый газ – 35–45 %, примеси азота, водорода, кислорода, сероводорода.

БИОМАССА – выражаемое в единицах массы количество живого функционирующего вещества тех или иных организмов (популяций, сообществ), отнесенное к единице площади или объема (г/м^2 или г/м^3)

БИОПОЛЕ – поле деятельности живых организмов, на котором проявляются электромагнитные явления, связанные с биоэнергетическими процессами.

БИОСФЕРА – нижняя часть атмосферы, вся гидросфера и часть (верхняя) литосферы, населенные живыми организмами, «область существования живого вещества» (В.И. Вернадский);

самая крупная экосистема Земли. Толщина биосферы немногим больше 20 км (организмы обитают над поверхностью суши не выше 6 км над уровнем моря, опускаются не ниже 15 км в глубь океана), но основная масса живого вещества сконцентрирована в приповерхностном слое толщиной 50–100 м.

БИОТА – исторически сложившийся комплекс живых организмов, обитающих на какой–нибудь крупной территории, изолированной любыми барьерами распространения.

БИОЦЕНОЗ – совокупность животных, растений и микроорганизмов, населяющих участок среды обитания с более или менее однородными условиями жизни, например животные, растения и микроорганизмы того или иного озера, луга, береговой полосы.

ВАДОЗНЫЕ ВОДЫ – подземные воды атмосферного происхождения или образующиеся и залегающие в пределах земной коры (в последнем случае противопоставляются ювенильным водам).

ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД – период года, когда возможны рост и развитие (вегетация) растительности в данных климатических условиях.

ВОДОЗАБОР – 1. Изъятие воды из водоема или водотока.
2. Комплекс гидротехнических сооружений для изъятия, подачи и приема воды в отводящие устройства с целью дальнейшей транспортировки и использования.

ВОСПРОИЗВОДСТВО ОКРУЖАЮЩЕЙ ЧЕЛОВЕКА СРЕДЫ – комплекс мероприятий (экономических, технологических, организационных) и их научное обеспечение, направленное (наряду с воспроизводством природных ресурсов) на поддержание параметров среды жизни в пределах, благоприятных для существования человека и его социально–экономического развития.

ВОСПРОИЗВОДСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ – комплекс мероприятий, направленных на искусственное поддержание природных ресурсов и сохранение экосистемы в продуктивном состоянии.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ – доведение запасов тех или иных видов природных ресурсов до уровня, предшествовавшего их истощению в результате хозяйственной деятельности человека.

ВЫБРОС – поступление в окружающую среду любых загрязнителей от группы предприятий, предприятия или человека в течение короткого времени или определенного периода (час, сутки).

ВЫЖИВАЕМОСТЬ – средняя вероятность сохранения организмов того или иного поколения для жизни и участия в функционировании экосистем.

ГЕОСИСТЕМА – любые физико–географические образования от географической (ландшафтной) оболочки Земли. Понятие, близкое к термину «экосистема», но с центром внимания к абиотическим и пространственным закономерностям.

ГЕРБИЦИДЫ – химические препараты, избирательно уничтожающие определенные группы растений, чаще всего в посевах сорняки полевых культур. В настоящее время получены экологически малоопасные гербициды, которые быстро разлагаются в почве, а также штаммы почвенных микроорганизмов, способных быстро разрушать остатки гербицидов. Тем не менее, гербициды можно использовать только в тех случаях, когда с сорными растениями нельзя бороться агротехническими методами, или фитоценотически, т.е. за счет высева подавляющих сорные растения культур – озимых, многолетних трав, смесей однолетних кормовых культур.

ГИДРОСФЕРА – совокупность всех вод Земли.

ГИПЕРГЕНЕЗ – происхождение, образование, совокупность процессов физического и химического преобразования горных пород и минералов в верхних частях земной коры и на ее поверхности под действием атмосферы, гидросферы и живого вещества.

ДЕЗАКТИВАЦИЯ – удаление радиоактивного загрязнения с поверхности предметов, сооружений и т.п.

ДОЖДЬ КИСЛОТНЫЙ, КИСЛЫЙ (КИСЛОТНЫЕ, КИСЛЫЕ ОСАДКИ) – дождь (и снег), подкисленный (рН ниже 5,6) из-за растворения в атмосферной влаге промышленных выбросов (SO_2 , NO_x , HCl и др.). В свою очередь кислотные осадки подкисляют водоемы и почву, что приводит к гибели рыбы и других водных организмов, к резкому снижению прироста лесов и их усыханию.

ДОЗА ОБЛУЧЕНИЯ – величина облучения от радиоактивного источника. В Международной системе единиц СИ обозначает-

ется грей (Гр). (Внесистемная единица – рад – рентгеновская абсорбированная доза облучения.)

ЕМКОСТЬ СРЕДЫ – размер способности природного или природно–антропогенного окружения обеспечивать нормальную жизнедеятельность (дыхание, питание, размножение, отдых и т.д.) определенному числу организмов или их сообществ без заметного нарушения самого окружения.

ЕСТЕСТВЕННЫЙ ФОН ИЗЛУЧЕНИЯ – суммарный поток ионизирующего излучения из космоса и за счет природных радиоактивных элементов (радионуклидов) в окружающей среде.

ЖИВУЧЕСТЬ ЭКОСИСТЕМЫ – ее способность выдерживать резкие колебания абиотической среды, массовые размножения или длительные исчезновения отдельных видов или антропогенные нагрузки (перевыпас, вытаптывание, шум и т.п.).

ЗАГРЯЗНЕНИЕ – все то, что находится не в том месте, не в то время и не в том количестве, какое естественно для природы, что выводит ее системы из состояния равновесия и отличается от обычно наблюдаемой нормы. Загрязнение может быть вызвано любым агентом (загрязняющим веществом), в том числе самым чистым.

ЗАСОЛЕНИЕ ВОД – превышение обычной концентрации солей в результате естественных или антропогенных причин: для пресных вод – свыше 1 г/л, солоноватых вод – более 10 г/л, соленых вод – свыше естественно имевшейся первоначальной концентрации солей.

ЗАСОЛЕНИЕ ПОЧВ – превышение (свыше 0,25%) содержания в почве легкорастворимых солей (карбонат натрия, хлориды и сульфаты), обусловленное или засоленностью почвообразующих пород (остаточное засоление), или чаще неправильным орошением, привносом солей грунтовыми или поверхностными водами.

ЗООПЛАНКТОН – гетеротрофные животные – консументы (рыбы, ракообразные, простейшие и др.), обитающие в водной толще.

ЗООФАГИ – хищные организмы, питающиеся животными.

ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ – 1. Точка выброса вещества (труба и т.п.). 2. Хозяйственный или природный объект, производящий загрязняющее вещество. 3. Регион, откуда поступают за-

грязняющие вещества (при дальнем и трансграничном переносе).
4. Внерегionalный фон загрязнений, накопленных в среде (например, в воздушной – CO₂, в водной – их кислотность и т.п.).

КАНЦЕРОГЕНЫ – химические соединения или их физические агенты, способствующие возникновению злокачественных новообразований (опухолей) у животных, растений и человека.

КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ (pH) – концентрация ионов водорода в почвенном растворе (активная или актуальная кислотность) и в почвенном поглощающем комплексе (потенциальная кислотность).

КОНЦЕНТРАЦИЯ ФОНОВАЯ – 1. Содержание веществ в воздухе или воде, определяемое глобальными и региональными естественно происходящими процессами. 2. Содержание веществ в воздухе или воде, определяемое глобальной и региональной суммой естественных и антропогенных процессов. 3. Содержание веществ в воздухе населенных мест, определяемое неучитываемыми производственными и транспортными выбросами и (или) переносом загрязнителей из смежных районов.

КРИЗИС ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ – напряженное состояние взаимоотношений между человечеством и природой, характеризующееся несоответствием развития производительных сил и производственных отношений в человеческом обществе ресурсо–экологическим возможностям биосферы.

ЛАНДШАФТ АНТРОПОГЕННЫЙ – ландшафт, преобразованный хозяйственной деятельностью человека настолько, что изменена связь природных (экологических) компонентов в степени, ведущей к сложению нового с ранее существовавшим на этом месте природным комплексом.

МЕТАЛЛ ТЯЖЕЛЫЙ – металл плотностью более 8 тыс. кг/м³ (кроме благородных и редких). К тяжелым металлам относятся: свинец, медь, цинк, никель, кадмий, кобальт, сурьма, олово, висмут, ртуть.

МУТАНТ – особь, отличающаяся от исходного типа каким–либо наследственным отклонением, возникающим в результате генной мутации, а также хромосомных и геномных мутаций.

НАГРУЗКА АНТРОПОГЕННАЯ – степень прямого и косвенного воздействия людей и их хозяйственной деятельности на

природу в целом или на ее отдельные экологические компоненты и элементы.

НАГРУЗКА РЕКРЕАЦИОННАЯ – степень непосредственного влияния отдыхающих людей (туризм, сбор даров леса, спортивная охота, рыболовство и т.д.), их транспортных средств, строительства временных и дачных жилищ и других сооружений на природные комплексы или рекреационные объекты (живописные места, памятники архитектуры и т.д.).

НИТРАТЫ – соли азотной кислоты – кристаллические вещества. Нитраты некоторых металлов (натрия, калия, кальция, бария), а также аммония называются селитрами и представляют собой широкоприменяемые. В сельском хозяйстве минеральные удобрения. При несоблюдении норм удобрения полей нитраты накапливаются в пищевых продуктах и вызывают тяжелые отравления. Человек относительно легко переносит дозу в 150–200 мг нитратов в день; 600 – токсичная для взрослых (для грудного ребенка – 10 мг).

ОБЛУЧЕНИЕ – воздействие на живой организм любыми видами излучений: инфракрасным, видимым и ультрафиолетовым солнечным светом, космическими лучами и ионизирующими излучениями земного происхождения. Биологическое воздействие облучения зависит от дозы, вида и энергии облучения, а также от физиологического состояния организма.

ОНТОГЕНЕЗ – индивидуальное развитие организма, вся совокупность его преобразований от зарождения до конца жизни.

ОТХОДЫ ТОКСИЧНЫЕ – отходы, содержащие вещества, которые при контакте с организмом человека (в условиях производства или быта) могут вызвать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе контакта с отходами, так и в отдаленные сроки жизни стоящего и последующих поколений.

ОХРАНА ПРИРОДЫ – совокупность международных, государственных, региональных, административно–хозяйственных, политических и общественных мероприятий, направленных на региональное использование, воспроизводство и сохранение природных ресурсов Земли и ближайшего к ней космического пространства в интересах существующих и будущих поколений людей.

ПАРАМЕТРЫ ЭКОСИСТЕМЫ – величины, показатели, отражающие фундаментальные свойства экосистемы: биологическую продуктивность, интенсивность круговорота, разнообразие и т.п.

ПАРНИКОВЫЙ (ТЕПЛИЧНЫЙ) ЭФФЕКТ – потепление климата на Земле в результате повышения содержания в приземном слое атмосферы пыли, углекислого газа, метана и фторхлоруглеводородных соединений технического происхождения (сжигание топлива, промышленные выбросы и т.п.), которые препятствуют длинноволновому тепловому излучению с поверхности Земли. Смесь пыли и газов действует как полиэтиленовая пленка над парником: хорошо пропускает солнечный свет, идущий к поверхности почвы, но задерживает рассеиваемое почвой тепло – в результате под пленкой создается теплый микроклимат.

ПЕСТИЦИДЫ – химическое соединение, используемое для защиты растений, сельскохозяйственных продуктов, древесины, изделий из шерсти, хлопка и кожи, для уничтожения эктопаразитов животных и для борьбы с переносчиками опасных заболеваний. К пестицидам относятся также вещества, используемые для регуляции роста и развития растений (ауксины, гиббереллины, ретарданты), удаления листьев (дефолианты), уничтожения растений на корню (десиканты), удаления цветов и завязей (дефлоранты), отпугивания животных (репелленты), их привлечения (аттрактанты) и стерилизации (хемотрисилаторы).

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ (ПДК) – норматив, количество вредного вещества в окружающей среде, при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияющее на здоровье человека и не вызывающее неблагоприятных последствий у его потомства. Устанавливается в законодательном порядке и рекомендуется компетентными учреждениями (комиссиями и т.п.).

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЙ ВЫБРОС (ПДВ) – объем (количество) загрязняющего вещества за единицу времени, превышение которого ведет к неблагоприятным последствиям в окружающей природной среде или опасно для здоровья человека (ведет к превышению предельно допустимых концентраций в окружающей среде). ПДВ залповый – еди-

новременный концентрированный выброс значительного количества загрязняющих веществ в окружающую среду.

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЙ СБРОС (ПДС) – научно–технический норматив – масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

ПРИРОДНАЯ СИСТЕМА – совокупность элементов живой и (или) неживой природы, находящихся в определенной связи и отношениях между собой и образующих относительно устойчивое единство и целостность. Различают природные системы: живые и неживые, простые и сложные.

ПРИРОДНАЯ СРЕДА – совокупность объектов и условий природы, в которых протекает деятельность какого–либо субъекта.

ПЫЛЬ – в атмосфере совокупность взвешенных мелких 10^{-2} – 10^{-4} см) твердых частиц, способных в отличие от дыма оседать при безветрии. Борьба с производственной пылью – важная составная часть охраны окружающей среды от загрязнения.

РАВНОВЕСИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ – баланс естественных или измененных человеком средообразующих компонентов и природных процессов, приводящий к длительному (условно бесконечному) существованию данной экосистемы. Отличают компонентное, основанное на балансе экологических компонентов внутри одной экосистемы, и территориальное, возникающее при некотором соотношении интенсивно (агроценозы, урбокомплексы и т.п.).

РАДИАЦИЯ – поток корпускулярной (альфа–, бета– и гамма–лучи, поток нейтронов) и (или) электромагнитной энергии.

РАДИОАКТИВНЫЕ НУКЛИДЫ – ядра нестабильных химических элементов, испускающие заряженные частицы и излучения, которые, попадая в организм человека, разрушают клетки, вследствие чего могут возникнуть различные болезни, в том числе и лучевая. В единицах СИ доза облучения измеряется в зивертах (Зв). В результате внутреннего и внешнего облучения человек в течение года в среднем получает дозу 0,001 Зв и, следовательно, за всю жизнь (в среднем 70 лет) – около 0,07 Зв. За жизнь человек может без большого риска набрать дозу радиации 0,35 Зв.

На Чернобыльской АЭС в наиболее загрязненных участках можно получить до 0,01 Зв/ч. Часовая доза радиации, смертельная для 50% организмов, составляет 4 Зв для человека, 10–20 – для рыб и птиц, от 10 до 1500 – для растений и 1000 Зв – для насекомых.

САМОВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ –

1. Процесс непрерывного воспроизводства или возобновления структуры, свойств, количественного и качественного состава природных систем, осуществляющийся без участия человека.
2. Самостоятельный возврат природных систем к состоянию динамического равновесия, из которого они были выведены действием природных или антропогенных факторов.

САМООЧИЩЕНИЕ – естественное разрушение загрязнителя в среде (почве, воде и др.) в результате природных, физических, химических и биологических процессов. Длительность самоочищения резко меняется в зависимости от географического места – в маргинальных зонах и на Севере оно идет медленно.

САМОРЕГУЛЯЦИЯ – способность природной (экологической) системы к восстановлению баланса внутренних свойств после какого-либо природного или антропогенного влияния.

СОРБЦИЯ – поглощение твердым телом или жидкостью вещества из окружающей среды.

СТАБИЛЬНОСТЬ БИОСФЕРЫ – способность биосферы противостоять внутренним возмущениям, включая антропогенные воздействия.

СУКЦЕССИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ – постепенное изменение экосистемы под влиянием внутренних или внешних условий. К сукцессиям первого типа относятся процессы зарастания скал или насыпей дорог, ко второму – изменения водных экосистем при поступлении в них удобрений или других загрязнений, изменения лугов или лесов под влиянием выпаса и т.д.

ТОКСИКАНТ – ядовитое вещество.

ТОКСИНЫ – ядовитые вещества, образуемые некоторыми микроорганизмами, растениями и животными. По химической природе токсины – полипептиды и белки. Иногда термин «токсины» распространяется и на ядовитые вещества небелковой природы. Наиболее изучены микробные токсины, которые делят на экзо- и эндотоксины. Экзотоксины экскретируют в среду во время роста, а эндотоксины – после гибели организмов.

УРБАНИЗАЦИЯ – 1. Рост и развитие городов. 2. Приобретение сельской местностью внешних и социальных черт, характерных для города.

УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ – абсолютная или относительная величина содержания в среде загрязняющих веществ.

УРОВЕНЬ РАДИОАКТИВНОСТИ – суммарная интенсивность самораспада радиоактивных элементов в окружающей среде. В Международной системе единиц СИ обозначается Бк (беккерель).

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ – такое развитие в глобальной системе «общество–природа», которая обеспечивает удовлетворение потребностей людей настоящего времени без ущерба основополагающим параметрам биосферы и не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности. Подразумевает поддержание со стороны общества развития природной среды.

ФАКТОР БИОГЕННЫЙ – группа факторов, связанных как с прямым, так и с опосредованным влиянием живых организмов на среду ныне и в прошлые эпохи (совокупность биологических, биотических и биоценологических факторов).

ФАУНА (ЖИВОТНЫЙ МИР) – эволюционно–исторически сложившаяся совокупность всех видов животных, обитающих (или обитавших) на рассматриваемой территории.

ФЕРМЕНТЫ – специфические белки, присутствующие во всех живых клетках и играющие роль биологических катализаторов. Резистентность организмов к специфическим поллютантам (например, пестицидам различных классов) обусловлена активностью специфических ферментов, способных расщеплять эти соединения в организме до «нетоксичных продуктов».

ФИТОСФЕРА – поверхностный слой над Землей (до 150 м), где условия среды в значительной мере определяются зеленой растительностью.

ХЕМОСОРБЦИЯ – поглощение газов, паров, растворенных веществ жидкими и твердыми сорбентами образованием на поверхности раздела новой фазы или компонента.

ХЛОРОЗ – заболевание растений, вызванное недостатком некоторых элементов в почве (чаще всего магния или железа) или вирусами. Выражается в пожелтении листьев.

ЦЕПЬ ТРОФИЧЕСКАЯ (ПИЩЕВАЯ ЦЕПЬ, ЦЕПЬ ПИТАНИЯ) – взаимоотношения между организмами, через которые в экосистеме происходит трансформация вещества и энергии; группы особей, связанные друг с другом отношением «пища – потребитель» (т.е. цепь, в которой каждое предыдущее звено служит пищей для последующего).

ЧАСТИЦА САЖЕВАЯ – конгломерат углерода с водородом, образующийся при горении топлива и уносимый из топок с отходящим (уходящим) газом, главным образом в виде мельчайших частиц.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ – свойство живых организмов реагировать на действие факторов окружающей среды.

ШУМ – одна из форм физического (волнового) загрязнения, адаптация к которой невозможна. Сильный шум более 90 дБ приводит к болезням нервно–психического стресса и ухудшению слуха вплоть до полной глухоты (свыше 110 дБ), вызывает резонанс клеточных структур протоплазмы, ведущий к шумовому «опьянению», а затем к разрушению тканей. Шкала силы звука строится на логарифмах отношений данной величины звука к порогу слышимости.

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА – предполагает приспособления различных технологий к сложившимся природным (биосферным) условиям. Экологическое производство, исходя из ограниченных возможностей сложившихся биосферных явлений, предполагает планомерное производство и воспроизводство компонентов и условий природной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Ленинград-: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Белов, С.В. Охрана окружающей среды. Экология человека. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов. – Изд. 4-е, испр. и доп. / С.В. Белов. – Москва: Высшая школа, 2004. – 606 с.
3. Беспмятнов, Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: справочник / Г.П. Беспмятнов, Ю.А. Кротов. – Ленинград: Химия, 1985. – 528 с.
4. Биологические эффекты при длительном поступлении радионуклидов. – Москва: Энергоавтомоздат, 1988. – 168 с.
5. Биохимические основы экологического нормирования / Под ред. М.В. Иванова, В.Н. Башкина, В.В. Снакина. – Москва: Наука, 1993. – 304 с.
6. Временные указания по определению вредных веществ в атмосферном воздухе для нормирования выбросов и установления ПДВ. – Москва: Гидрометиздат, 1981.
7. Делятицкий, С. Экологический словарь / С. Делятицкий, И. Зайонц, Л. Чертков, В. Экзарьян. – Москва: Конкорд Лтд. Экопром, 1993. – 202 с.
8. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. – Москва: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
9. Инженерная экология: учебник для вузов / Под ред. В.Т. Медведева. – Москва: Гардарика, 2002. – 687 с.
10. Касьяненко, А. А. Контроль качества окружающей среды / А. А. Касьяненко. – Москва: Изд-во РУДН, 1992. – 136 с.
11. Муравьева, С.И. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе / С.И. Муравьева, Н.И. Казнина, Е.К. Прохорова. – Москва: Химия, 1988. – 320 с.
12. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды: учебное пособие для инженера-эколога / В.И. Седелецкий и др. / Под ред. А.Ф. Порядина, А.Д. Хованского. – Москва: Прибой, 1996. – 348 с.
13. Охрана природы: справочник / Под ред. К.П. Митрюшкина. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 269 с.

14. Проблемы загрязнения окружающей среды и токсикологии / Под ред. Дж. Уэра. – Москва: Мир, 1993. – 192 с.

15. Протасов, В.Ф. Словарь экологических терминов и понятий / В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов. – Москва: Финансы и статистика, 1997. – 160 с.

16. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и природопользование в России / В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов. – Москва: Финансы и статистика, 1995. – 528 с.

17. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: учебное и справочное пособие / В.Ф. Протасов. – Москва: Финансы и статистика, 1999. – 672 с.

18. Реймерс, Н.Ф. Природопользование: словарь–справочник / Н.Ф. Реймерс. – Москва: Мысль, 1990. – 637 с.

19. Чекаев, Н.П. Агроэкологическая оценка земель: учебное пособие / Н.П. Чекаев, А.Ю. Кузнецов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 215 с.

20. Чекаев, Н.П. Физико–химические свойства почв: учебное пособие / Н.П. Чекаев, А.Н. Арефьев, Е.Е. Кузина, В.Н. Эркаев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 222 с.

21. Экология: охрана природы и экологическая безопасность: учебное пособие / Под ред. В.И. Данилова-Данильяна. – Москва: МНЭПУ, 1997. – 744 с.

22. Экологический мониторинг: учебное пособие / Н.П. Чекаев, А.Н. Арефьев, Ю.В. Блинохватова, А.А. Блинохватов. – Пенза: РИО ПГАУ, 2020. – 201 с.

23. Ярмоненко, С.П. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / С.П. Ярмоненко. – Москва. Высшая школа, 2004. – 549 с.

Николай Петрович Чекаев
Александр Николаевич Арефьев
Юлия Владимировна Блинохватова
Антон Александрович Блинохватов

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

Учебное пособие
для студентов, обучающихся
по направлению 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение

Редактор
Компьютерный набор
Корректор

Н.П. Чекаев
Н.П. Чекаев
Л.А. Артамонова

Подписано в печать
Бумага Гознак Print
Усл. печ. л.

Тираж 50 экз.

Формат 60×84 1/16
Отпечатано на ризографе
Заказ №

РИО ПГАУ
440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30