



издательство

# МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ

Л.Б. МЕТЕЧКО  
А.Е. БЕЛЯВСКИЙ  
С.С. ОГОРОДНИКОВ

НОРМИРОВАНИЕ  
И СНИЖЕНИЕ  
ЗАГРЯЗНЕНИЙ  
ИСКУССТВЕННОЙ  
СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Москва • 2025

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)**

---

**Л.Б. Метечко, А.Е. Белявский, С.С. Огородников**

**НОРМИРОВАНИЕ И СНИЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ  
ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

*Учебное пособие*

Утверждено  
на заседании редсовета  
15 ноября 2024 г.

Москва  
Издательство МАИ  
2025

УДК 658.382:681.3 (071.1)

**Метечко Л.Б., Белявский А.Е., Огородников С.С.** Нормирование и снижение загрязнений искусственной среды обитания: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2025. — 140 с.: ил.

В учебном пособии «Нормирование и снижение загрязнений искусственной среды обитания» представлены основные положения, цели, задачи и перспективы нормирования, стандартизации и механизмов государственного регулирования природоохранной деятельности.

Наряду с классическими основами нормирования, авторами рассмотрены основные принципы и закономерности нового направления естественных наук — биосферики, объектом которой является обеспечение необходимых показателей качества замкнутой искусственной среды обитания для человека в условиях экстремальных факторов окружающей среды, включающих существование вне Земли.

Издание предназначено для студентов Московского авиационного института, обучающихся в рамках направлений «Экология и природопользование» и «Биотехнические системы и технологии», изучающих дисциплины «Нормирование и снижение загрязнений» и «Нормирование показателей качества искусственной среды обитания» с целью формирования современного экологического мышления в наукоемких отраслях авиационного и космического машиностроения.

*Рецензенты:*

кафедра «Общее земледелие и агроэкология» факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова (зав. кафедрой д-р биол. наук, профессор *П.Н. Балабко*);

д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой «Экологическая безопасность технических систем» Московского политехнического университета *Е.Н. Темерева*

ISBN 978-5-4316-1308-1

© Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет), 2025

## Глава 1

# СТРУКТУРА И ПРИНЦИПЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ НОРМИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ

Нормирование антропогенных нагрузок на окружающую среду — одно из важнейших теоретических направлений современной экологии и управления природопользованием. Очевидно, что разнообразные последствия хозяйственной деятельности человека для окружающей среды должны быть ограничены таким образом, чтобы природные (и природно-техногенные) системы могли справляться с этими воздействиями. В этом и состоит основная цель экологического нормирования и его разновидностей. Для выработки оптимальных норм техногенных воздействий необходимо найти границы устойчивости природных и природно-техногенных систем и разработать систему требований (стандартов хозяйственной деятельности) для природопользователей.

Система нормирования в области охраны окружающей среды создавалась для государственного регулирования воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности, ограничение негативных воздействий хозяйственной деятельности на компоненты природной среды и природные комплексы, а также предотвращение экологически неблагоприятных воздействий на человека.

Целью экологического нормирования как научной и управленческой деятельности является определение безопасных пределов вредных воздействий на природные объекты и человека.

### 1.1. ВВЕДЕНИЕ В СТРУКТУРУ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

Сложившаяся сегодня система экологического нормирования включает *стандартизацию, лицензирование* отдельных видов деятель-

ности в области охраны окружающей среды, а также *экологическую сертификацию* (обязательную или добровольную) в целях обеспечения экологически безопасного осуществления любой деятельности (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Экологическое нормирование в общей структуре управления природопользования

Разработка нормативов в области охраны окружающей среды предполагает проведение научных исследований по обоснованию нормативов. Устанавливаемые нормативы должны проходить экспертизу и утверждение и публиковаться.

Кроме того, предполагается осуществление контроля за применением и соблюдением нормативов, а также формирование и ведение единой информационной базы данных нормативов в области охраны окружающей среды.

Важным моментом является также оценка и прогнозирование экологических, социальных, экономических последствий применения нормативов (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Этапы реализации экологического нормирования — от научных исследований до правового обеспечения и утверждения нормативов

В настоящее время система экологического нормирования сформирована как система норм и нормативов Российской Федерации и зафиксирована в официальных документах, в первую очередь в ФЗ «Об охране окружающей среды»<sup>1</sup>.

В экологическом нормировании существуют разные подходы к определению границ устойчивости природных и природно-техногенных систем, к разработке границ допустимых воздействий на компоненты окружающей среды и показатели качества среды с точки зрения поддержания нормальной жизнедеятельности человека и других компонентов окружающей среды.

Практика экологического нормирования позволяет выделить три основных и одно вспомогательное направление развития системы экологического нормирования (рис. 1.3):

- санитарно-гигиеническое нормирование (нормативы качества среды и воздействия на человека);
- производственно-ресурсное нормирование (лимитирование загрязнений и пользования ресурсами);

<sup>1</sup> Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7 от 10.01.2002.

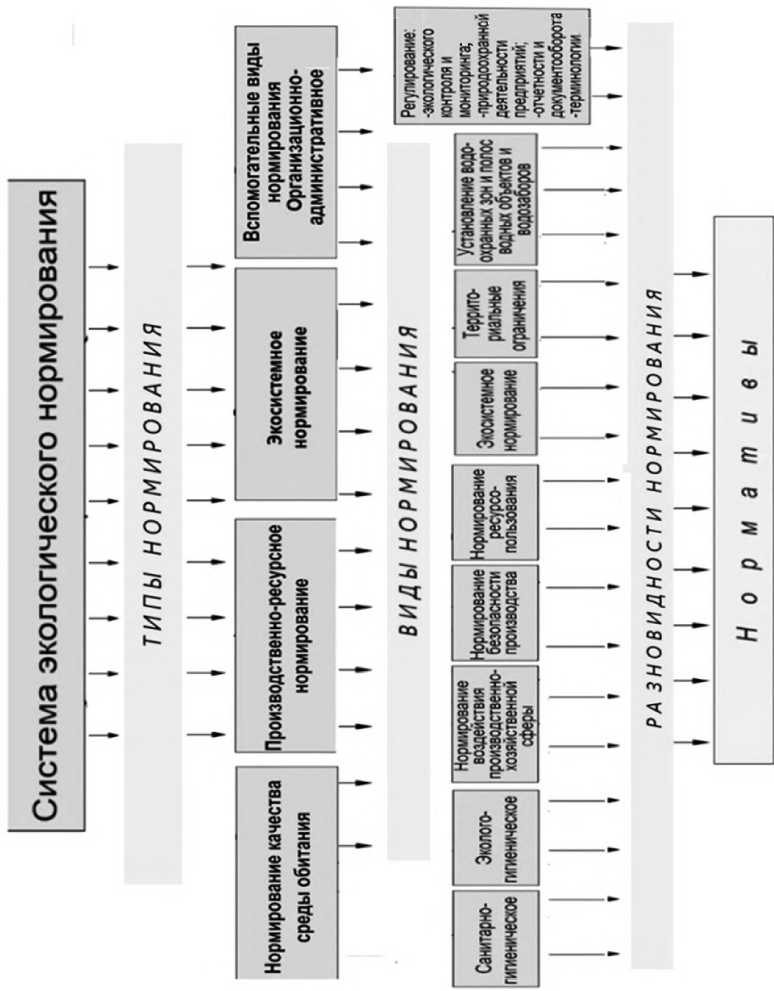


Рис. 1.3. Система экологического нормирования

- экосистемное нормирование (наиболее справедливое и направленное на сохранение естественных экосистем).

## **Санитарно-гигиеническое нормирование (СГН)**

Основной задачей санитарно-гигиенического нормирования является безопасность жизнедеятельности человека и сохранение генетического фонда.

Санитарно-гигиеническое нормирование развивается в рамках токсикологии.

Это наиболее методически продвинутое направление, имеющее многолетнюю историю.

К основному блоку нормирования относится толерантность человека к вредным воздействиям среды.

*А. Химическое воздействие* на человека нормируется через предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в средах и компонентах экосистем.

*В. Физические воздействия* (электромагнитное, радиационное, шумовое, тепловое и т.д.) ограничиваются через предельно допустимые уровни (ПДУ) и дозы (ПДД).

*С. Биологические воздействия* (воздействие патогенных микроорганизмов) ограничиваются через колониеобразующую единицу (КОЕ) (величину, показывающую количество микробных клеток (бактерий, грибов и т.д.) или неклеточных форм жизни (вирусов и вирионов) в образце.

К вторичному блоку нормирования этого направления относится оценка качества окружающей среды и ее компонентов через систему разного рода индексов загрязнения и количественных оценок:

- индексы загрязнения атмосферного воздуха (ИЗВ);
- индексы загрязнения воды ИЗВ;
- индексы загрязнения почв (ИЗП).

К санитарно-гигиеническому нормированию следует отнести разработку норм санитарных зон защиты источников водоснабжения и зеленых зон городов.

Как инновационный вид можно выделить нормирование индивидуального и группового риска при разного рода чрезвычайных ситуациях.

## Производственно-ресурсное нормирование (ПРН)

Производственно-ресурсное направление не только призвано решать проблему производственного загрязнения природной среды промышленными выбросами, сбросами и размещением отходов, но и связано с лимитированием использования природных ресурсов.

Его направленность можно условно разделить на производственное нормирование и ресурсное нормирование.

Первый блок — производственно-технологическое нормирование — призван обеспечивать соблюдение экологических норм, правил и ограничение прямого воздействия на природную среду со стороны предприятий. Основными показателями, лимитирующими вредные воздействия на окружающую среду, являются:

- предельно допустимые выбросы (ПДВ) загрязняющих веществ в воздух;
- предельно допустимые сбросы (ПДС) загрязняющих веществ в воды;
- предельно допустимое размещение отходов (ПДРО) на земле.

Вторая группа вопросов включает проблему рационального использования, охраны и обеспечения условий воспроизводства природных ресурсов.

Последние далеко не всегда рассматриваются в качестве субъекта экологического нормирования. Однако вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов с каждым годом становятся все более востребованными. Это предопределяет необходимость рассмотрения их в общей системе экологического нормирования ЭН.

Основными механизмами здесь выступают *лимитирование, лицензирование, сертификация и паспортизация.*

Контроль рационального использования основных видов ресурсов обеспечивается системой кадастровых оценок, мониторингом и государственной экологической экспертизой. Необходимым условием эффективного управления в области ЭН является дифференцированный по хозяйственной ценности и природоохранной значимости подход к основным видам ресурсов (земля, лес, вода, минеральные ресурсы). В области производственно-ресурсного направления существует большое количество наработок, но их объединение на единых методических принципах экологического нормирования только начинается.

## **Экосистемное нормирование (ЭН)**

Задача экосистемного нормирования заключается в сохранении биоразнообразия, нормальных условий функционирования и развития экосистем.

Экосистемное нормирование является одним из наиболее важных направлений. Его можно рассматривать как определение комплексных показателей устойчивости экосистем и их численных значений, разработку нормативов и регламентов, ограничивающих негативное воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду возможностями экосистем.

Первые шаги практической реализации принципов экосистемного нормирования были осуществлены в процедурах ОВОС крупных проектов.

В будущем именно экосистемное направление должно стать одним из механизмов обеспечения постепенного восстановления природной среды до уровня, гарантирующего экологическую стабильность в процессе перехода РФ к устойчивому развитию.

В настоящее время можно говорить об этапе зарождения этого направления и об обосновании методологической конструкции эгоцентрической концепции нормирования.

Перспективы экосистемного нормирования связаны также с развитием эколого-защитного направления, нацеленного на обоснование комплекса норм и правил организации особо охраняемых природных территорий. Эти вопросы относительно успешно решаются в нашей стране.

ЭН тесно связано с экологическим контролем, которому отводится одно из ведущих мест в системе обеспечения рационального природопользования и охраны окружающей среды. Основными формами экологического контроля выступают экологическая экспертиза, экологический мониторинг, эоаудит. Базой экологического контроля являются нормы и нормативы, разрабатываемые в рамках ЭН, а их соблюдение считается основой оценки деятельности субъекта природопользования.

***Вспомогательные виды нормирования*** (организационно-административное нормирование при осуществлении государственной природоохранной деятельности).

Формирование вспомогательных нормативов необходимо при реализации государственного регулирования природоохранной деятельности, гарантирующей сохранение благоприятной окружающей среды и ограничение негативных воздействий хозяйственной деятельности на компоненты природной среды и природные комплексы, а также предотвращение экологически неблагоприятных воздействий на человека.

Без установления вспомогательных нормативов невозможно формирование структур *стандартизации и контроля, лицензирования и экологической сертификации* при обеспечении экологически безопасного осуществления любой деятельности.

Нормирование с современных позиций рассматривается как научная, правовая, административная и иная деятельность.

Таким образом, акцентируется внимание на соблюдении действующих нормативов и необходимости выработки новых, более жестких «правил взаимодействия» человека с окружающей средой с целью поддержания ее функционального назначения, устойчивых (гармоничных) взаимоотношений человека и окружающей среды.

*Цель экологического нормирования* — переход к управлению природопользованием на основе знания законов функционирования природных систем и организации деятельности без их нарушения.

Детализация структуры и основных механизмов экологического нормирования представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

### Структура и основные механизмы экологического нормирования

Направления экологического нормирования	Основные цели	Разновидности нормирования	Нормативы	Механизмы и критерии
Санитарно-гигиеническое	Безопасность жизнедеятельности человека и сохранение генетического фонда человека	Концентрации, уровни и дозы, вредные воздействия	ПДК, ПДУ, ОДК, ОБУВ	Лимитирование на основе принципа пороговости действия и принципа приемлемого риска
		Критерии качества компонентов ОС	ИЗВ, ИЗА, Зс, ПХЗ	
		Риск (заболеваний, аварий и т.д.)	ПДВ индивидуального и группового риска	Лимитирование на основе концентрации приемлемого риска

Направления экологического нормирования	Основные цели	Разновидности нормирования	Нормативы	Механизмы и критерии
Производственно-ресурсное  Безопасности производства  Рационального использования и охраны природных ресурсов	Экологическая безопасность производственных процессов и конечной продукции	Объемы вредных воздействий и отходы производства и потребления	Лимиты образования и захоронения отходов, ПДРО, ПДВ, ПДС	Лимитирование, лицензирование
		Технологии производства и качества конечной продукции	Декларация безопасности, нормы качества продукции, сертификат, ресурсоемкость	Лицензирование, сертификация, стандартизация, паспортизация, экологизация
	Охрана, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов	Охрана, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов	Изъятие и использование ресурсов (лесных, земельных, водных, недр и т.д.)	Лимитирование, лицензирование
Экосистемное	Сохранение биоразнообразия, нормальных условий функционирования и развития экосистем	Допустимые нагрузки на экосистему, биоценоз, ПТК, элементарный ландшафт	ПДВВ, ПДЭН, ассимиляционная емкость, устойчивость экосистем	Экологические модификации экосистем и ПТК, биоразнообразие, состояние здоровья населения и т.д.
		Концентрации вредных веществ в компонентах экосистем	ПДК	Принцип порогости действия

Под *экологическим нормированием* в широком смысле понимается научно обоснованное ограничение воздействия хозяйственной деятельности на ресурсы биосферы, обеспечивающее экологические потребности общества наряду с его социально-экономическими интересами. Это наиболее общее и простое определение, которое

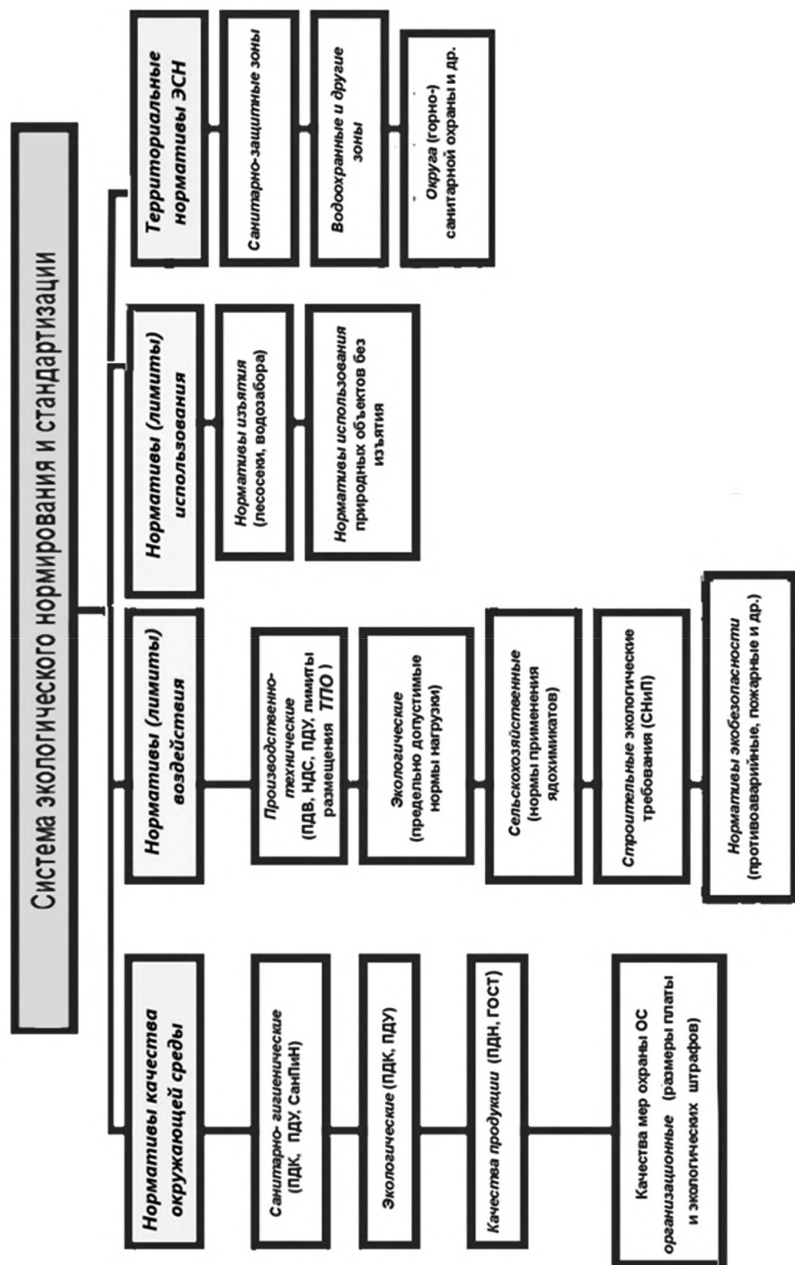


Рис. 1.4. Система природоохранного нормирования и стандартизации

не раскрывает полностью всю многогранность данной дисциплины (рис. 1.4).

## 1.2. ОБЪЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ И ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Объект экологического нормирования — совокупность антропогенных факторов, воздействующих на экосистемы и отдельные их элементы (в том числе природные ресурсы, человека), а также факторов окружающей среды, воздействующих на человека, подлежащих регулированию.

Цель такого регулирования — сохранение систем, которые подвергаются воздействиям:

- природные системы;
- организм человека как система.

Иными словами, поддерживается некоторое «благополучное состояние» природных систем.

*Предмет изучения* экологического нормирования — выявление небезопасных пределов воздействия на экосистемы в процессе природопользования, а также оценка последствий эксплуатации различных природных ресурсов для других компонентов экосистем, включая человека.

*Объектом изучения* экологического нормирования (*как научной и управленческой деятельности*) являются безопасные пределы вредных воздействий на природные объекты.

*Состояние системы* — ее характеристика на определенный момент функционирования. Термином «состояние» характеризуют физиологическое состояние организмов (состояние покоя, активности и др.), термодинамическое (равновесное, неравновесное, стабильное, нестабильное и т.д.) состояние природного объекта в целом или его отдельные свойства (постоянный уровень воды в реке). Состояние системы оценивается с помощью *критериев*.

*Критерий экологического нормирования* — выбранные субъектом оценки свойства (параметры, инварианты<sup>1</sup>) объекта нормирования, для сохранения которых разрабатываются экологические нормативы.

---

<sup>1</sup> Инвариант — неизменное свойство или характеристика объекта (в отличие от переменных параметров).

Система может иметь множество допустимых состояний. Различают единичные, комплексные, косвенные, интегральные и многокритериальные оценки состояния систем.

*Единичные оценки* определяют сопоставлением характеристики системы с некоторым *уровнем* или *нормой*. Как правило, это покомпонентные оценки, определяющие положительную или отрицательную значимость объекта или его свойств. Например, уровень загрязнения воздуха, оцененный по соотношению измеренных концентраций веществ и нормативов их содержания.

*Косвенные оценки* — определение значимости объекта по показателям функциональных и корреляционных взаимосвязей между оцениваемыми свойствами через сопряженные показатели. Например, степень загрязнения водоема может быть оценена по состоянию населяющих его гидробионтов (а не непосредственным измерением содержаний загрязняющих веществ).

*Комплексные или унифицированные оценки* определяют по большому числу критериев с помощью индикаторов или индексов. Например, комплексные индексы загрязнения атмосферы, индексы загрязнения вод, которые позволяют отнести их к одной из категорий качества.

*Интегральные оценки* основаны на объединении в одно целое разнородных характеристик с учетом их вклада в общую оценку (используются весовые коэффициенты). Иногда их называют «критериальные оценки». В качестве примера можно привести классификации ландшафтов по критериям их устойчивости к загрязнениям, засухам или переувлажнению.

*Признак* — некоторая характеристика, присущая объекту (например, переменная, обладающая определенными свойствами). Различаются признаки таксономические (играющие роль при классификации объектов) и диагностические (для распознавания объектов). Признаки бывают качественными, количественными, одномерными, многомерными, непрерывными, дискретными и др.

*Показатель* — «вещественное» выражение критерия, его вербальное или количественное представление.

*Критерий* — мерило оценки; признак, на основании которого производятся оценка, определение или классификация чего-либо.

*Индикатор* — ориентирующий показатель, измеритель, позволяющий установить направление развития процесса.

Индикатор не несет моментального ответа о качестве процесса. В качестве примера можно привести индикаторы устойчивого развития — количественные характеристики, призванные отразить устойчивость развития экономик разных стран.

*Индекс* — показатель, характеризующий в относительном виде изменение величин, параметров, т.е. *количественное выражение полноты достижения цели*. В этом случае само понятие индекса подразумевает возможность оценки позитивности или негативности развития процесса (например, индекс загрязнения атмосферы отражает суммарное превышение нормы концентрации примесей в атмосфере; биржевые индексы — повышения или понижения курсов ценных бумаг).

*Норма* — в общем смысле *мерило*, образец, правило.

*Как видим, практически любые оценки основываются на сопоставлении фактического состояния системы с некоторым принятым ориентиром, или нормой.*

Такое определение нормы предполагает *предел*, выход за который влечет за собой изменение качества. Например, чрезмерное (выше научно обоснованного норматива) изъятие лесных ресурсов (деловой древесины) приводит к изменению всей экосистемы, вплоть до ее полного и необратимого преобразования.

Экологическое нормирование базируется на представлениях о допустимости воздействий на экосистемы и человека и об их состоянии, в частности рассматривается *экологический норматив экосистемы*.

Экосистемный подход к нормированию качества компонентов окружающей среды требует учета природных взаимосвязей между ними, например путей миграции химических элементов, порогов воздействия на биоту и т.д. Так, нормативы содержания биогенов и пестицидов в почвах должны учитывать требования к качеству водных объектов (в том числе подземных), расположенных в пределах сельхозугодий.

Центральная методологическая проблема экологического нормирования — вопрос о *норме экосистем* и соотношении состояний реальных экосистем с представлениями об установленных нормах. При этом рассматриваются понятия *нормы состояния* природной системы и *нормы воздействия*.

*Норма состояния* — это состояние экосистемы, при котором сохраняются ее структура и видовое разнообразие, не меняется режим функционирования. Процессы обмена веществом и энергией протекают с интенсивностями, амплитуда которых обусловлена естественно-исторической фазой развития природного объекта, и он может существовать без заметных изменений неограниченное время. В этом случае норма выражается в виде **функционала состояния системы**, который позволяет охарактеризовать ее состояние с помощью квалитметрической шкалы (таблицы состояния компонентов окружающей среды от «экологического бедствия» до «относительно удовлетворительного состояния»).

*Норма воздействия* — дозволенное антропогенное воздействие, при котором обеспечивается сохранение: структуры и динамических качеств экосистем, устойчивости, видового разнообразия, естественного хода сукцессионных процессов продуктивности; наиболее уязвимых звеньев трофической цепи.

По способу формирования (обоснования) выделяют:

- *статистическую норму* — устанавливается на основании применения статистических расчетов средних и экстремальных величин;
- *теоретическую норму* — определяется исходя из законов распределения вероятности или теоретических соображений;
- *эмпирическую норму* — устанавливается на основе проведения опытов;
- *экспертную норму* — определяется группой (экспертов).

Состояние нормы определяют на основе следующих подходов:

- *как некоторое среднее* значение параметра с учетом возможного отклонения от нормы;
- *как оптимальное* («хорошее») состояние системы;
- *на основе вариативности* (нормы зависят от природных условий).

Установление нормы состояния системы и нормы нагрузки позволяет определить существующие экологические нагрузки.

*Экологическая нагрузка* — такое изменение внешней среды, которое приводит или может приводить к ухудшению качества объекта, т.е. к нежелательным с точки зрения субъекта оценки изменениям в его состоянии.

*Предельно допустимая экологическая нагрузка (ПДЭН)* — максимальная нагрузка, которая еще не вызывает ухудшения качества объекта нормирования.

Непревышение значений ПДЭН по различным направлениям воздействий на природные системы обеспечивается благодаря установлению экологических нормативов, экологической регламентации и мониторингу состояния систем.

*Экологический норматив* — законодательно установленное (т.е. обязательное для объектов управления) ограничение экологических нагрузок. В идеальном случае экологический норматив должен совпадать с ПДЭН. Но поскольку экологический норматив учитывает привходящие обстоятельства (технологическую достижимость, стоимость, социальные издержки и т.п.), эти две категории не совпадают.

*Экологическая регламентация* — установление правил или ограничений воздействия антропогенной деятельности на экосистемы или их отдельные компоненты. Одним из центральных моментов является определение ассимиляционной емкости природных систем.

*Ассимиляционная емкость* — показатель максимальной динамической вместимости количества загрязняющих веществ, которое может быть за единицу времени накоплено, разрушено, трансформировано и выведено за пределы экосистемы без нарушения ее нормальной деятельности.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что понимается под экологическим нормированием?
2. Кратко охарактеризуйте историю экологического нормирования.
3. Какие основные направления экологического нормирования вы знаете?
4. Что является объектом и целью экологического нормирования?
5. Охарактеризуйте место нормирования антропогенных нагрузок в системе управления природопользованием.
6. Какую роль играет экологическое нормирование для стандартизации в области охраны окружающей среды?
7. Каким образом проводится разработка нормативов качества окружающей среды?

## Глава 2

# ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

### 2.1. УТВЕРЖДЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРИРОДООХРАННЫХ СТАНДАРТОВ — ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

Практика создания экологических нормативов предполагает три основных этапа:

- обоснование необходимости норматива;
- научная разработка и обоснование норм и правил;
- придание им статуса норматива.

Первый (законодательный) этап заключается в постановке проблемы. Второй представляет собой собственно этап экологического нормирования, третий этап относится к компетенции технического регулирования и стандартизации. В итоге устанавливаются правила и нормы в виде технических регламентов, стандартов или других нормативных актов с соответствующим правовым статусом.

В соответствии с российским законодательством стандартизация — это установление норм, правил и характеристик в целях обеспечения (с точки зрения экологического нормирования):

- безопасности продукции, работ и услуг для ОС, жизни и здоровья человека и их качества;
- единства измерений, в том числе и экологических параметров;
- экономии всех видов ресурсов;
- безопасности хозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф и других видов чрезвычайных ситуаций.

Нормы, правила и характеристики, установленные в результате стандартизации, могут быть представлены государственными стандартами (ГОСТы, СНиПы — строительные нормы и правила, выпу-

скаемые Госстроем РФ, СанПиНы — санитарные правила и нормы, разрабатываемые Минздравом РФ), отраслевыми стандартами, стандартами предприятий (ОСТы, ПДК) и т.д.

Стандарты входят в систему права и занимают свое место в иерархии правовых актов. ГОСТ выполняет служебную функцию по отношению к законодательству. Он не регулирует экологические отношения, а устанавливает определенные качества, критерии, которым должен соответствовать тот или иной объект.

В то же время ГОСТ, СНИП и СанПиН носят обязательный характер, а также неоднократный в применении. Государственные стандарты гарантируются мерами государственного принуждения. Стандарты бывают экологическими, производственно-хозяйственными и терминологическими.

Система стандартизации в России имеет довольно продолжительную историю. Комитет по стандартизации при Совете Труда и Обороны был организован в 1925 г., после чего происходили различные преобразования и изменения его статуса. С 1991 г. Госстандарт РСФСР определен правопреемником Госстандарта СССР в области стандартизации, метрологии и сертификации на территории Российской Федерации, а затем после ряда преобразований в 2004 г. было организовано Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование).

Первый документ советского правительства в области Стандартизации — декрет СНК РСФСР от 14 сентября 1918 г. «О введении международной метрической системы мер и весов». 15 сентября 1925 г. СНК СССР принял решение о создании Комитета по стандартизации при СТО под председательством В.В. Куйбышева. Комитет 7 мая 1926 г. утвердил первый общесоюзный стандарт, получивший силу государственного закона, — ОСТ-1 «Пшеница. Селекционные сорта зерен. Номенклатура».

К началу 1975 г. в СССР действовало более 20 тыс. ГОСТов, охватывающих важнейшие виды промышленной и сельскохозяйственной продукции, более 6 тыс. республиканских, более 15 тыс. отраслевых стандартов и свыше 100 тыс. технических условий, зарегистрированных в Госстандарте СССР.

Созданы и внедряются межотраслевые системы стандартов общегосударственного значения:

- Единая система конструкторской документации (ЕСКД),
- Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП),
- Единая система классификации и кодирования технико-экономической информации и др.

*Особенно сложное положение сложилось с выработкой экологических и гигиенических нормативов и их внедрением в систему природопользования и здравоохранения.*

## История экологического нормирования в СССР

**1949 г.** - началась разработка нормативов ПДК веществ в атмосфере

**1952 г.** - в Минздраве СССР была создана Комиссия по разработке ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест и норм выбросов в атмосферу. Государственной санитарной инспекцией был утвержден перечень из 40 ПДК атмосферных загрязнений. В настоящее время действуют более 5000 нормативов содержания загрязнителей в атмосферном воздухе.

**1939 г.** - утверждены первые нормы ПДК вредных веществ для питьевой воды. К 1991 г. существовали такие нормативы уже для 1925 веществ. В настоящее время действует около 1500 нормативов содержания веществ в питьевой воде.

**1955 г.** - утверждены нормативы допустимого уровня вибрации.

**1956 г.** - утверждены нормативы допустимого уровня шума.

Эти нормативы первоначально разрабатывались для определения условий вредности труда и впоследствии их стали использовать в отношении всей территории поселений.

**1980 г.** - появились первые нормы ПДК вредных веществ для почв; в настоящее время они установлены для более 100 вредных веществ.

Рис. 2.1. История экологического нормирования в СССР

Это связано с тем, что далеко не всегда в центре внимания при разработке экологических нормативов находились природные экосистемы или их отдельные компоненты. То же можно сказать и о здоровье работников предприятий и жителей территорий, попадающих в зону влияния вредных производства. Чаще в истории стандартизации преобладали производственные интересы.

Весь опыт природопользования указывает на то, что стандартизация и нормирование как его основа являются главными инструментами обеспечения экоэффективности в производстве. История российского экологического нормирования начинается в первую пятилетку после победного завершения Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. (рис. 2.1).

## **2.2. НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ**

Законодательство в области охраны окружающей среды основывается на Конституции РФ и состоит из федеральных законов, а также принимаемых в соответствии с ними иных нормативных правовых актов России, законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации.

Вопросы нормативно-правового обеспечения ЭН напрямую связаны с общей структурой экологического права России. В целом источниками экологического права в нашей стране признаются нормативно-правовые акты, регулирующие экологические отношения, в том числе посредством норм и правил.

К ним относятся законы, указы, постановления, распоряжения, нормативные акты министерств и ведомств и т.д. Наибольшую юридическую силу имеют законы РФ, они составляют основу системы права государства. Указы Президента РФ, постановления и распоряжения Правительства РФ, нормативные акты министерств и ведомств относятся к подзаконным актам и принимаются на основании и во исполнение законов.

Становление и развитие современного экологического права относится к концу 1980-х — началу 1990-х годов. В этот период был принят пакет законов, соответствующих новому социально-экономическому статусу государства и регулирующих деятельность в области охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности населения и рационального использования природных ресурсов. В настоящее время в структуре экологического права более 30 федеральных законов (табл. 2.1).

## Блоки Законов и Кодексов РФ

Системный	Ресурсно-средовый	Экологической безопасности
«Об охране окружающей среды» (2002)	«Об охране атмосферного воздуха» (1999), «О гидрометеорологической службе» (1998)	«О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1999)
«Об экологической экспертизе» (1995)	Водный кодекс (2006), «О плате за пользование водными объектами» (1998), «Об охране озера Байкал» (1999)	«О безопасном обращении с пестицидами и ядохимикатами» (1997)
«Об особо охраняемых природных территориях» (1995), «О техническом регулировании» (2002)	«О континентальном шельфе РФ» (1995), «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне РФ» (1998), «Об исключительной экономической зоне РФ» (1998)	«О ратификации Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалении» (1995), «Об отходах производства и потребления» (1998)
	Земельный кодекс (2001), «О землеустройстве» (2001), «О плате за землю» (1991), «О мелиорации земель» (1996), Градостроительный кодекс (2004), «О недрах» (1992), «О соглашениях о разделе продукции» (1995)	«Об использовании атомной энергии» (1995), «О радиационной безопасности населения» (1996), «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (2011)
	Лесной кодекс (2006)	«О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (1994)
	«О животном мире» (1995), «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» (2004), «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (2009)	«О государственном регулировании в области генно-инженерной деятельности» (1996), «О безопасности гидротехнических сооружений» (1997), «О промышленной безопасности опасных производств» (1997), «Об уничтожении химического оружия» (1997)

**Системный блок** включает главные экологические законы, регулирующие общие вопросы экологической деятельности государства. К ним относятся основной природоохранный закон страны «Об охране окружающей среды», Закон РФ «Об экологической экспертизе», определивший приоритет сохранения природной среды перед хозяйственной деятельностью человека. Закон «Об особо охраняемых природных территориях» регламентирует вопросы правил создания, правового статуса и сохранения природных территорий, принятых государством под особую защиту. Закон РФ «О техническом регулировании» устанавливает порядок технического регулирования и стандартизации в вопросах охраны окружающей среды, жизни или здоровья человека, животных и растений.

**Ресурсно-средовый блок** содержит законы, регламентирующие вопросы охраны и рационального использования природных ресурсов и атмосферного воздуха. К природным ресурсам относятся лес, животный мир, морские биологические ресурсы, вода, земли, почва, а также минерально-сырьевые ресурсы. Нужно отметить, что перечень законов этого блока не ограничивается списком, представленным в табл. 2.1. Их количество больше, и часто конкретный закон регулирует деятельность в области использования не одного, а двух или нескольких природных ресурсов, учитывая их системную связь в биосфере. Более подробный перечень законодательных актов будет приводиться в соответствующих главах учебного пособия.

**Блок законов по экологической безопасности** направлен на регулирование рисков различных видов негативного воздействия на человека и окружающую среду.

Экологические риски могут быть вызваны санитарно-эпидемиологической обстановкой территорий, радиационным воздействием, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера, генно-инженерной деятельностью человека, а также возникают в промышленности, при обращении с отходами, пестицидами и ядохимикатами.

Вполне правомерно отдельным блоком рассматривать ратифицированные международные конвенции, направленные на решение вопросов экологической безопасности, сохранение биоразнообразия

и поддержание благоприятной среды в отдельных регионах нашей планеты в трансграничном контексте.

В настоящее время в нашей стране система стандартизации развивается в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании»<sup>1</sup>.

В связи с реформированием деятельности по стандартизации первоочередное значение приобрели *технические регламенты*.

*Технический регламент* рассматривается в качестве основного и единственного нормативного документа, устанавливающего обязательные требования к продукции, услугам, работам, процессам и другим объектам технического регулирования. По сути дела, технический регламент — новый тип нормативно-правового документа. Принятием этого закона четко обозначена установка на переход в системе нормирования на законодательные нормы прямого действия. Введение обязательных норм переносится с ведомственного уровня на уровень общегосударственной политики, т.е. они будут выходить в виде федеральных законов, а в некоторых случаях — указов Президента.

Таким образом, технический регламент в Законе определяется как документ, который принят международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации, и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (к продукции, в том числе к зданиям, строениям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации). Он должен содержать исчерпывающий перечень требований, которые государство предъявляет к тому или иному виду деятельности.

Технический регламент как обязательный для исполнения документ принимается в целях:

I. защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;

II. охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений.

---

<sup>1</sup> Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ.

В Российской Федерации действуют:

- **общие технические регламенты:** требования обязательны для применения и соблюдения в отношении любых видов продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации; принимаются по вопросам:
  - безопасной эксплуатации и утилизации машин и оборудования;
  - безопасной эксплуатации зданий, строений, сооружений и безопасного использования прилегающих к ним территорий;
  - пожарной безопасности;
  - биологической безопасности;
  - электромагнитной совместимости;
  - экологической безопасности;
  - ядерной и радиационной безопасности;
- **специальные технические регламенты:** требованиями этих документов учитываются технологические и иные особенности отдельных видов продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации. Специальные технические регламенты устанавливают требования только к тем отдельным видам продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, в отношении которых цели, определенные ФЗ «О техническом регулировании» для принятия технических регламентов, не обеспечиваются требованиями общих технических регламентов. Это объекты регулирования, степень риска причинения вреда которыми выше степени риска причинения вреда, учтенной общим техническим регламентом.

Согласно Федеральному закону «О техническом регулировании», не включенные в технические регламенты требования к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, правилам и формам оценки соответствия, правила идентификации, требования к терминологии, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения *не могут носить обязательный характер* (п. 3 ст. 7).

*Технический регламент*, принимаемый федеральным законом или постановлением Правительства РФ, вступает в силу не ранее чем через шесть месяцев со дня его официального опубликования (согласно

п. 10 ст. 7 ФЗ «О техническом регулировании»), поскольку принятию регламента предшествует процедура обсуждения его проекта с учетом информирования и доступа всех заинтересованных лиц в установленные законом сроки.

***В исключительных случаях Президент РФ вправе издать технический регламент без его публичного обсуждения*** (п. 1 ст. 10):

- при возникновении обстоятельств, приводящих к непосредственной угрозе жизни или здоровью граждан, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений;
- в случаях, если для обеспечения безопасности продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации необходимо незамедлительное принятие соответствующего нормативного правового акта о техническом регламенте.

В законе обозначено, что до принятия технических регламентов, определяющих тот или иной вид деятельности, нормативно-правовой статус сохраняют существующие в настоящий момент государственные стандарты.

Первые ГОСТы в СССР появились в 1925 году — они регламентировали в основном промышленную деятельность. За прошедшие 90 лет сформировалась система государственных стандартов. Пока эта система стандартов, в том числе и в области охраны окружающей среды, в полной мере сохраняет свое значение (см. приложение 1).

В настоящее время нормы, правила и характеристики представлены в основном в виде следующих нормативно-правовых категорий:

- ГОСТ — межгосударственный стандарт;
- ГОСТ Р — национальный стандарт;
- СНиП — строительные нормы и правила, выпускаемыми Госстроем РФ;
- СанПиН — государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы, разрабатываемые Минздравом РФ;
- ГН — гигиенические нормативы, разрабатываемые Минздравом РФ;
- ОСТ — отраслевые стандарты (ОСТ), разрабатываемые соответствующими Министерствами;

- СТП — стандарты предприятий, разрабатываются самими предприятиями и т.д.

Стандарты входят в систему права и занимают свое место в иерархии правовых актов.

ГОСТ, СНИП, СанПиН, СП, ГН носят обязательный характер применения и гарантируются мерами государственного принуждения. Они являются обязательными для исполнения всеми физическими и юридическими лицами на всей территории Российской Федерации.

*В Большой советской энциклопедии под термином «стандарт» (от англ. standard — норма, образец, мерило) понимается образец, эталон, принимаемый за исходный для сопоставления с ним других объектов, или нормативно-технический документ по стандартизации, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации и утвержденный компетентным органом.*

Стандарт может быть разработан на материально-технические предметы (продукцию, эталоны, образцы веществ), нормы, правила, требования организационно-методического и общетехнического характера. Стандарт распространяется на все сферы человеческой деятельности: науку, технику, промышленное и сельскохозяйственное производство, строительство,

Кроме того, в России действуют международные стандарты. Их применение обязательно для всех предприятий, вне зависимости от их подчинения, во всех отраслях народного хозяйства.

Также действуют *технические условия (ТУ)* на конкретные типы, марки, артикулы продукции.

Все стандарты подлежат систематическому пересмотру и обновлению в соответствии с последними достижениями науки, техники, производства.

В зависимости *от назначения* выделяют следующие группы стандартов (рис. 2.2).

Нормы и правила природопользования регламентируются и другими видами нормативных документов. В области ЭН это могут быть инструкции, правила, положения, прошедшие регистрацию в Министерстве юстиции РФ. Экологические нормы и правила, не зарегистрированные в Минюсте РФ, не имеют нормативно-правового статуса и не относятся к документам, обязательным для исполнения.



Рис. 2.2. Виды стандартов по назначению

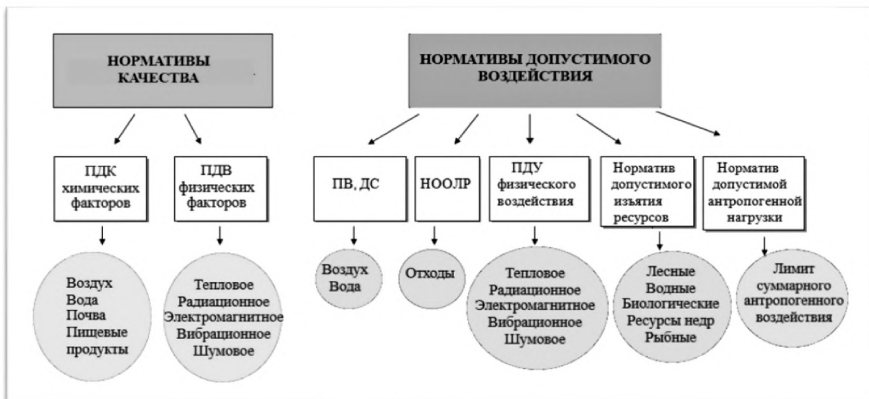


Рис. 2.3. Структура нормативов в соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» и их практическая реализация

В перспективе в соответствии с требованиями Закона «О техническом регулировании» вся система нормирования, включая эко-

логическое, должна полностью перестроиться и сосредоточиться в технических регламентах, содержащих исчерпывающий перечень требований к тому или иному виду деятельности. Базовым модулем нормирования становится не отдельный документ, а регламент на вид деятельности, своего рода полный свод норм и правил.

В основном природоохранном законе нашей страны — Законе РФ «Об охране окружающей среды» — экологическому нормированию отведен самостоятельный раздел (раздел V «Нормирование в области охраны окружающей среды»). В нем выделяется два вида экологических нормативов (рис. 2.3): нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на окружающую среду.

Нормативы качества окружающей среды устанавливаются для оценки состояния окружающей среды в целях сохранения естественных экологических систем, генетического фонда растений, животных и других организмов. В соответствии с Законом к ним относятся:

- нормативы, установленные в соответствии с химическими показателями состояния окружающей среды, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ, включая радиоактивные вещества;
- нормативы, установленные в соответствии с физическими показателями состояния окружающей среды, в том числе с показателями уровней радиоактивности и тепла;
- нормативы, установленные в соответствии с биологическими показателями состояния окружающей среды, в том числе видов и групп растений, животных и других организмов, используемых как индикаторы;
- нормативы допустимого воздействия применяются в целях предотвращения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности человека на окружающую среду. Они включают:
  - нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов;
  - нормативы образования отходов производства и потребления и лимиты на их размещение;
  - нормативы допустимых физических воздействий (количество тепла, уровня шума, вибрации ионизирующего излучения,

напряженности электромагнитных полей и иных физических воздействий);

- нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды;
- нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Существенным элементом нормативно-правового обеспечения экологического нормирования в РФ являются техническое регулирование и стандартизация, т.е. разработка регламентов и стандартов, включающих ГОСТы, ОСТы, СанПиНы, СНИПы и т.д., более полно охарактеризованные выше.

Обсуждая вопрос нормативно-правового обеспечения экологического нормирования, необходимо подчеркнуть роль международных природоохранных актов, представленных системой конвенций, соглашений, протоколов и т.д., затрагивающих в той или иной мере практически все основные вопросы охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности в масштабах биосферы или крупных регионов Земли. По отношению к российскому законодательству международная норма является приоритетной и после ратификации Федеральным Собранием РФ вступает в силу взамен национальной.

### **2.3. СТАНДАРТИЗАЦИЯ: ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

Порядок разработки и утверждения стандартов устанавливается ГОСТ 1.2–68. Детальная информация о системе стандартизации, государственных органах в области стандартизации, метрологии и сертификации, а также обо всех изменениях в стандартах федерального уровня содержится на сайте Госстандарта РФ.

*Стандартизация* рассматривается как процесс установления и применения стандартов. Определение стандартизации, данное Международной организацией по стандартизации (МОС; ИСО), звучит следующим образом: «*Стандартизация — установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определённой области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности, для достижения всеобщей оптимальной экономии при соблюдении функциональных условий и требований техники безопасности*».

**Объекты стандартизации** — конкретная продукция, нормы, требования, методы, термины, обозначения и т.д., имеющие перспективу многократного применения, используемые в науке, технике, промышленном и сельскохозяйственном производстве, строительстве, транспорте, культуре, здравоохранении и других сферах народного хозяйства, а также в международной торговле.

### **Основные задачи стандартизации**

К основным задачам стандартизации относят:

1) установление требований к техническому уровню и качеству продукции, сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, а также норм, требований и методов в области проектирования и производства продукции, позволяющих обеспечить оптимальное качество и ликвидировать нерациональное многообразие видов, марок и типоразмеров;

2) развитие унификации и агрегатирования промышленной продукции как важнейшего условия специализации производства, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, повышения уровня взаимозаменяемости, эффективности эксплуатации и ремонта изделий;

3) обеспечение единства и достоверности измерений в стране, создание и совершенствование государственных эталонов единиц физических величин, а также методов и средств измерений высшей точности; установление унифицированных систем документации, систем классификации и кодирования технико-экономической информации;

4) установление единых терминов и обозначений в важнейших областях науки, техники, в отраслях народного хозяйства;

5) установление системы стандартов безопасности труда;

6) установление систем стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов;

7) создание благоприятных условий для внешнеторговых, культурных и научно-технических связей.

К *экологическим составляющим стандартизации* относят **повышение:**

- уровня безопасности жизни или здоровья граждан;
- экологической безопасности;

- безопасности жизни или здоровья животных и растений;
- рационального использования ресурсов.

**Стандартизация** осуществляется на основе *принципов*:

- добровольного применения стандартов;
- максимального учета при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц;
- применения международного стандарта как основы разработки национального стандарта, за исключением случаев, если такое применение признано невозможным вследствие несоответствия требований международных стандартов климатическим и географическим особенностям РФ либо РФ в соответствии с установленными процедурами выступала против принятия международного стандарта или отдельного его положения;
- недопустимости создания препятствий производству и обращению продукции, выполнению работ и оказанию услуг в большей степени, чем это минимально необходимо для целей, указанных в ст. 11 ФЗ «Об охране окружающей среды».

#### **2.4. РАСШИФРОВКА ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ**

В российском классификаторе ГОСТов природоохранным стандартам (рис. 2.4) выделен раздел 17 «Охрана природы», который состоит из десяти (0–9) комплексов:

- 0 — организационно-методический;
- 1 — охрана и рациональное использование вод;
- 2 — защита атмосферы;
- 3 — охрана и рациональное использование биологических ресурсов;
- 4 — охрана и рациональное использование почв;
- 5 — улучшение использования земель;
- 6 — охрана флоры;
- 7 — охрана фауны;
- 8 — охрана и преобразование ландшафтов;
- 9 — охрана и рациональное использование недр.

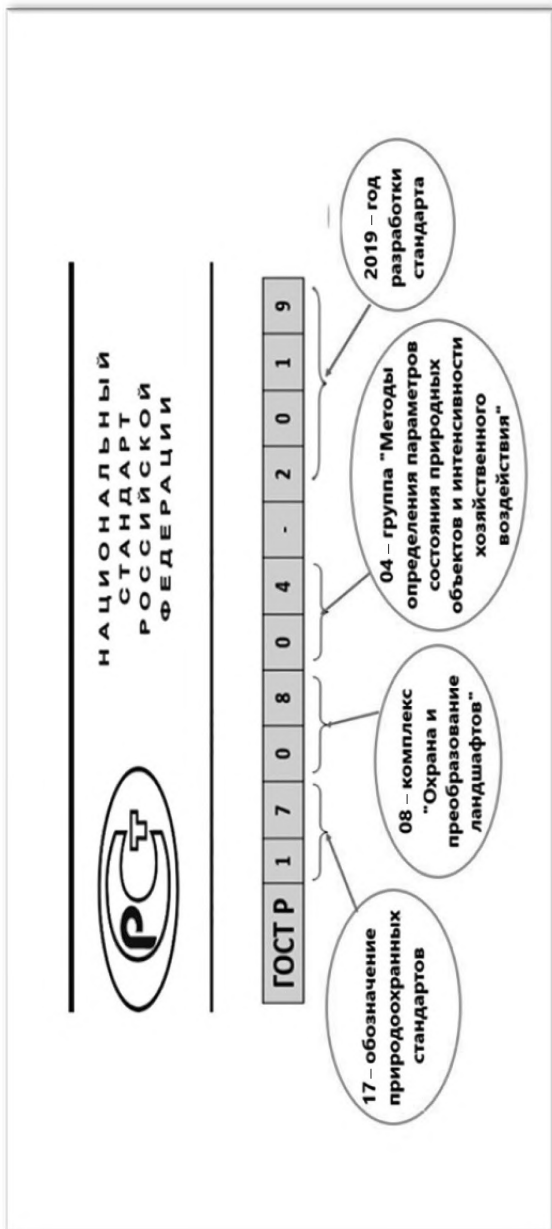


Рис. 2.4. Пример обозначения природоохранного стандарта

Внутри комплексов выделяются группы (в номенклатуре стандартов — третье число):

0 — основные положения;

1 — термины, определения, классификации;

2 — показатели качества природной среды, параметры загрязнения и показатели интенсивности использования ресурсов;

3 — правила охраны природы и рационального природопользования;

4 — методы определения параметров состояния природных объектов и интенсивности хозяйственного воздействия;

5 — требования к средствам контроля и измерениям окружающей среды;

6 — требования к устройству аппаратуры и сооружений по защите окружающей среды от загрязнения;

7 — прочие стандарты.

Четвертое число в номенклатуре обозначает номер стандарта в данной группе комплекса.

Последнее число в названии стандарта — год разработки стандарта (см. рис. 2.4).

## **2.5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МАРКИРОВКА**

Помимо государственных стандартов Российской Федерации, активно развивается экологическая маркировка товаров, услуг, производства по инициативе от производителей — природопользователей. Это связано с тем, что в последние десятилетия экологичность продукции стала одним из важнейших конкурентных преимуществ как на внутреннем, так и на международном рынке.

Экологическая стандартизация — активно развивающееся направление нормативно-правового регулирования в области охраны окружающей среды и природопользования. Одним из мероприятий стандартизации в области экологии является экологическая маркировка. Экологическая маркировка является механизмом информирования об экологических особенностях продукции, процессов ее производства и использования. Образцы экомаркировки представлены на рис. 2.5.

## Примеры экологической маркировки

Экомаркировка, говорящая об экологичности продукции в целом, учитывающая весь жизненный цикл ее производства



1



2

Российские экомаркировки:

1 – EcoMaterial. Компания EcoStandard на базе естественных факультетов МГУ им. М.В. Ломоносова.

2 – Листок жизни – Санкт-Петербургский экологический союз.



3



4



5



6



7



8

Наиболее известные экомаркировки в мире:

3 – Северный лебедь – Финляндия, Швеция, Дания, Норвегия.

4 – Цветок ЕС – Страны Евросоюза.

5 – Голубой ангел – Германия.

6 – Экознак – Япония.

7 – Зеленый знак – США.

8 – Экологический выбор – Канада.

Большинство программ экомаркировки объединены во Всемирную организацию экологической маркировки (The Global Ecolabelling Network, GEN)

Рис. 2.5. Образцы экологической маркировки

## 2.6. СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ ОРГАНОВ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ВЛАСТИ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

В структуре органов федеральной власти в области экологического нормирования выделяются три основных уровня (рис. 2.6): Президент, законодательная (Совет Федерации и Государственная дума) и исполнительная (Правительство РФ, министерства, федеральные службы и агентства в пределах своей компетенции) власти. Совет Федерации и Государственная дума занимаются законотворческой деятельностью, разрабатывая законы, и в целом определяют политику государства в области экологии.

В задачи федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды входит мониторинг атмосферного воздуха и водных объектов, осуществляемый на специальных постах общероссийской государственной сети мониторинга и контроля (ОГСМК),

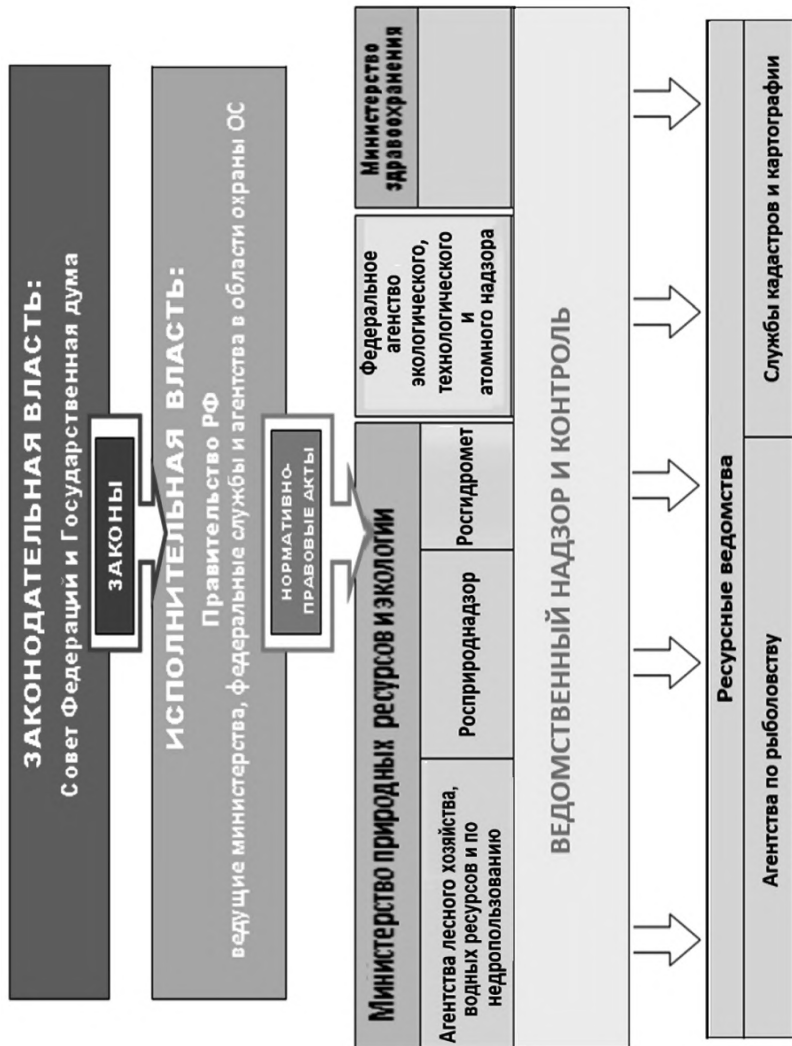


Рис. 2.6. Структуры и функции органов федеральной власти в экологическом нормировании

а также сбор данных по загрязнению окружающей среды, получаемых в результате деятельности предприятий, осуществляющих лицензируемые Федеральной службой работы в области гидрометеорологии.

Деятельность Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) в области ЭН направлена прежде всего на обеспечение контроля за состоянием окружающей природной среды, формирование информационных ресурсов о состоянии окружающей среды и ее загрязнении, а также на информационное обеспечение расчета нагрузок на природную среду.

Все вопросы безопасности в настоящее время переданы Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, подчиняющейся Правительству РФ. Служба занимается проблемами ограничения техногенного воздействия, а также обеспечением промышленной и атомной безопасности.

Ответственность за санитарно-эпидемиологическое благополучие населения лежит на Министерстве здравоохранения и социального развития в лице Роспотребнадзора, который контролирует санитарно-эпидемиологическую обстановку. Минздрав занимается установлением санитарно-гигиенических ПДК в воде, атмосферном воздухе, почве, продуктах питания и таким образом практически полностью контролирует санитарно-гигиеническое ЭН.

## **2.7. ПРАКТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ — ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Экологическое проектирование можно рассматривать как одно из направлений экологического нормирования, целью которого является экологическое сопровождение хозяйственной деятельности человека.

В природоохранном праве РФ предусматривается создание целого ряда обязательных экологических проектов или разделов в составе рабочих проектов, ориентированных на оценку воздействия рассматриваемого вида хозяйственной деятельности на окружающую среду (ОВОС), регулирование снижения уровня воздействия промышленных предприятий (раздел ПМООС, проекты СЗЗ, ПДВ, НДС, НООЛР, декларация ПБ), восстановление окружающей среды (проект рекультивации). Все они направлены на улучшение и совер-

шенствование системы охраны окружающей среды и оптимизацию природопользования.

При составлении любого экологического проекта необходимым условием является не только безусловное соблюдение российского законодательства, но и учет многих нюансов, заявленных в разделе ПМОС (перечень мероприятий по охране окружающей среды и сопровождению конкретной деятельности).

В последние годы наблюдается тенденция к ужесточению требований и увеличения штрафов в соответствии с Кодексом об административных правонарушениях РФ по отношению к природопользователю. Это ведет к тому, что иногда именно от проектировщика в значительной мере зависит будущее финансовое состояние предприятия, что подчеркивает значимость экологического проектирования на современном этапе развития общества.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите нормативно-правовые источники ЭН.
2. Каковы основные механизмы и принципы экологического нормирования?
3. Какова структура и функции органов федеральной власти в области экологического нормирования?
4. Какова роль экологического нормирования в экологическом проектировании?

## Глава 3

# САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ ПОДХОД НОРМИРОВАНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Санитарно-гигиеническое нормирование, как уже отмечалось выше, имеет длительную историю, начиная с первой половины XX века. Методически это наиболее разработанное направление экологического нормирования.

Его формирование вызвано развитием экотоксикологии, позволившим создать огромный банк данных экспериментально-биологических исследований. В целом основная задача санитарно-гигиенического направления сводится к обеспечению безопасности жизнедеятельности человека и сохранению его генетического фонда.

В рамках гигиенического нормирования можно выделить:

- нормирование концентраций, уровней и доз вредных воздействий на человека, показателями которых выступают ПДК вредных веществ и ПДУ физических воздействий;
- нормирование качества компонентов окружающей среды посредством различного рода индексов, коэффициентов и т.д.;
- нормирование риска аварий, опасных природных процессов, заболеваний и других неблагоприятных явлений в жизни общества.

### 3.1. ВИДЫ ВРЕДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Из курса экологии мы знаем классификацию антропогенных воздействий на окружающую среду и организм человека (рис. 3.1).

В развивающейся системе ЭН при анализе негативного влияния хозяйственной деятельности на окружающую среду и человека рассматривается три из них:

- химическое;
- физическое;
- биологическое.

**Химическим воздействием** будем называть изменение естественных химических свойств среды, выходящее за пределы природных колебаний содержания тех или иных химических ингредиентов (см. рис. 3.1). Выделяют загрязнения неорганическими, органическими химическими соединениями (химическое загрязнение) и аэрозолями (физико-химическое загрязнение). На территориях, испытывающих значительный антропогенный пресс, часто отмечается комплексное загрязнение окружающей среды как органическими, так и неорганическими веществами, в том числе ксенобиотиками (веществами, полученными в результате искусственного синтеза) — чужеродными для организма соединениями, не встречающимися в естественных условиях.

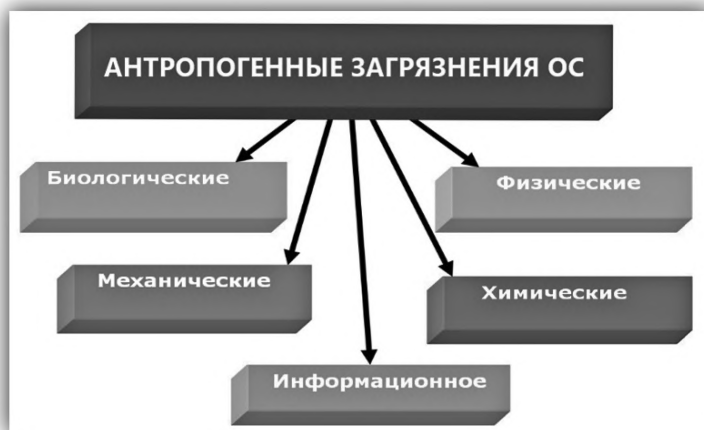


Рис. 3.1. Классификация антропогенных воздействий (загрязнений)

Опасность для живых организмов несут все загрязняющие вещества. Даже самые полезные вещества могут принести гибель живому. Однако особое внимание заслуживают загрязняющие вещества, обладающие токсичными и канцерогенными свойствами, как особо опасные. Такие вещества получили название «ксенобиотики».

*Ксенобиотики* (от греч. ξένος — чуждый и βίος — жизнь) — условная категория для обозначения чужеродных для живых организмов токсичных химических веществ, не входящих в биотический круговорот.

Ксенобиотики — вещества, чужеродные живым организмам и не участвующие в трофических цепях. Как правило, повышение кон-

центрации ксенобиотиков в окружающей среде прямо или косвенно связано с хозяйственной деятельностью человека.

**Физическое воздействие** (загрязнение) связано с изменением физических параметров среды — температурных, энергетических, волновых и радиационных характеристик, оказывающих негативное воздействие на человека и окружающую среду. Выделяют несколько видов физических воздействий. *Радиоактивное* — превышение естественного уровня активности радионуклидов; *радиационное* — воздействие ионизирующих излучений; *световое* — нарушение естественной освещенности местности при наличии искусственных источников света; *тепловое* — повышение температуры среды в связи с выбросами и сбросами теплых газов и вод; *шумовое* — превышение естественного уровня шума и ненормальное изменение звуковых характеристик (периодичности, силы звука и т.д.); *электромагнитное* — изменение электромагнитных свойств среды вследствие работы техногенных систем; *вибрационное* — воздействие сложных колебательных процессов с широким диапазоном частот, возникающее при передаче переменного давления от какого-либо технического источника.

**Биологическим загрязнением** называется привнесение в окружающую среду и размножение в ней нежелательных для человека организмов, в том числе чуждых данным сообществам и устройствам. Выделяют собственно биологическое загрязнение (интродукция чужеродных экосистеме организмов), микробиологическое (привнесение в среду микроорганизмов) и биотическое (распространение определенных нежелательных биогенных веществ — выделений, мертвых тел и т.д.).

Конечная цель экологического нормирования как комплексного направления — разработка и апробация научно обоснованных критериев и норм предельно допустимых воздействий, охватывающих весь спектр перечисленных выше видов и разновидностей вредных воздействий во всех их возможных проявлениях.

### **3.2. НОРМИРОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ**

К основным нормированным показателям количества вредных веществ, допустимых с точки зрения безопасности человека, относятся:

- 1) ПДК (предельно допустимая концентрация);

- 2) ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень воздействия);
- 3) ОДК (ориентировочное допустимое количество);
- 4) ОДУ (ориентировочный допустимый уровень).

Последние три — *временные характеристики*, подменяющие предельно допустимую концентрацию загрязняющего вещества до ее установления (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Гигиенические нормативы

Существует несколько видов ПДК загрязняющих веществ в разных компонентах среды:

- в атмосферном воздухе;
- в воде природных и искусственных водоемов;
- в почве.

Для оценки воздействий на человека существуют гигиенические ПДК (нормы), которые устанавливаются на вредные вещества в пищевых продуктах.

Кроме того, существуют ПДК вредных веществ в организме человека, которые представляют собой уровень вредного вещества (или продуктов его превращения) в организме (в крови, моче и др.) или уровень биологического ответа наиболее поражаемой системы организма. Например, снижение гемоглобина, при котором непосредственно в процессе воздействия или в отдельные периоды жизни

настоящего и последующего поколений не возникает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, устанавливаемых современными методами исследований.

Данное определение не распространяется на радионуклиды и биологические вещества, представленные сложными биологическими комплексами, а также на бактерии и микроорганизмы.

*Временные нормативы* на содержание загрязняющих веществ имеют следующие обозначения:

- ОБУВ — для атмосферного воздуха и водоемов рыбохозяйственного назначения;
- ОДК — в почве;
- ОДУ — в воде хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения.

Несмотря на разнородность (различное физическое и химическое состояние) перечисленных сред, при разработке ПДК используются единые принципы, которые можно сформулировать следующим образом:

- 1) в основу разработки закладывается только биологический принцип (в данном случае — воздействие на человека или гидробионтов);
- 2) используются экспериментальные и натурные исследования, результаты которых гармонизируются;
- 3) в основу положена трехкоординатная система «доза — время — эффект» с нахождением вероятностных количественных порогов вредного действия;
- 4) из всего комплекса первичных, вторичных и опосредованных эффектов выделяется лимитирующий;
- 5) нормирование осуществляется с учетом предполагаемой физиологической адаптации человека.

По характеру воздействия на организм человека вредные химические вещества могут вызывать следующие эффекты (рис. 3.3):

- 1) токсические — ядовитость, т.е. способность вещества оказывать вредное действие на организм;
- 2) раздражающие — проявляющиеся в раздражающем воздействии на те или иные органы человека;
- 3) сенсibiliзирующие (аллергические) — вредная для организма чрезмерная иммунная реакция на вещества (аллергены), которые, как правило, нетоксичны;

- 4) канцерогенные — вызывающие злокачественные новообразования;
- 5) мутагенные — оказывающие влияние на наследственность через скачкообразное, спонтанное и ненаправленное изменение наследственности;
- 6) эффекты, влияющие на репродуктивную функцию человека;
- 7) тератогенные — ведущие к возникновению пороков развития и уродств у потомства человека, животных, растений.

<b>Загрязняющие вещества по характеру их воздействия на организм человека</b>		
<b>Группа веществ</b>	<b>Воздействие на организм</b>	<b>Вещества</b>
общетоксичные	отравление всего организма	CO, Pb, Hg, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , хлорсодержащие
раздражающие	раздражение дыхательного тракта, кожи, глаз	NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, фосген
сенсibilизирующие	аллергические реакции организма	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O, соединения Hg
канцерогенные	злокачественные опухоли	Б(а)П, асбест, мазут, масла
мутагенные	изменения наследственной информации	Mn, Pb, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O, ROOR, наркотики
вещества, влияющие на репродуктивную функцию (воспроизведение потомства)		C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , Pb, Mn, никотин, наркотики

Рис. 3.3. Загрязняющие вещества и характер их воздействия на организм человека

Проникновение химических веществ в организм человека осуществляется через:

- органы дыхания;
- желудочно-кишечный тракт;
- кожные покровы и слизистые оболочки.

В современном нормировании при установлении допустимых концентраций вредных веществ используют *принцип пороговости действия* или *принцип приемлемого риска*.

*Принцип пороговости действия* — выявление минимальной концентрации вредного вещества, вызывающей интоксикацию организма, —

является основой гигиенического нормирования. На нем построена система оценки результатов экспериментально-биологических исследований.

*Принцип приемлемого риска* используется в беспороговой модели для оценки мутагенного и канцерогенного действия с отдаленными последствиями, когда невозможно установить количественную связь между силой действия и эффектом в связи с отсутствием экспериментальных данных. В этом случае определение риска основано на вероятностном подходе. Данный принцип используется также при нормировании экологических рисков.

В целом же экологические нормативы должны лежать за пределами действующих доз, т.е. основой, по мере возможности, должен служить *принцип порогвости*.

Исследованием механизмов и, главное, последствий химического, физического и биологического воздействия на живые организмы, прежде всего на человека, занимается экотоксикология.

*Экологическая токсикология* — наука о потенциальной опасности вредного воздействия веществ на живые организмы и экосистемы, о реакциях живых существ на контакт с химическими агентами. Она относится к разделу медицины о физических, химических свойствах ядов и их действии на живые организмы, а также о средствах предупреждения и лечения отравлений.

Исследуя проблемы вредного воздействия химических веществ на организм человека, необходимо помнить, что еще в эпоху Возрождения врач и естествоиспытатель Парацельс (1493–1541) писал: «Все есть яд, и ничто не лишено ядовитости».

Иными словами, одно и то же вещество может быть ядом, лекарством и необходимым для жизни средством. Все зависит от **концентраций**, вмещающих сред и условий взаимодействия с живыми организмами. Применительно к экологии, в частности к экологическому нормированию, необходимо четко представлять, при каких условиях обычное химическое вещество в окружающей среде переходит в категорию *загрязняющего (вредного)*.

### **Способы проникновения вредных веществ в организм**

Прямое вредное воздействие загрязняющего химического вещества возможно лишь в случае его попадания в организм. Известно не-

сколько путей проникновения вредных веществ в организм человека и животных (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Пути проникновения загрязняющих веществ в организм человека

1. *Пероральный путь* подразумевает поступление химических веществ через желудочно-кишечный тракт с пищей и водой. Они всасываются в кровь из ротовой полости (особенно это характерно для фенолов и цианидов) или из желудочно-пищеварительного тракта. В желудке резорбции (т.е. всасыванию) вещества активно способствует желудочный сок.

2. *Ингаляционный путь* — поступление через дыхательные органы. Динамика поступления в организм этим путем определяется агрегатным состоянием вредного вещества, которое может находиться в пыли, тумане, дыме или в составе газовой фазы. Это наиболее быстрый путь проникновения в организм, что обусловлено огромной площадью поверхности легочных альвеол (до 100–120 м<sup>2</sup>) и непрерывным током крови по легочным капиллярам. Активность проникновения вещества в кровь зависит от его растворимости.

Осаждение аэрозолей в дыхательных путях человека обусловлено величиной частиц:

а) крупные частицы (диаметром более 10 мкм) чаще осаждаются в носоглотке;

б) дисперсные (2–10 мкм) остаются в верхних дыхательных путях;  
в) тонкодисперсные (менее 2 мкм) попадают в альвеолярную область.

3. *Перкутанный путь* — поступление вредных веществ через кожу (площадь поверхности кожи человека — 2 м<sup>2</sup>), в основном через сальные железы, устья протоков потовых желез, через волосяные фолликулы. Особенно активно проникают под кожу вещества с высокой степенью растворимости в жирах.

Преобладающий путь поступления вредного вещества в организм зависит от его химических свойств и агрегатного состояния:

- для газообразных веществ основной путь — ингаляционный;
- для твердых — пероральный и ингаляционный;
- для жидких — пероральный и перкутанный.

Поэтому можно рекомендовать соответствующие способы защиты человека от вредных химических веществ в зависимости от их свойств и состояния, что входит в задачи активно развивающейся в последнее время *экологической токсикологии*.

### 3.3. ОСНОВНЫЕ ТОКСИКОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

При рассмотрении методологии разработки ПДК вредных веществ нам необходимо познакомиться с некоторыми токсикометрическими характеристиками и параметрами, используемыми для количественной оценки токсичности веществ (рис. 3.5).

***Степень токсичности*** — это абсолютное количество или доза поллютанта, вызывающие определенный биологический эффект, те или иные патологические изменения.

***Уровень дозы*** — доза за единицу времени.

Неблагоприятный эффект воздействия вредного вещества может проявляться в форме *гибели* или *функциональных изменений организма*.

В случае *гибели* — для оценки используют понятие «*летальная доза*».

При *функциональных изменениях* — для оценки используют понятие «*действующие дозы и концентрации*», которые вызывают признаки интоксикации организма, а также «*пороговые*» и «*недействующие*» величины. В связи с этим ниже даются определения некоторых из них.

## Основные токсикометрические параметры

<u>Экспериментальные</u>	<u>Производные</u>
Смертельные дозы и концентрации $LD_{50}, LD_{84}, LD_{15}$ и $LC_{50}, LC_{84}, LC_{15}$	Зона смертельного действия $Z_1 = LD_{84} / LD_{15}$ или $Z_1 = LC_{84} / LC_{15}$
Коэффициент межвидовой чувствительности $КВЧ$	
Порог острого действия $Lim_{ac}$	Зона острого действия $Z_{ac} = LC_{50} / Lim_{ac}$
Порог избирательного действия $Lim_{ac\ sp}$	Зона специфического действия $Z_{sp} = Lim_{ac} / Lim_{ac\ sp}$
Порог хронического действия $Lim_{ch}$	Зона хронического действия $Z_{sp} = Lim_{ac} / Lim_{ch}$
Коэффициент кумуляции $К_{cum}$	
Порог отдаленных эффектов $Lim_{ch\ sp}$	Зона биологического действия $Z_{b.ef} = LC_{50} / Lim_{ch}$
Безопасные уровни воздействия <b>ОБУВ, ПДК, МДК</b>	Коэффициент запаса $K_s = Lim_{ch} / ПДК$

Рис. 3.5. Основные токсикометрические параметры

**Пороговая доза** (порог однократного действия) — это наименьшее количество вещества, вызывающее при однократном воздействии такие изменения в организме, которые обнаруживаются с помощью специальных биохимических или физиологических тестов при отсутствии внешних признаков отравления.

**Недействующая доза** — это максимальное количество вещества, не приводящее к каким-либо изменениям в организме.

**Токсическая несмертельная доза** (ЕД) вызывает видимые проявления отравления без летального исхода.

**Токсическая смертельная (летальная) доза** (ЛД) или концентрация ЛС (ЛК) вызывает отравления, заканчивающиеся гибелью организма.

В практике экотоксикологии используют три количественные оценки:

- $ЛД_{min}$  ( $ЛК_{min}$ ) — гибель отдельных особей;
- $ЛД_{100}$  ( $ЛК_{100}$ ) — гибель всех особей;
- $ЛД_{50}$  ( $ЛК_{50}$ ) — гибель 50% особей.

В экспериментально-биологических исследованиях применяют два основных подхода.

Первый — *кратковременное воздействие*, которое приводит к *острым отравлениям*.

При длительном эксперименте используют понятие *хронического отравления*, т.е. заболевания, развивающегося в результате систематического воздействия таких доз вредного вещества, которые при однократном поступлении в организм не вызывают отравления.

Отсюда вытекает два значения пороговых концентраций: для однократного ( $C_{\min \text{ остр}}$ ) и хронического ( $C_{\min \text{ хрон}}$ ) воздействий.

Таким образом, все перечисленные выше параметры характеризуют токсичность вещества.

### Токсикометрические величины угрозы отравления

Рассмотрим ряд токсикометрических величин, определяющих вероятность угрозы отравления. Они используются при установлении класса опасности вредных веществ (рис. 3.6).

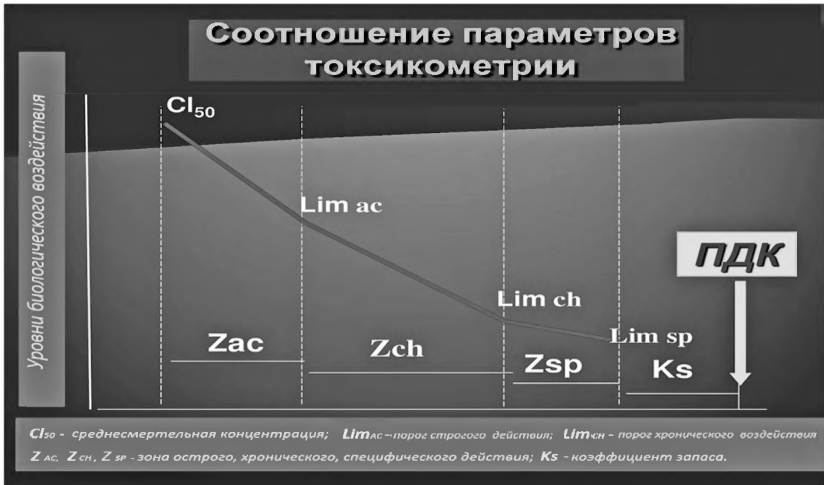


Рис. 3.6. Соотношение параметров токсикометрии

**Зона однократного острого действия** — диапазон концентраций вредного вещества между средней летальной дозой и пороговой концентрацией для однократного воздействия:

$$Z_{AC} = \frac{LD_{50}}{C_{\min \text{ остр}}} . \quad (3.1)$$

При этом чем меньше диапазон между смертельной и пороговой концентрациями, т.е. чем меньше значение  $Z_{AC}$ , тем токсичнее вещество.

**Зона хронического действия** — диапазон между пороговыми концентрациями для однократного и хронического воздействия:

$$Z_{CH} = \frac{C_{\min \text{ остр}}}{C_{\min \text{ хрон}}} , \quad (3.2)$$

где  $Z_{CH}$  — зона хронического действия;  $C_{\min \text{ остр}}$  — порог острого действия;  $C_{\min \text{ хрон}}$  — порог хронического действия.

Чем шире эта зона (чем больше значение  $Z_{CH}$ ), тем выше опасность, поскольку возрастает угроза накопления вещества в организме.

Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО) представляет собой отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20 °С к средней смертельной концентрации для мышей (рис. 3.7):

$$\text{КВИО} = \frac{C_{\max}}{LD_{50}} , \quad (3.3)$$

где  $C_{\max}$  — максимально достижимая концентрация вредного вещества в воздухе при 20 °С;  $LD_{50}$  — средняя смертельная концентрация для мышей.



Рис. 3.7. Коэффициент возможного ингаляционного отравления

Высокое значение коэффициента указывает на способность вещества создавать токсичные концентрации.

Коэффициент кумуляции  $K_k$  характеризует степень накопления данного вещества в организме человека (рис. 3.8) и представляет собой отношение суммарной дозы, полученной организмом при многократном введении среднесмертельной дозы вещества, к той же величине, но при однократном введении:

$$K_k = \frac{\sum_{i=1}^N \text{ЛД}_{50}}{\text{ЛД}_{50}}. \quad (3.4)$$

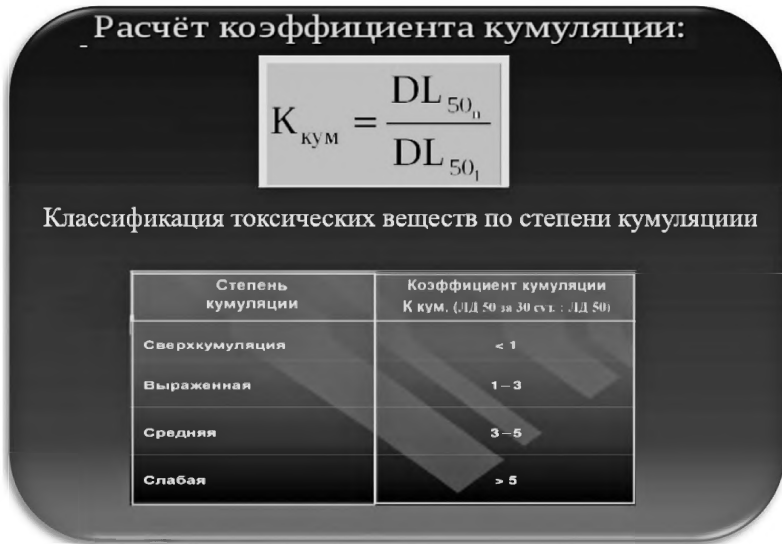


Рис. 3.8. Коэффициент кумуляции и классификация ЗВ по степени кумуляции

Естественно, что с увеличением коэффициента возрастает опасность вещества.

### Классы опасности вредных веществ

Необходимо отметить, что все вредные вещества, в зависимости от степени их негативного влияния, относятся к тому или иному классу опасности. Однако одно и то же вещество может иметь разный класс в зависимости от вмещающей его среды (почва, вода, атмосферный

воздух, сырье, продукты питания и т.д.), что обусловлено его физико-химическими свойствами, определяющими проявление вредных эффектов.

Приведем классификацию и изложим общие принципы установления класса опасности веществ, находящихся в сырье, продуктах, полупродуктах и отходах производства, т.е. в материальных результатах хозяйственной деятельности человека.

Такой подход регламентирован ГОСТ 12.1.007–76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»<sup>1</sup>. В соответствии с ним по степени воздействия на организм выделяют четыре класса опасности вредных веществ (табл. 3.1):

- 1-й класс — вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й класс — вещества высокоопасные;
- 3-й класс — вещества умеренно опасные;
- 4-й класс — вещества малоопасные.

Таблица 3.1

**Классы опасности вредных веществ**

Показатели	Нормы для классов опасности			
	1 класс	2 класс	3 класс	4 класс
Классы опасности				
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	<0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	>10,0
Средняя смертельная доза, мг/кг: при введении в желудок при нанесении на кожу	<15	15–150	151–5000	>5000
	<100	100–500	501–2500	>2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	<500	500–5000	5001–50 000	>50 000
Коэффициент возможного ингаляционного отравления (КВИО)	>300	300–30	29–3	<3
Зона острого действия	<6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	>54,0
Зона хронического действия	>10	10–5,0	4,9–2,5	<2,5

Отнесение вредного вещества к тому или иному классу проводится по показателю, значение которого соответствует наиболее неблагоприятному классу опасности.

<sup>1</sup> ГОСТ 12.1.007–76. Дата введения: 01.01.1977. Разработан и внесен Министерством химической промышленности СССР. Разработчики: М.И. Буковский, Н.И. Крикунов, И.В. Саночкин, К.К. Сидоров, Г.П. Саверский.

## **Комбинированное и комплексное воздействие химических веществ на организм**

Многообразие химических веществ, встречающихся в окружающей среде, предопределяет возможность комбинированного действия поллютантов на организм человека или животного.

Например, в присутствии метана с помощью микроорганизмов происходит метилирование ртути, что резко увеличивает ее токсичность. Соли тяжелых металлов, а также активный хлор образуют комплексные соединения с гумусовыми веществами.

В первом случае образуются металлофульваты, более токсичные, чем исходные вещества. Но особенно опасен синтез хлорфульватов, характеризующихся канцерогенным действием. Напротив, в водной среде в присутствии органических соединений тяжелые металлы образуют комплексные органические соединения, что снижает их токсичность.

Принимая во внимание перечисленные выше эффекты, для оценки уровня загрязнения объектов окружающей среды перспективно использование комплексных гигиенических нормативов — интегральных величин с учетом всех вредных веществ в среде.

Однако в силу несовершенства методики при разработке подобных нормативов возникают серьезные трудности. Одна из них заключается в необходимости создания современной экспериментальной базы с возможностью проведения большого количества дорогостоящих опытов на животных и дальнейшей экстраполяцией результатов на человека.

В настоящее время у нас есть возможность надежной количественной оценки совместного воздействия лишь отдельных (как правило, не более двух) загрязняющих веществ.

### **Комплексное воздействие вредных веществ на организм**

Таким образом, можно выделить комбинированное и комплексное действие вредных веществ на организм.

К основным видам *комбинированного действия* относят:

1. *Аддитивность (суммирование)*, когда суммарный эффект смеси равен сумме эффектов действующих компонентов (*A* и *B*) и его можно оценить по зависимости

$$\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B = 1. \quad (3.5)$$

2. *Синергизм* (сверхсуммирование или потенцирование), когда наблюдается непропорциональное усиление эффектов:

$$\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B > 1. \quad (3.6)$$

3. *Антагонизм или ингибирование*, т.е. снижение воздействия одного или обоих веществ в результате их взаимодействия:

$$\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B < 1. \quad (3.7)$$

4. *Независимое* действие веществ не отличается от изолированного действия каждого яда, и преобладает эффект наиболее токсичного вещества:

$$A = 1; B = 1. \quad (3.8)$$

Последний вариант действия веществ — наиболее общий и часто встречающийся на практике. Все остальные относятся к частным случаям независимого действия.

В качестве примера аддитивности можно привести воздействие раздражающих газов на организм человека (хотя для некоторых газов существует вероятность потенцирования) или наркотическое действие смеси углеводородов.

Потенцирование отмечено при совместном действии бутилакрилата и метилакрилата. Пример независимого действия — смесь бензолов и раздражающих газов.

При воздействии тяжелых металлов может проявляться эффект как суммирования, так и антагонизма.

На практике эффект суммации учитывается посредством оценки концентрации через нормирование по веществу, относящемуся к наиболее неблагоприятному классу опасности:

$$C_{\text{пр}} = C_1 + C_2 \frac{\text{ПДК}_2}{\text{ПДК}_1} + \dots + C_n \frac{\text{ПДК}_n}{\text{ПДК}_1}, \quad (3.9)$$

где  $C_{\text{пр}}$  — приведенная концентрация вещества, характеризующая всю группу загрязняющих веществ, действующих по принципу суммации.

Эффект полной суммации воздействия вредных веществ учитывается также посредством расчета коэффициента действия:

$$K_{\text{д}} = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n}, \quad (3.10)$$

тогда при  $K_{\text{д}} > n$

$$C_i = \frac{\text{ПДК}_i}{K_{\text{КД}}}, \quad (3.11)$$

т.е. величина ПДК при изолированном действии уменьшается пропорционально отношению коэффициента КД к числу веществ  $n$ .

Комплексное действие проявляется в том случае, когда проникновение одного и того же вещества в организм человека происходит разными способами.

Например, поступление вредного вещества может осуществляться одновременно пероральным и ингаляционным путями. В практике нормирования это указывает на необходимость оценки удельного значения каждого фактора внешней среды в общей максимально допустимой дозе.

Для оценки комплексного действия химических веществ рекомендуется использовать формулу суммационного эффекта

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} < 1, \quad (3.12)$$

где  $C$  — концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе, воде, продуктах питания соответственно;  $\text{ПДК}_{\text{атм}}$ ,  $\text{ПДК}_{\text{в}}$ ,  $\text{ПДК}_{\text{пищ}}$  — предельно допустимая концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе, воде, продуктах питания соответственно.

### **Практика разработки ПДК: критерии необходимости и методы**

Химические вещества, внедряемые в хозяйственную деятельность, подлежат обязательной токсикологической оценке и гигиеническому регламентированию. Объем сведений, необходимых для этого, зависит от физико-химических свойств вещества, степени его токсичности и опасности, масштабов производства, числа контактирующих с ним людей, актуальности для экономики страны, распространенности

и ряда других показателей, имеющих значение для оценки возможности влияния вещества на здоровье человека.

В практике санитарно-гигиенического нормирования используется дифференцированный подход к выявлению необходимости установления нормативов и достаточности объема получаемой для этого информации.

Обоснование выбора вещества для выполнения гигиенического нормирования состоит из четырех этапов.

I. На первом этапе осуществляется сбор информации, необходимой и достаточной для решения вопроса о целесообразности проведения исследований по установлению гигиенических нормативов. Информация включает данные об объемах производства и применении веществ, характеристику физико-химических свойств, токсикологические показатели.

II. На втором этапе на основе анализа имеющихся данных определяются вещества, не нуждающиеся в разработке гигиенических нормативов в соответствии с обозначенными критериями: объемами производства и направлениями использования, физико-химическими свойствами и др.

III. На третьем этапе намечаются очередность и объем работ, необходимых для ускоренной оценки нормативов без проведения дорогостоящих токсиколого-гигиенических исследований. Это целесообразно для малоопасных неустойчивых соединений, с уже установленными нормативами или при наличии экспериментально обоснованных ПДК (особо оговариваются критерии ускоренного нормирования химических соединений, которые могут быть опасны по канцерогенному и мутагенному действию).

IV. На четвертом этапе принимается решение о разработке гигиенических нормативов для наименее изученных веществ, представляющих экологическую опасность, на основе проведения полного комплекса принятых токсиколого-гигиенических исследований.

На практике методы установления ПДК развиваются по двум основным направлениям:

1) **экспериментально-биологическое направление**, базирующееся на изучении развития стадий интоксикации организма;

2) **расчетно-экспериментальное направление**, в котором обоснование установления норматива основывается на принципах корреляционных зависимостей между биологическим действием веществ и их физико-химическими свойствами.

Основным прямым методом разработки предельно допустимых концентраций вредных веществ является лабораторно-токсикологический эксперимент. При экспериментальной оценке ПДК решающее значение имеют результаты токсикологических исследований на подопытных животных: крысах, мышах, морских свинках, кроликах, собаках и др.

Экспериментальные исследования по своим целям делятся на три вида:

- *острые* — время воздействия не превышает нескольких дней;
- *подострые* — время достигает одного месяца;
- *хронические* — время затравки составляет 5–6 месяцев.

Пути введения веществ в организм выбираются исходя из реальных свойств тестируемого вредного вещества. Опыты ориентированы на выявление зависимости *время—доза—эффект*.

*В методах экспериментального обоснования ПДК решающее значение имеют результаты хронических опытов не менее чем на двух животных. Исключение составляет лишь установление максимальных разовых концентраций в воздухе, что прodelывается на основе острых экспериментов.*

По результатам хронических экспериментов устанавливаются пороговые концентрации. Переход от них к ПДК осуществляется через коэффициент запаса, на который делится пороговое значение.

Реально коэффициент запаса может меняться от 3 до 20 в зависимости от характера вредного вещества, путей поступления его в организм и результатов экспериментов.

Величина коэффициента увеличивается с ростом абсолютной токсичности, значения КВИО (коэффициента возможности ингаляционного отравления), кумулятивных свойств, а также с уменьшением зоны острого действия, при значительных различиях в видовой чувствительности и выраженном кожно-резорбтивном действии.

Определение значений параметров острой, подострой и хронической токсичности осуществляется в соответствии с методическими

инструкциями, в которых регламентируются порядок и условия проведения экспериментов.

*Методы расчетно-экспериментального направления сейчас активно внедряются в практику экотоксикологии. Это обусловлено прежде всего высокой стоимостью установления и обоснования ПДК, что связано, в частности, с длительностью экспериментов.*

Ежегодно в мире синтезируются от 10 до 25 тысяч новых соединений. Очевидно, что нереально обосновать ПДК для каждого из веществ. Эти доводы подчеркивают актуальность развития расчетно-экспериментального направления.

Широко используются методы интерполяции и экстраполяции. Применение расчетно-экспериментального подхода направлено на обоснование ОДК, ОДУ и ОБУВ.

В практике ЭН ориентировочные величины устанавливаются на этапе разработки ПДК на определенный срок:

- в атмосферном воздухе — на два года;
- в воде — на три года.

Разработка ПДК вредных веществ сопряжена с проблемами методического характера, которые в известной степени снижают достоверность результатов и иногда приводят к занижению или завышению (что значительно реже) нормативных значений.

В первом случае это ведет к экономическим потерям, обусловленным необходимостью соблюдения заниженных норм или принципиальной невозможностью их обеспечения в реальных условиях в силу более высоких фоновых значений, во втором — к риску негативного воздействия на человека.

Выделим и другую не менее существенную проблему — отдаленные последствия вредных воздействий, прогноз которых далеко не всегда может быть достаточно достоверным, даже по результатам хронических экспериментов.

В связи с этим в качестве основных задач в области разработки и обоснования ПДК выделяются:

- 1) совершенствование расчетных методов с целью использования результатов острых опытов для прогноза хронической токсичности;
- 2) разработка надежных методов исследования отдаленных последствий воздействия вредных веществ на человека;

3) совершенствование способов экстраполяции данных с животных на человека;

4) предложение более совершенных методик определения коэффициента запаса — величины шага от минимально действующей концентрации до ПДК;

5) обоснование методологии краткосрочных экспериментов;

6) развитие методов моделирования интоксикации, приближающих экспериментальные условия к натурным.

В целом же требования к гигиеническому нормированию отвечают основным принципам экологического нормирования — это соответствие полученных данных современному научно-методическому уровню, наличие доступного химико-аналитического метода определения вещества с необходимым порогом обнаружения, подготовка технических регламентов и их принятие.

### **3.4. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ В РОССИИ**

*Санитарно-гигиенические нормативы* — это качественно-количественные показатели, соблюдение которых гарантирует безопасные или оптимальные условия существования человека.

В связи с высокой социальной значимостью охраны здоровья человека санитарно-гигиеническое нормирование в нашей стране было разработано и внедрено в практику управления природопользованием раньше других направлений нормирования.

Методологическая база гигиенического нормирования в настоящее время является наиболее теоретически обоснованной, методически проработанной и организационно оформленной.

*Гигиеническое нормирование* — установление пределов интенсивности и продолжительности воздействия на организм человека факторов окружающей среды с целью предотвращения повреждения органов и систем человека и развития заболеваний.

В отличие от гигиенического, санитарно-эпидемиологическое нормирование определяет еще и правоприменительную практику гигиенических нормативов, их экспертизу, учет, контроль применения, а также контроль за разработкой этих нормативов.

*Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование* направлено на разработку научно обоснованных критериев обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, безопасности среды обитания человека для его здоровья. Основная задача государственного санитарно-эпидемиологического нормирования — установление санитарно-эпидемиологических требований, обеспечивающих безопасность для здоровья человека среды его обитания (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Компоненты государственного санитарно-эпидемиологического нормирования

Эти требования закреплены в нормативных правовых актах — правилах, содержащих:

- гигиенические и противоэпидемические требования по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения, профилактики заболеваний, благоприятных условий проживания, труда, быта, отдыха, обучения и питания, а также по сохранению и укреплению его здоровья;
- оптимальные и предельно допустимые уровни влияния на организм человека факторов среды его обитания;
- максимально или минимально допустимое количественное и (или) качественное значение показателя, характеризующего

с позиций безопасности и (или) безвредности для здоровья человека факторы среды его обитания.

К настоящему времени система государственного санитарно-эпидемиологического нормирования России четко оформлена и включает следующие основные направления: от научных исследований, стандартизации процессов и обозначений до регистрации и юридического обоснования.

От санитарно-гигиенических нормативов зависит не только здоровье населения страны, предупреждение эпидемий и пандемий опасных заболеваний, но и численность, долголетие и качество жизни всех возрастных групп населения.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Охарактеризуйте основные направления экологического нормирования.

2. Какие виды экологических нормативов относятся к направлению производственно-ресурсного нормирования?

3. Какие виды экологических нормативов относятся к направлению экосистемного нормирования?

4. Какие виды экологических нормативов относятся к направлению санитарно-гигиенического нормирования?

5. Каковы различия между санитарно-гигиеническим и экологическим направлениями нормирования?

## Глава 4

# МЕХАНИЗМЫ И ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

### 4.1. ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

К основным механизмам и принципам экологического нормирования (рис. 4.1) следует отнести:

- лимитирование;
- паспортизацию;
- лицензирование;
- сертификацию.



Рис. 4.1. Механизмы и принципы экологического нормирования

**Лимитирование** — деятельность по установлению пределов вредного (химического, физического, биологического и др.) воздействия на окружающую среду и человека или ограничений на эксплуатацию природных ресурсов.

Это важнейший механизм экологического нормирования во всех направлениях экологического нормирования. На принципе лимитирования построена система ПДК вредных веществ и ее производных, ПДУ физических воздействий, ограничений воздействия производственно-хозяйственной деятельности человека и эксплуатации природных ресурсов.

Оно ориентировано прежде всего на ограничение воздействия производственных процессов на окружающую среду. Основными нормативами, регулирующими уровень воздействий, выступают предельно допустимые выбросы (ПДВ), нормативы допустимых сбросов (НДС), нормативы образования и размещения отходов (НООЛР).

Нужно отметить, что в закон «Об охране окружающей среды» введено понятие технологических нормативов допустимых выбросов и сбросов, под которыми понимаются допустимые массы выбросов и сбросов веществ в окружающую среду в расчете на единицу выпускаемой продукции.

Лимитирование как механизм ограничения включает также систему общих, региональных, отраслевых и производственных норм природопользования. Для водных ресурсов это лимиты водоотведения и водопотребления, нормы истощения и изъятия воды, размеры водоохраных зон. В области использования лесных ресурсов базовыми выступают нормы возраста рубок и воспроизводства лесов, нормы лесосеки и пр. В большинстве отраслей промышленности применяются нормы ресурсоемкости.

**Лицензированием** именуют мероприятия, связанные с выдачей лицензии (или заключением договора), переоформлением документов, подтверждающих наличие лицензий, приостановлением и аннулированием лицензий и надзором за соблюдением лицензиатами соответствующих требований и условий.

Лицензия — разрешение (право) на осуществление лицензируемого вида деятельности при обязательном соблюдении лицензионных требований и условий, выданное лицензирующим органом юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю.

Лицензионные требования и условия — совокупность установленных нормативными правовыми актами требований и условий, выполнение которых лицензиатом обязательно при осуществлении лицензируемого вида деятельности.

В целях контроля деятельности предприятия и обеспечения качества выпускаемой продукции *лицензирование* осуществляется по двум основным направлениям: лицензирование производственной деятельности и лицензирование выпуска определенных видов продукции.

В первом случае в лицензии должны оговариваться, помимо производственных и технологических вопросов, условия и уровень воздействия на окружающую среду, а также перечень природоохранных мероприятий, направленных на минимизацию экологического ущерба.

Во втором случае лицензирование призвано обеспечить качество конечной продукции. Лицензирование проводится в соответствии с российским законодательством уполномоченными на то органами исполнительной власти. Особое место занимает лицензирование деятельности в области обращения с отходами. Изменения в законодательстве, регулирующие этот вопрос, часто касаются предприятий, которые не осуществляют этот вид деятельности как специальный.

Необходимость лицензирования (заключение договора на природопользование) выражается в том, чтобы регулировать те виды деятельности, реализация которых может повлечь за собой нанесение вреда правам, законным интересам, нравственности и здоровью граждан, обороне страны и безопасности государства и, таким образом, повлечь за собой нанесение ущерба окружающей природной среде, рациональному природопользованию и ухудшить условия жизни людей.

Лицензирование (договорные отношения) упорядочивает процесс эксплуатации ресурсов, регламентируя экологические требования к их охране и воспроизводству, и ставит использование ресурсов под контроль государства. Именно поэтому лицензирование следует отнести к одному из механизмов экологического нормирования, выполняющему две важнейшие функции:

- *превентивную* — посредством установления в лицензии (договоре) норм использования природных ресурсов, пределов химических, физических и биологических воздействий, других экологически

значимых условий осуществления деятельности на основе данных о масштабах и видах деятельности;

- *контрольную*, которая выражается в осуществлении контроля деятельности природопользователя государственным уполномоченным органом.

В настоящее время происходит сокращение видов деятельности, обязательных для лицензирования, и замена лицензий договорами, решениями и другими документами, закрепляющими права на использование того или иного природного ресурса. Это приводит к расширению самого понятия лицензирования как механизма экологического нормирования.

Сюда мы относим договоры, регистрационные документы и т.д., которые содержат права на использование или производство и обязанности по рациональному использованию и охране природных ресурсов и окружающей среды. Кроме того, разрешения (на выбросы, сбросы, захоронение отходов), лесорубочные билеты и др. — своего рода кратковременные лицензии, позволяющие осуществлять экологический контроль за деятельностью природопользователей.

По сути дела, лицензии как таковые сохранились только на выпуск некоторых видов продукции или осуществление производственной деятельности (в том числе эксплуатацию химически опасных производственных объектов), на сбор, использование, обезвреживание и размещение отходов I–IV классов опасности, на хранение и уничтожение химического оружия, на разведку и добычу полезных ископаемых, а также в области гидрометеорологии и смежных с ней дисциплин для целей мониторинга окружающей среды.

**Паспортизация** — составление экологических (природоохранных) паспортов (реестров, кадастров) на отдельные объекты, единицы ресурсов, отходы, источники выбросов, системы очистки с целью оптимизации их использования, установления уровня воздействия на окружающую среду и контроля соблюдения природоохранных норм и правил.

*Паспортизация* предприятий развивается в двух направлениях. В 1990 г. на предприятиях были введены экологические паспорта, которые в настоящее время заменены экологическим паспортом природопользователя (ГОСТ Р 17.0.0.06–2000 «Охрана природы.

Экологический паспорт природопользователя. Основные положения. Типовые формы»). В соответствии с данным стандартом экологическим паспортом называется документ, содержащий информацию об уровне использования природопользователем ресурсов (природных, вторичных и др.) и степени воздействия его производства на окружающую природную среду, а также сведения о разрешениях на право природопользования, нормативах воздействия и размерах платежей за загрязнение окружающей среды и использование природных ресурсов.

Паспорт служит информационной базой для разработки нормативов предельно допустимых выбросов (сбросов), лимитов размещения отходов, для заполнения форм государственной статистической отчетности типа 2-ТП (воздух), 2-ТП (водхоз), 2-ТП (токсичные отходы) и др., а также для расчета платы за загрязнение окружающей природной среды, установления налоговых льгот и других целей. В нем отражены общие сведения о предприятии, используемом сырье, приводятся описание технологических схем выработки основных видов продукции, схемы очистки сточных вод и газозвоздушных смесей, их характеристики после очистки.

В паспорте отражены данные о твердых отходах, а также сведения о наличии в стране и в мире технологий, обеспечивающих достижение наилучших удельных показателей охраны природы для данного вида производства.

ГОСТ носит рекомендательный характер и имеет смысл в первую очередь для крупных предприятий как комплекс документов, охватывающий все виды природопользования, но требует постоянной актуализации.

Экологический паспорт представляет систему данных, выраженных через группу стандартизованных показателей, которые отражают уровень использования природных и других ресурсов и степень воздействия на основные компоненты природной среды — атмосферу, гидросферу, литосферу.

В качестве механизма паспортизации природных ресурсов следует рассматривать составление реестров или кадастров, а также балансов и схем их использования и охраны.

В задачи паспортизации входит инвентаризация источников выбросов, мест размещения отходов и их паспортизация, т.е. выявление всех источников негативного влияния и установление предельно допустимого воздействия промышленных объектов, иной хозяйственной деятельности, технологий, продукции на окружающую среду с учетом ее фонового состояния. Поэтому паспортизацию можно рассматривать в качестве механизма экологического нормирования.

### *Декларация промышленной безопасности*

Для опасных производств в соответствии с экологическим законодательством РФ разрабатывается *декларация промышленной безопасности*, которая содержит всестороннюю оценку риска и связанной с ним экологической угрозы, анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий.

К опасным производственным объектам относятся предприятия, на которых производятся, используются, уничтожаются, хранятся опасные вещества — воспламеняющиеся, окисляющиеся, горючие, взрывчатые и токсичные.

Кроме того, к опасным объектам относятся те, где применяются некоторые виды опасных технологических процессов и работ (получение расплавов металлов, некоторые виды горных работ) или оборудования (оборудование, работающее под давлением и при высоких температурах, грузоподъемные механизмы, эскалаторы, фуникулеры и т.д.).

Для производств, характеризующихся использованием или производством опасных веществ, установлены их предельные количества, которые могут размещаться на территории предприятия. Превышение этого норматива служит основанием для обязательной разработки декларации промышленной безопасности. Разрабатывается декларация безопасности в составе проектной документации.

**Сертификация** — деятельность по подтверждению соответствия сертифицируемого объекта предъявляемым к нему экологическим требованиям. В данном случае под экологическими понимаются требования, установленные в законодательных и иных нормативных актах в области природопользования и охраны окружающей среды.

*Сертификация* в системе ЭН безопасности производственной деятельности включает два основных направления: сертификацию

производства, технологических процессов и сертификацию конечной продукции.

*Сертификация производств и технологических процессов* ориентирована на подтверждение соответствия объектов или процессов природоохранным требованиям. В Российской Федерации этот вид сертификации только начинает развиваться, а основным ориентиром является опыт проведения подобных мероприятий в странах ЕС на основе стандартов серии ISO 9000.

*Сертификация продукции* у нас в стране и за рубежом имеет более длительную историю и ориентирована на гарантию качества соответствующего изделия и его экологическую безопасность. В настоящее время в российской системе сертификации предусматривается два вида деятельности: собственно сертификация и принятие декларации соответствия как добровольной меры, гарантирующей качество произведенной продукции.

С позиций экологического нормирования сертификация выполняет следующие функции:

- установление требований и норм к сертифицируемой продукции с учетом лучших мировых аналогов;
- внедрение экологически безопасных технологических процессов и оборудования;
- создание условий для организации производств, отвечающих современным экологическим требованиям.

В соответствии с Законом РФ «О техническом регулировании» в рамках заявленного здесь направления рассматриваются сертификация и декларирование соответствия. Декларация о соответствии и сертификат соответствия имеют равную юридическую силу.

*Сертификация* — форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров. При этом выдается сертификат соответствия.

*Декларирование соответствия* — форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов. Документ, подтверждающий соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов называется декларацией о соответствии.

*Сертификация, или подтверждение соответствия, на территории Российской Федерации может носить добровольный или обязательный характер.*

- *Добровольная сертификация* (подтверждение соответствия) осуществляется в форме добровольной сертификации. Она проводится по инициативе заявителя и может осуществляться для установления соответствия национальным и международным стандартам, стандартам организаций, сводам правил, системам добровольной сертификации, условиям договоров. Объектами добровольного подтверждения соответствия являются продукция, процессы производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работы и услуги и т.д., в отношении которых стандартами, системами добровольной сертификации и договорами устанавливаются требования. В части, касающейся охраны окружающей среды, это в первую очередь ISO 9001 и ISO 14001.

- *Обязательная сертификация* (подтверждение соответствия) осуществляется в формах принятия декларации о соответствии и обязательной сертификации. Обязательное подтверждение соответствия проводится только в случаях, установленных соответствующим техническим регламентом, и исключительно на соответствие требованиям технического регламента. Объектом обязательного подтверждения соответствия может быть только продукция, выпускаемая в обращение на территории Российской Федерации.

- *Декларирование соответствия* осуществляется по одной из следующих схем:

- принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств;
- принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств и доказательств, полученных с участием органа по сертификации или аккредитованной испытательной лаборатории.

Объектом обязательной сертификации может быть, как и в случае подтверждения соответствия, только продукция, выпускаемая в обращение на территории Российской Федерации.

- *Обязательная сертификация* — это форма государственного контроля за безопасностью продукции. Она осуществляется органом по сертификации на основании договора с заявителем. Схемы сертификации

для определенных видов продукции устанавливаются соответствующим техническим регламентом. Соответствие продукции требованиям технических регламентов подтверждается сертификатом соответствия, выдаваемым заявителю органом по сертификации.

В последнее время активно развиваются паспортизация и сертификация. Этот факт в существенной степени отражает тенденцию развития и совершенствования системы экологических отношений в производственной сфере в промышленно развитых странах.

В целом паспортизация и сертификация выступают в ряду главных механизмов экологизации производства.

Основой экологизации производства является *экологический менеджмент* как искусство управления, ориентированного на охрану природы, рациональное природопользование и обеспечение экологической безопасности производства.

*Экологический менеджмент* — это специальная область управления, охватывающая регулирование сознательного воздействия человека на природные, техногенные и социальные процессы, а также объекты окружающей среды для удовлетворения своих экологических, экономических, культурных и других потребностей. Экологический менеджмент базируется на усилении технологической дисциплины и анализе всех производственных циклов для выявления образующихся вредных веществ, их переноса с продукцией, выбросами, сбросами и в составе отходов.

К важнейшим признакам экологического менеджмента, отличающего его от обычных форм управления, относятся:

- принятие предприятием экологической политики, т.е. публично декларируемых основных принципов, приоритетов и направлений экологической деятельности;
- наличие конкретных экологических целей и задач и последовательное их достижение;
- вовлечение всего персонала в экологическую деятельность;
- независимый анализ и оценка достигнутых экологических результатов; совершенствование экологических целей и задач;
- экологическая «прозрачность» и открытый диалог со всеми заинтересованными организациями и лицами;
- подготовка и распространение инициативной экологической отчетности.

Одна из основных целей экологизации предприятия — минимизация отрицательного воздействия промышленного производства на окружающую среду, т.е. целенаправленное, мотивированное и последовательное изменение валовых и удельных показателей сбросов и выбросов загрязняющих веществ, производства отходов, использования природных ресурсов, экологических характеристик готовой продукции. Все это достигается на основе системы организационных, технологических и технических приемов и средств. Так, например, практикой доказана возможность снижения воздействия на окружающую среду для любого предприятия на 20–40% без существенных на то затрат.

Как значительный шаг к распространению опыта развитых стран в области экологического менеджмента можно рассматривать введение в нашей стране в 1998 г. в действие стандартов раздела «Системы экологического менеджмента», являющихся аутентичным переводом стандартов ISO серии 14000. Так, стандарт 14001–2009 направлен на сертификацию систем экологического менеджмента.

В целом эти стандарты регламентируют требования, принципы работы систем экологического менеджмента и средства обеспечения их функционирования в организациях и на предприятиях. С учетом многолетнего опыта развитых стран в деле экологизации производства необходимо широко использовать такие виды экологических услуг, как экологический аудит и экологическое страхование.

Использование системы стандартов серии ISO 9000 и ISO 14000 для предприятий в области экологии, по нашему мнению, нецелесообразно.

Какое-то значение это имеет для имиджа предприятия на международном рынке в связи со вступлением России в ВТО. Но для производств, работающих в пределах РФ, при достаточно сложных и иногда противоречивых, но подробно регламентированных природоохранных требованиях, наличие или отсутствие данного сертификата никак не влияет на результаты их деятельности.

Также следует иметь в виду, что в мире в системе стандартов ISO 14001 сертифицировано всего 100–150 тысяч предприятий, что составляет тысячные доли процента от их общего количества. Это говорит о том, что данный стандарт не получил (по крайней мере пока) широкого распространения.

*Экономическое регулирование* может рассматриваться в качестве опосредованного механизма экологического нормирования, применяемого лишь к отдельным видам природопользования (использование природных ресурсов, загрязнение окружающей среды — сбросы, выбросы и захоронение отходов). Тем не менее оно входит в систему ЭН и, по сути дела, является ее составным элементом.

*В основе экономического регулирования лежит принцип платности природопользования*, что подразумевает платежи за пользование природными ресурсами, плату за загрязнение окружающей среды и компенсационные платежи. Посредством этого механизма должно осуществляться экономическое стимулирование рационального использования природных ресурсов и снижения уровня вредных воздействий на природную среду. Хотя существующая в настоящее время система слабо способствует экономическому стимулированию природопользователей. В таком контексте экономическое регулирование, стимулирующее природопользователя соблюдать существующие нормы и правила, можно рассматривать в качестве механизма ЭН.

Детализируя перечисленные механизмы обеспечения безопасности производственной деятельности (рис. 4.2) в экологическом нормировании, целесообразно указать направления ответственности по каждому из перечисленных направлений:

- **лимитирование:**

- а) нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ);
- б) нормативы допустимых сбросов (НДС);
- в) нормативы образования отходов и лимитов их размещения (НООЛР);

- **лицензирование:**

- а) видов деятельности;
- б) выпуска продукции;

- **паспортизация:**

- а) экологический паспорт природопользователя (рекомендованный документ);
- б) декларация промышленной безопасности;
- в) Российский регистр гидротехнических сооружений;

- **сертификация:**

- а) производства и технологических процессов;
- б) выпускаемой продукции;

## ДЕТАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

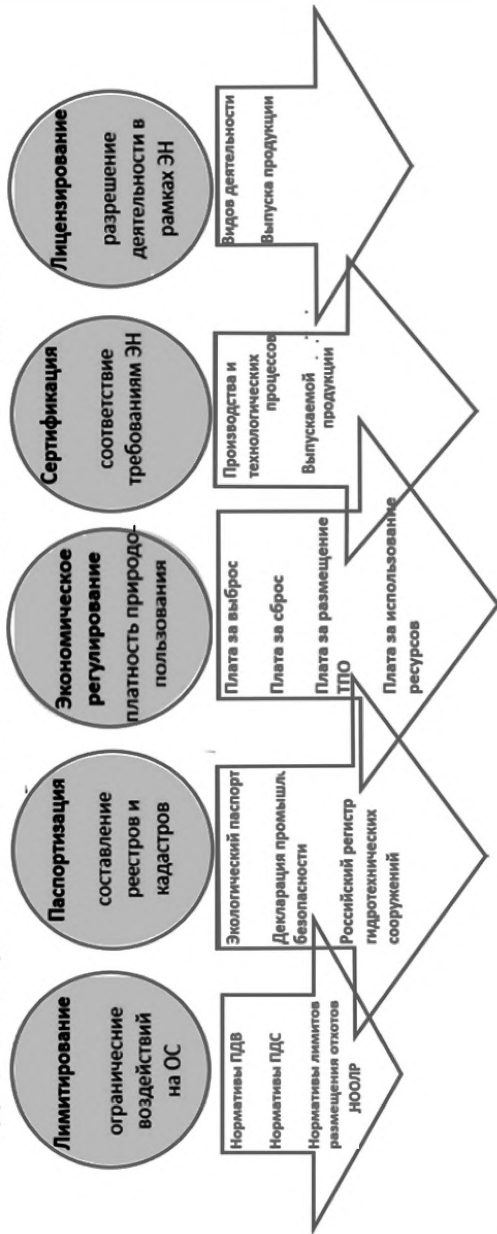


Рис. 4.2. Детализация механизмов экологического нормирования

• **экономическое стимулирование:**

- а) плата за выброс загрязняющих веществ;
- б) плата за сброс загрязняющих веществ;
- в) плата за размещение отходов.

## **4.2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ**

Наиболее рациональный путь развития ЭН обусловлен несколькими принципами.

К основным из них следует отнести:

1) *динамичность* — возможность внесения коррективов с учетом результативности ранее принятых регламентов, изменения экологической ситуации и достижений научно-технического прогресса;

2) *аналитичность* — детальный предварительный экономический анализ затрат и выгод от введения новых регламентов, оценка краткосрочных и долгосрочных последствий;

3) *реализм* — ориентация на практическую достижимость результатов, т.е. реальность соблюдения норм и правил;

4) *дифференцированность* — дифференцированный региональный и отраслевой подходы к установлению нормативов, что имеет особое значение для производственно-ресурсного и экосистемного нормирования;

5) *гласность* — открытость (вплоть до общественного обсуждения) и научная обоснованность нормативов и правил.

Занимаясь практической деятельностью в области ЭН, необходимо также осознавать, что любой норматив — это в определенной степени компромисс между природой, экономикой и наукой (рис. 4.3).

Действительно, результирующий итог разработки норм или правил зависит от трех факторов:

- экологического, т.е. порогового уровня воздействия на человека или окружающую природную среду, использования природных ресурсов;
- экономико-технологического, т.е. возможности и экономической целесообразности выполнения установленных пределов воздействия на человека и среду его обитания, природные ресурсы;

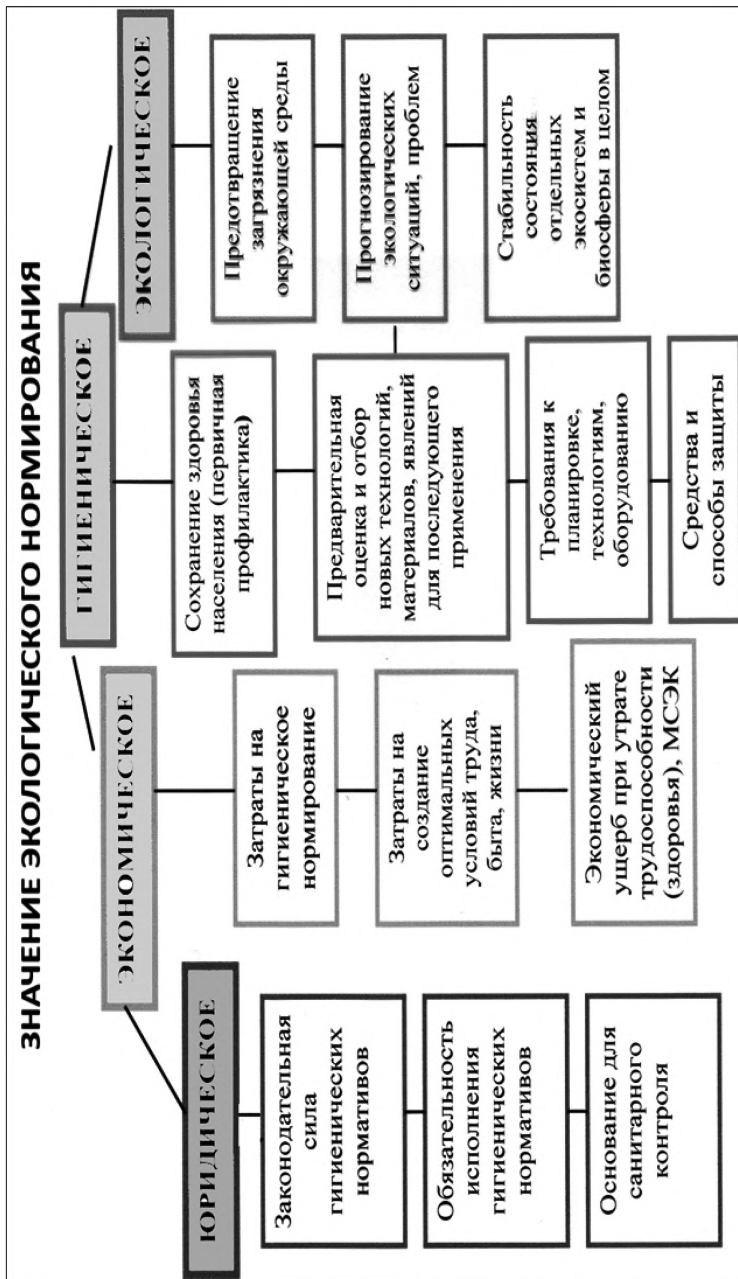


Рис. 4.3. Комплексное влияние ЭН на природоохранную деятельность и рациональное природопользование России

- научно-технического, т.е. способности научно-технических и измерительных средств обеспечить контроль соблюдения пределов воздействия.

Таким образом, оптимальные результаты в процессе разработки нормативов или правил достигаются, когда лимитирующим фактором становится экологический фактор.

В противном случае (при экономико-технологических или научно-технических ограничениях) речь может идти лишь о временных, ориентировочных или условных нормах и нормативах.

Механизмы и принципы ЭН оказывают системное воздействие и имеют важнейшее значение в работе государственного регулирования природоохранной деятельности и рационального природопользования Российской Федерации.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Охарактеризуйте основные механизмы экологического нормирования.
2. Какие международные стандарты для предприятий действуют в области экологии?
3. Что такое экологизация производства?
4. Лицензирование производственной деятельности и лицензирование выпуска определенных видов продукции.

## Глава 5

# НОРМИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

### 5.1. ПОКАЗАТЕЛИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ АТМОСФЕРЫ ВРЕДНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Нормирование предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе осуществляется по двум группам:

- ПДК в воздухе рабочей зоны (ПДК<sub>р.з.</sub>);
- ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов (ПДК<sub>о.в.</sub>).

Необходимость такой дифференциации достаточна очевидна. Источником вредных веществ выступает, как правило, производство. Поэтому первичный контроль качества воздуха необходимо осуществлять в рабочей зоне с учетом того обстоятельства, что время пребывания в ней человека ограничено.

Более строгие требования предъявляются к качеству атмосферного воздуха населенных пунктов, т.е. селитебных зон, мест расположения детских и медицинских учреждений и т.д., где человек находится всю свою жизнь.

В перечне ПДК в воздухе рабочей зоны показаны особенности действия на организм человека через тип воздействия (канцерогены, аллергены, фиброгены и вещества остронаправленного действия), а также преимущественное агрегатное состояние (аэрозоли, пары, газы и т.д.).

В воздухе селитебных зон акцент делается на лимитирующий показатель вредности:

- рефлекторный;
- резорбтивный;
- рефлекторно-резорбтивный;
- санитарно-гигиенический.

## **Максимально-разовая предельно допустимая концентрация**

При *рефлекторном действии* реакция проявляется со стороны рецепторов верхних дыхательных путей: ощущение запаха, раздражение слизистой оболочки, задержка дыхания и т.п.

Указанные эффекты возникают при кратковременном воздействии вещества (20–30 минут), поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления максимальных разовых ПДК (ПДК<sub>м.р</sub>).

Под *резорбтивным действием* понимают возможность развития общетоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов, возникновение которых зависит как от концентрации вещества в воздухе, так и от длительности ингаляции.

## **Среднесуточная предельно допустимая концентрация**

С целью предупреждения развития *резорбтивного действия* устанавливается среднесуточная ПДК (ПДК<sub>сс</sub>), а также предельные концентрации более длительного действия (среднемесячные или среднегодовые).

## **Предельно допустимая концентрация рабочей зоны**

ПДК<sub>р.з</sub> вредного вещества в воздухе рабочей зоны — это концентрация, которая при ежедневной работе в течение 8 часов на протяжении всего трудового стажа не может вызвать у сотрудника заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами, даже в отдаленные сроки жизни настоящего и будущих поколений.

В воздухе рабочей зоны устанавливают две категории концентраций ПДК:

- максимальная разовая (ПДК<sub>м.р</sub>);
- среднесменная (ПДК<sub>сс</sub>).

## **Предельно допустимая концентрация максимально-разовая**

ПДК<sub>м.р</sub> является базовой, т.е. экспериментально установленной (ГН 2.2.5.1313-03). Она приведена для основной части веществ.

У некоторых веществ экспериментально установлена и среднесменная концентрация ПДК<sub>сс</sub>.

Для остальных среднесменная ПДК рассчитывается по формуле

$$K_{cc} = \frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + \dots + K_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}, \quad (5.1)$$

где  $K_n$  — средняя арифметическая концентрация вредного вещества на отдельных стадиях технологического процесса;  $t_n$  — продолжительность стадий технологического процесса.

Если в воздухе содержатся вещества разнонаправленного или независимого действия, то их контроль осуществляется по их ПДК, если однонаправленного, то нормирование проводится в соответствии с уравнением (5.2), когда суммарное соотношение концентраций ЗВ к их ПДК меньше единицы:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} < 1. \quad (5.2)$$

Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны возложен на экологическую службу предприятия.

*Периодичность контроля* зависит от класса опасности вредных веществ:

- замеры веществ 1-го класса опасности должны проводиться не реже одного раза в 10 дней;
- веществ 2-го класса — не реже одного раза в месяц;
- веществ 3-го и 4-го классов — не реже одного раза в квартал.

В настоящее время предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны установлены почти для 2500 веществ.

В перечне ПДК указывается, помимо концентрации вещества, его агрегатное состояние (пар, газ, аэрозоль и их смеси), что имеет значение при оценке воздействия на организм и нормировании загрязнения.

### **Предельно допустимая концентрация окружающего воздуха ПДК<sub>о.в</sub>**

*Предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест ПДК<sub>о.в</sub>* (окружающего воздуха) — концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая

его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни. Для оценки загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов используется несколько видов предельно допустимых концентраций.

*ПДК максимальная разовая* ( $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ) — концентрация вредного вещества в воздухе населенного пункта, не вызывающая рефлекторных реакций в организме человека, устанавливается для предупреждения развития немедленных токсических эффектов и регламентации максимальных уровней приземных концентраций вредных веществ.

*ПДК среднесуточная* ( $\text{ПДК}_{\text{с.с}}$ ) — концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе, не оказывающая на человека прямого или косвенного воздействия при круглосуточном вдыхании. Контроль среднесуточной концентрации осуществляется по среднему арифметическому значению разовых концентраций, полученных через равные промежутки времени не реже четырех раз в сутки.

Максимальные разовые и среднесуточные предельно допустимые концентрации (или ОБУВ — ориентировочно безопасный уровень вредных веществ) в атмосферном воздухе жилых зон являются нормированными величинами, т.е. их значения стандартизованы (ГН 2.1.6.1338-03, ГН 2.1.6.2309-07).

Для группы неполной суммации в качестве норматива используется *коэффициент комбинированного действия* ( $K_{\text{к.д}}$ ), который равен сумме нормированных по величине ПДК концентраций.

*Дополнительный контроль состояния воздуха может осуществляться по среднемесячным и среднегодовым концентрациям.*

*Среднемесячная концентрация*  $\text{ПДК}_{\text{с.м}}$  — среднее арифметическое всех разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение месяца.

В свою очередь, *среднегодовая концентрация*  $\text{ПДК}_{\text{с.г}}$  — среднее арифметическое разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение года.

$\text{ПДК}_{\text{с.г}}$  используется в основном для выявления эффектов, связанных с длительным (хроническим) воздействием вредных веществ.

Среднемесячные и среднегодовые концентрации ( $\text{ПДК}_{\text{с.м}}$  и  $\text{ПДК}_{\text{с.г}}$ ) относятся к расчетным нормативам, поэтому используется следующее ориентировочное соотношение:

$$\text{ПДК}_{\text{м.р}}:\text{ПДК}_{\text{с.с}}:\text{ПДК}_{\text{с.м}}:\text{ПДК}_{\text{с.г}} = 10:4:1,5:1. \quad (5.3)$$

Классы опасности веществ, для которых имеются только максимальные разовые ПДК, определены с учетом опасности развития рефлекторных реакций.

Классы опасности веществ, для которых одновременно установлены максимально-разовая и среднесуточная ПДК, определены с учетом опасности возникновения тех эффектов, развитие которых при действии конкретного вещества наиболее опасно.

Классы опасности веществ, лимитированных резорбтивным действием, определены с учетом опасности развития этих эффектов.

При установлении ПДК вредного вещества в атмосферном воздухе населенного пункта применяют следующий принцип.

К пороговой концентрации, т.е. к минимальной концентрации вредного вещества, вызывающей эффект токсического действия с вероятностью не менее 0,16, применяют коэффициент запаса в зависимости от класса опасности вещества:

- 1-й класс — 7,5;
- 2-й — 6;
- 3-й — 4,5;
- 4-й класс — 3.

В настоящее время ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов определены более чем для 650 вредных веществ и выделены те ЗВ, выброс которых в атмосферный воздух запрещен.

Обычно единицей измерения ПДК в воздухе является миллиграмм вещества на один кубометр воздуха ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ).

Следует иметь в виду, что ПДК установлены по воздуху только для населенных пунктов, в воздухе рабочей зоны и на границе СЗЗ, а для территорий за пределами населенных пунктов эти нормативы не определены.

## **5.2. ПОТЕНЦИАЛ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ И НОРМИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ**

*Потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА)* — это способность атмосферы рассеивать примеси, включает комплекс метеофакторов и определяется в зависимости от их количественных характеристик.

Методика определения ПЗА разработана в Главной геофизической обсерватории. Метеопараметры для определения ПЗА в соответствии с СанПиН 2.1.6.1032-01 *качества атмосферного воздуха населенных мест «Атмосферный воздух и воздух закрытых помещений. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы»* приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

**Определение ПЗА по среднегодовым значениям метеорологических параметров**

Потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА)	Приземные инверсии			Повторяемость, %		Высота слоя перемиения, км	Продолжительность тумана, ч
	повторяемость, %	мощность, км	интенсивность, °С	скорости ветра 0–1 м/с	в т.ч. длительное безветрие (застой воздуха)		
Низкий	20–30	0,3–0,4	2–3	10–20	5–10	0,7–0,8	80–350
Умеренный	30–40	0,4–0,5	3–5	20–30	7–12	0,8–1,0	100–500
Повышенный: а. континентальный	30–45	0,3–0,6	2–6	20–40	3–18	0,7–1,0	100–600
б. приморский	30–45	0,3–0,7	2–6	10–30	10–25	0,4–1,1	100–600
Высокий	40–60	0,3–0,7	3–6	30–60	10–30	0,7–1,6	50–200
Очень высокий	40–60	0,3–0,9	3–10	50–70	20–45	0,8–1,6	10–600

Частая повторяемость неблагоприятных природных условий приводит к скоплению примесей в приземном слое атмосферы. В этом случае район характеризуется высоким ПЗА.

На территории России выделяют:

- зону низкого ПЗА — побережье морей Северного Ледовитого океана;
- зону умеренного ПЗА — Западная Сибирь и большая часть европейской территории страны;
- зону повышенного ПЗА — Северный Кавказ, побережье дальневосточных морей;

- зону высокого ПЗА — Урал и территория между реками Енисей и Лена;
- зону очень высокого (опасного) ПЗА — бассейн реки Колымы, Забайкалье, южные границы азиатской части России.

### **Нормирование выбросов ЗВ**

*Цель нормирования выбросов загрязняющих веществ* — государственное регулирование выбросов в атмосферу, стимулирование предприятия к снижению объемов и токсичности загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, и создание условий для поддержания качества атмосферного воздуха в районе расположения объекта на нормативном уровне.

Эта цель достигается последовательным решением нижеперечисленных задач:

1) анализ предприятия как источника загрязнения атмосферы (инвентаризация и типизация источников выброса по их пространственному положению);

2) анализ характера выбросов (по физико-химическому составу загрязняющих веществ);

3) расчет и анализ уровня воздействия на загрязнение атмосферы;

4) выработка предложений по установлению нормативов ПДВ и при необходимости лимитов временно согласованных выбросов (ВСВ) по каждому источнику и вредному веществу;

5) разработка плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу с целью достижения нормативов ПДВ, если концентрации загрязняющих веществ с учетом фона превышают ПДК;

6) разработка плана мероприятий по регулированию выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях (НМУ);

7) организация контроля за соблюдением нормативов ПДВ (ВСВ).

Для проведения инвентаризации и разработки проекта нормативов ПДВ (ВСВ) используется следующая *исходная информация*:

- информация о фоновых концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, запрашиваемая в органах Росгидромета;
- карта-схема предприятия с нанесенными на нее источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;

- ситуационная карта-схема района размещения предприятия с указанием на ней границ санитарно-защитных зон (СЗЗ), селитебной территории, зон отдыха, санаториев, домов отдыха и т.д., постов наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха предприятия, стационарных постов Росгидромета;
- информация о расходе, типе, составе используемого сырья, материалов, топлива;
- данные о типах, основных характеристиках установленного оборудования и времени его работы;
- сведения о количестве, марках транспортных средств, стоящих на балансе предприятия, местах стоянок; часах и режиме работы транспортных средств, не стоящих на балансе предприятия, используемых для доставки сырья и вывоза продукции;
- данные первичного учета формы статистической отчетности № 2-ТП (воздух) на границе СЗЗ;
- метеорологические условия, влияющие на рассеивание примесей.

Нормативы ПДВ вредных (загрязняющих) веществ в атмосферу и ВСВ (лимиты) устанавливаются территориальными органами Минприроды России для каждого стационарного источника выбросов и производства в целом или его отдельных производственных территорий с учетом всех источников выбросов.

Разрешение и условия согласования проекта нормативов ПДВ являются неотъемлемыми частями утверждаемого проекта.

Порядок расчета<sup>1</sup> ПДВ регламентируется согласно Методам расчета рассеивания выбросов вредных веществ в атмосферном воздухе, содержащихся в выбросах предприятий (МРР-17), утвержденным Приказом МПР РФ № 273 от 06.07.2017.<sup>2</sup>

Согласно этому документу, определяется ПДВ каждого конкретного предприятия, исходя из условия, что сумма создаваемых всеми

---

<sup>1</sup> Постановление Правительства РФ «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» (вместе с «Правилами исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду») № 255 от 03.03.2017 (ред. от 29.06.2018).

<sup>2</sup> Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Приказ от 6 июня 2017 г. № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух».

предприятиями приземных концентраций данного вещества (или комбинаций веществ) не должна превышать ПДК.

ПДВ являются *средством текущего контроля* за деятельностью предприятия и не отражают экологического уровня данного производства, так как могут быть достигнуты за счет увеличения высоты труб, а не за счет снижения объемов выбросов (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Условная схема соотношения нормативов выбросов

Значение ПДВ устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы так, что выбросы вредных веществ от данного источника и от совокупности источников населенного пункта с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере *не создают* приземную концентрацию, превышающую их ПДК для населения, растительного и животного мира.

Величины ПДВ устанавливаются при разработке ведомственных предложений по ПДВ, сводных томов «Охрана атмосферы города и предельно допустимый выброс (ПДВ)», в разделе «Охрана окружающей среды» предпроектной и проектной документации на строительство новых и реконструкцию существующих предприятий.

Они устанавливаются как для строящихся, так и для действующих предприятий. ПДВ определяются для условия *полной нагрузки* техно-

логического и газоочистного оборудования и их нормальной работы. Значения ПДК не должны повышаться в любой 20-минутный период времени.

Неорганизованные выбросы всего предприятия или отдельных участков его промплощадки сводятся к площадным источникам или к совокупности условных точечных источников.

Наряду с ПДВ для одиночных источников устанавливаются ПДВ для предприятия в целом. При постоянстве выбросов они находятся как сумма ПДВ от одиночных источников и групп мелких источников. При непостоянстве во времени выбросов отдельных источников суммарное значение ПДВ предприятия меньше суммы ПДВ от отдельных источников и соответствует максимально возможному суммарному выбросу от всех источников предприятия при нормальной работе технологического и газоочистного оборудования.

ПДВ определяется для каждого вещества отдельно, в том числе и в случаях учета суммации вредного действия нескольких веществ.

При установлении ПДВ учитываются *фоновые концентрации* веществ в воздухе  $C_{\phi}$ . Для действующих производств  $C_{\phi}$  заменяют на расчетное значение с учетом уже имеющихся объемов загрязнения от данного производства.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Каковы цели нормирования воздействий на атмосферу?
2. Какие разновидности ПДК существуют для атмосферы? Поясните различия между ними.
3. Какие основные показатели используются в системе нормирования воздействий на атмосферу?
4. Что такое ПЗА? Как он рассчитывается?
5. Как рассчитывается норматив ПДВ?
6. Каким образом рассчитываются и утверждаются нормативы ПДВ?

## Глава 6

# НОРМИРОВАНИЕ ВОДНОЙ СРЕДЫ

### 6.1. ВИДЫ ТЕХНОГЕННЫХ НАГРУЗОК НА ПОВЕРХНОСТНУЮ И ПОДЗЕМНУЮ ГИДРОСФЕРУ

Антропогенные воздействия на гидросферу включают различные виды загрязнений, изъятие водных ресурсов, восстановление (реабилитацию) водных объектов — комплекс работ по восстановлению исходного качества вод.

Наиболее часто используется следующая классификация *видов загрязнения* гидросферы:

- химическое загрязнение;
- биологическое загрязнение;
- радиоактивное загрязнение;
- тепловое загрязнение.

#### **Химическое загрязнение**

*Химическое загрязнение* обусловлено главным образом:

- проникновением промышленных сточных вод;
- утечками технологических растворов;
- растворением сырья, твердых отходов продуктов промышленности атмосферными осадками;
- вымыванием из атмосферы загрязнителей продуктов химизации сельского хозяйства;
- поступлением химических веществ из загрязненных поверхностных водотоков и водоемов и другими процессами.

Этот вид загрязнения проявляется в увеличении содержания некоторых химических элементов по сравнению с фоновым и (или) нормативным и появлении новых, несвойственных данным подземным водам минеральных и органических загрязнений. Наиболее часто загрязнителями являются тяжелые металлы, нефтепродукты, фенолы,

поверхностно-активные вещества, ароматические углеводороды, цианиды, пиридиновые основания, дитиофосфаты, сульфаты, хлориды, фториды, марганец, мышьяк, общий стронций, азот, аммиак и другие вещества. К их появлению в водах приводит деятельность практически всех отраслей промышленности — от горнодобывающей до пищевой.

Оценка техногенной метаморфизации<sup>1</sup> ряда процессов производится на основании параметра *технофильности*, введенного в обиход А.И. Перельманом. На основании этого параметра, полученного по результатам обработки вариаций 30 химических элементов в водах для двухсотлетнего периода, были получены пять групп химических элементов: — от супертехнофильных до очень слабо технофильных.

К числу супертехнофильных элементов отнесены прежде всего  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Впоследствии эта группа дополнена следующими элементами и их соединениями:  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , органическими соединениями,  $\text{NO}_2^-$ , Sr,  $\text{NH}_4^+$ , Se, Pb, Cu, Br и др. К высокотехнофильным элементам отнесены Fe, Hg, Cr, Cd, Sr, Mn, Mo, Al, Cl, S, Ca, Zn, As, U, Ni и др.

*Опасность химического загрязнения проявляется в том, что многие вещества образуют устойчивые формы загрязнителей, которые с водами мигрируют на значительные расстояния, загрязняя другие геосреды.*

## **Биологическое загрязнение**

*Биологическое загрязнение* проявляется в виде присутствия патогенных микроорганизмов: вирусов (насчитывается около 700 видов), бактерий, водорослей, простейших, грибов и др. Особую опасность представляют болезнетворные бактерии и вирусы, поступающие на участках инфильтрации фекальных и хозяйственно-бытовых вод из дефектной канализационной сети, выгребных ям (септиков), со скотных дворов, полей фильтрации, из прудов биологической очистки сточных вод, с санкционированных и несанкционированных мусорных свалок, полигонов захоронения бытового мусора и др.

Безопасность питьевых вод в эпидемиологическом отношении нормируется преимущественно такими косвенными показателями,

---

<sup>1</sup> Под метаморфизацией понимается взаимодействие (изменение) природных вод с породами, газами, живым веществом, приводящее к необратимым или труднообратимым изменениям в составе вод.

как общее содержание бактерий группы кишечной палочки (не более 100 в 1 мл неразбавленной воды) или коли-индекс (в 1 л воды не более трех бактерий этой группы), определяемыми на плотной селективной среде с применением мембранных фильтров. При специализированных исследованиях дополнительно определяют содержание других бактерий — переносчиков болезней, кишечных вирусов, яиц гельминтов.

### **Радиоактивное загрязнение**

*Радиоактивное загрязнение* отмечается в результате проникновения в подземные воды урана, радия, стронция, цезия, трития и некоторых других элементов с поверхности земли.

Их появление обусловлено:

- проведением ядерных взрывов, образованием и утечками сточных вод промышленности, использующей ядерные технологии;
- образованием отходов лечебных заведений;
- не утилизированными ранее свалками с радиоактивными отходами;
- шлаками при сжигании определенных видов углей и др.

Наиболее опасны элементы, которые плохо сорбируются на породах: I-131, S-35, Ru-106, U-234 и 238, Cs-134, 137, Sr-90.

*Последние три элемента являются долгоживущими и мигрируют на большие расстояния. Такие элементы, как Ra-226, Pb-210, Po-210 и сумма изотопов Т, хорошо сорбируются грунтами, и их миграция незначительна.*

### **Тепловое загрязнение**

*Тепловое загрязнение* связано с повышением температуры воды под влиянием утечек инфильтрирующихся вод с выраженной острой токсичностью вследствие аккумулятивных свойств в процессе инфильтрации.

Не менее важна сама систематизация источников загрязнения вод с учетом перечня доминантных загрязнителей и условий достижения ими в первую очередь эксплуатируемых водоносных горизонтов (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Принципиальная схема источников вредных воздействий на гидросферу

Источниками загрязнения водных объектов являются **сточные воды**.

Сточные воды делятся на:

- бытовые;
- производственные;
- ливневые,

которые различаются между собой происхождением, объемами, составом и биологической активностью.

### **Бытовые сточные воды**

Бытовые сточные воды в чистом виде возможны от небольших населенных пунктов, не имеющих очистных сооружений. Большинство

сточных вод подвергается очистке по двухступенчатой схеме (механическая и биологическая). Иногда они дополняются различными методами доочистки и обеззараживания.

*Бытовые сточные воды* образуются в результате жизнедеятельности людей. Концентрация загрязняющих веществ в бытовых сточных водах определяется исходя из норм удельного водоотведения на одного жителя.

В сточных водах содержатся примеси как минерального, так и органического происхождения.

Минеральные соединения преимущественно представлены фосфатами, хлоридами и гидрокарбонатами, органические — безазотистыми (углеводороды и жиры) и азотсодержащими соединениями (белки и продукты гидролиза). Почти всегда присутствуют болезнетворные микроорганизмы.

### **Производственные сточные воды**

*Производственные сточные воды* отличаются большим разнообразием и в зависимости от состава примесей делятся на следующие группы:

- *воды, содержащие неорганические примеси со специфическими токсичными свойствами за счет содержания тяжелых металлов* (стоки предприятий металлургии, гальванических цехов и др.);
- *воды с неорганическими примесями, не обладающие токсическим действием* (сточные воды обогатительных фабрик, цементных заводов, пищевых производств и др.). Повышают окисляемость органических веществ, снижают количество растворенного кислорода в водоемах;
- *воды, содержащие органические вещества со специфическими токсичными свойствами* (предприятия оргсинтеза, нефтепереработки и др.).

### **Ливневые сточные воды**

*Ливневые сточные воды* делятся на дождевые, воды снеготаяния и мочные. Характеристики химического состава сточных вод приведены в табл. 6.1.

**Концентрации основных загрязняющих веществ  
в поверхностном стоке, мг/л**

Вещества	Дождевые воды	Талые воды	Поливочные воды
Взвешенные вещества	250	3500	500
Нефтепродукты	10	30	30
ВПК	30	90	100
ХПК	100	250	100
Сульфаты	100	500	100
Хлориды	200	1500	200
Азот аммонийный	2	4,3	2
Азот общий	4,9	10,5	4,9
Нитраты	0,08	0,17	0,08
Нитриты	0,08	0,17	0,08
Кальций	43	113	43
Магний	8	14	8
Железо	0,3	1,7	0,3
Медь	0,02	0,076	0,02
Никель	0,01	0,02	0,01
Цинк	0,3	0,55	0,3
Фосфор общий	1,08	1,08	1,08

**6.2. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ  
ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ  
ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Водные объекты могут быть поверхностными и подземными. СанПиНом 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»<sup>1</sup> установлены гигиенические нормативы состава

<sup>1</sup> Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.5.980-00. Разработаны НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина РАМН (чл.- корр. РАМН, профессор Красовский Г.Н.; профессор, д.м.н. Жолдакова З.И.), Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова (профессор, д.м.н. Богданов М.В.), Российской медицинской академии последиplomного образования (д.м.н. Плитман С.И.).

и свойств воды в водных объектах для всех категорий водопользования.

*Первая категория* — водные объекты, выступающие источниками централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

*Вторая категория* присваивается водоемам, используемым для культурно-бытовых целей населения, рекреации, спорта, а также находящимся в пределах населенных пунктов.

В настоящее время ПДК и ОДУ (ОДУ — ориентировочные допустимые уровни, разработанные на основе расчетных и экспрессных экспериментальных методов прогноза токсичности и применимые только на стадии предупредительного экологического контроля) в воде хозяйственно-питьевого назначения установлены для 1345 веществ.

Помимо концентраций (единица измерения — мг/л), для каждого вещества устанавливаются еще пара показателей.

*Во-первых, лимитирующий признак вредности (ЛПВ)*, который характеризует наименьшую безвредную концентрацию вещества в воде (признак, определяющий наиболее ранний характер неблагоприятного влияния в концентрации, превышающей ПДК).

Для воды хозяйственно-питьевого назначения выделяется три ЛПВ:

- санитарно-токсикологический;
- общесанитарный;
- органолептический.

Первый обозначает токсикологическое воздействие на человека, общесанитарный свидетельствует о нарушении санитарного состояния водного объекта, и органолептический отражает появление в воде привкуса, запаха, окраски, а также образование пены или пленки.

*Во-вторых, выделено четыре класса опасности веществ*, зависящих от токсичности этих веществ в воде:

- 1-й класс — чрезвычайно опасные;
- 2-й класс — высокоопасные;
- 3-й класс — опасные;
- 4-й класс — умеренно опасные.

Классы присваиваются в зависимости от токсичности, кумулятивных свойств вещества, способности вызывать отдельные отрицательные эффекты и от ЛПВ.

При нормировании содержания химических веществ в воде учитываются следующие их вредные проявления: *ухудшение токсикологических показателей* и *снижение способности водоема к самоочищению* в результате изменения гидрохимических и физико-химических свойств, влияние на санитарный режим, изменение органолептических характеристик воды.

Методика разработки ПДК вредных веществ в воде хозяйственно-питьевого назначения в соответствии с нормативными документами предусматривает проведение опытов на животных с установлением подпороговых (недействующих) доз, при которых не обнаруживаются изменений функционального состояния организма за пределами обычных колебаний.

ПДК принимается с учетом того лимитирующего признака вредности, который выявляется при наименьшей пороговой или подпороговой (для санитарно-токсикологического ЛПВ) концентрации.

Органолептические свойства определяются сенсорным методом в лабораториях станций водоподготовки одновременно несколькими участниками теста.

*Расчетно-экспериментальные методы разработки ПДК* вредных веществ в воде развиваются в нескольких направлениях.

Делаются попытки выведения уравнений регрессии, в том числе по зависимости между предельно допустимыми концентрациями в различных средах, например между ПДК вредного вещества в воде и ПДК в воздухе рабочей зоны. Одно из них представляет собой следующую зависимость:

$$\lg \text{ПДК}_в = 0,61 \cdot \lg \text{ПДК}_{р.з} - 1,0. \quad (6.1)$$

Изучаются и другие зависимости: между максимальной недействующей дозой в хроническом эксперименте и параметрами ЛД50; между ЛД50 и ЕТ50 (ЕТ50 — среднее время гибели животных от среднесмертельной дозы); ПДК пестицидов от физико-химических параметров воды и т.д.).

Помимо ПДК вредных веществ, в водных объектах культурно-питьевого назначения нормируются санитарные показатели свойств воды. Среди них необходимо отметить:

- плавающие примеси (пленки, пятна масел и скопления других примесей) — по признаку отсутствия или присутствия;
- запахи — по балльной системе оценивания;
- окраску — по визуальному изучению столбиков воды;
- температуру — летняя температура не должна превышать более чем на 3 °С среднемесячную температуру самого жаркого месяца;
- рН — значение кислотно-щелочного показателя должно находиться в пределах 6,5–8,5;
- минеральный состав по сухому остатку — не должен превышать 1000 мг/л;
- растворенный кислород — содержание не ниже 4 мг/л;
- значение БПК<sub>полн</sub> — для водоемов I категории — не более 3,0 мг О<sub>2</sub>/л, для II категории — не более 6,0 мг О<sub>2</sub>/л;
- величина ХПК для водоемов I категории — менее 15 мг О<sub>2</sub>/л, для II категории — менее 30 мг О<sub>2</sub>/л;
- содержание взвешенных веществ — не должно увеличиваться по сравнению с естественным фоном для водоемов первой категории более чем на 0,25 мг/л, для второй — не более 0,75 мг/л;
- вода не должна содержать возбудителей кишечных инфекций;
- суммарная объемная активность радионуклидов при совместном присутствии определяется по формуле

$$\sum \frac{A_i}{Y_i} \leq 1, \quad (6.2)$$

где  $A_i$  — удельная активность  $i$ -го радионуклида в воде;  $Y_i$  — соответствующий уровень вмешательства для  $i$ -го радионуклида.

Гигиенические требования к *подземным водам* дифференцированы в зависимости от вида водопользования, а критериями их качества выступают:

- предельно допустимые концентрации и ориентировочные допустимые уровни химических веществ в воде хозяйственно-питьевого назначения;

- уровни допустимого содержания санитарно-показательных микроорганизмов;
- нормативы, обеспечивающие радиационную безопасность.

На основе органолептических, токсикологических, санитарных и бактериологических показателей состояния водоема разработана гигиеническая классификация водных объектов (рис. 6.2).

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Биохимическая потребность в кислороде (БПК)</b> – количество кислорода, необходимое для окисления органических веществ в процессе жизнедеятельности аэробных бактерий.</li> </ul> <p>Различают:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• БПК<sub>полн</sub>;</li> <li>• БПК<sub>20</sub>(≈ БПК<sub>полн</sub>);</li> <li>• БПК<sub>5</sub> (≈ 87,5%БПК<sub>полн</sub>).</li> </ul> <p>Для бытовых сточных вод БПК<sub>полн</sub>≤500мг/л.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Химическая потребность в кислороде (ХПК)</b> – количество кислорода, требуемое для химического окисления органических веществ сточных вод до конечных минеральных продуктов окисления.</li> </ul> <p>Для бытовых сточных вод БПК<sub>20</sub>≈ 86%ХПК. По разности БПК и ХПК можно судить о соотношении производственных и бытовых сточных вод.</p>
---	---

Рис. 6.2. Пояснения показателей содержания кислорода в воде

### 6.3. РАЗРАБОТКА НОРМАТИВОВ ДОПУСТИМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

В последние годы произошли значительные изменения в водном законодательстве и, как следствие, серьезно изменились и нормативно-технические требования. Так, Постановлением Правительства РФ от 30.12.2006 № 881 «О порядке утверждения нормативов допустимого воздействия на водные объекты» были введены в действие Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты.

Согласно этому документу, нормативы допустимого воздействия на водные объекты (допустимого совокупного воздействия всех источников, расположенных в пределах речного бассейна или его части, на водный объект или его часть) разрабатываются и утверждаются по водному объекту или его участку в соответствии с гидрографическим и (или) водохозяйственным районированием в целях поддержания поверхностных и подземных вод в состоянии, соответствующем требованиям законодательства.

Цели установления нормативов включают:

- обеспечение устойчивого функционирования естественных или сложившихся экологических систем, сохранение биологического разнообразия и предотвращение негативного воздействия в результате хозяйственной и иной деятельности;
- сохранение или улучшение состояния экологической системы в пределах водных объектов или их участков;
- сведение к минимуму последствий антропогенных воздействий, создающих риск возникновения необратимых негативных изменений в экологической системе водного объекта;
- обеспечение устойчивого и безопасного водопользования в процессе социально-экономического развития территории.

**Нормативы допустимого воздействия на водные объекты** (НДВ) предназначены для установления безопасных уровней содержания загрязняющих веществ, а также других показателей, характеризующих воздействие на водные объекты, с учетом природно-климатических особенностей водных объектов данного региона и сложившейся в результате хозяйственной деятельности природно-техногенной обстановки.

Нормативы определяются исходя из *целевого назначения водного объекта*, которое определяется действующим законодательством.

Основная расчетная территориальная единица при разработке НДВ — водохозяйственный участок.

НДВ используются в следующих случаях:

- 1) разработка схем комплексного использования и охраны водных объектов, водохозяйственных балансов, планирование водохозяйственных и водоохраных мероприятий;
- 2) установление и корректировка нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей;
- 3) осуществление государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов;
- 4) оценка воздействия на окружающую среду при разработке предпроектной и проектной документации;
- 5) размещение, проектирование, строительство и реконструкция хозяйственных и иных объектов, оказывающих влияние на состояние водных объектов и др.

При разработке НДВ учитывается состояние водного объекта и его экологической системы на основе нормативов качества воды в водном объекте.

НДВ разрабатываются для таких видов воздействий, как привнос:

- химических и взвешенных веществ;
- радиоактивных веществ;
- микроорганизмов;
- тепла;
- сброс воды;
- забор (изъятие) водных ресурсов;
- использование акватории водных объектов для строительства и размещения причалов, стационарных и (или) плавучих платформ, искусственных островов и других сооружений;
- изменение водного режима при использовании водных объектов.

Аварийное загрязнение водных объектов в результате техногенных аварий, катастроф и стихийных бедствий не подлежит учету в НДВ на водные объекты.

Расчеты НДВ — относительно новая процедура в нормировании воздействий на гидросферу. В настоящее время она становится одним из обязательных элементов в системе управления водными ресурсами. По своей сути это основа для дальнейшего регулирования качества водных объектов и установления региональных нормативов.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое сточные воды? Какие виды сточных вод подлежат регламентации и по каким показателям?
2. На основе каких показателей проводится оценка качества воды водоемов?
3. Перечислите показатели, которые используются при нормировании качества вод водоемов и водотоков.
4. Как осуществляется нормирование потребления и отведения воды на предприятии?
5. Что такое норматив НДС? Как он определяется?
6. Что такое НДВ на водные объекты?

## Глава 7

### ГИГИЕНИЧЕСКАЯ РЕГЛАМЕНТАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

В основу теории и практики санитарно-гигиенического нормирования химических веществ в почве положен критерий, допускающий возможность поступления и содержания веществ в виде примесей к естественному (фоновому) составу почвы в количествах, безопасных для здоровья человека и окружающей среды.

Исходя из этого, считается, что ПДК загрязняющего вещества в почве — это такая его концентрация, которая на протяжении многих лет не вызывает каких-либо патологических изменений в почвенной биоте и в свойствах ее абиотической части, особенно в почвенном поглощающем комплексе.

Таким образом, при оценке безопасности поступления химических веществ в почву исходят из недопустимости превышения порога адаптационных возможностей почвенных организмов и порога экологической адаптационной (самоочищающей) способности почвы.

Нормирование проводят в единых экспериментальных условиях при соблюдении принципа экстремальности, что подразумевает проведение испытаний почвы, обладающей максимальной фильтрующей и минимальной сорбционной и поглотительной способностью. Как правило, это песчаные почвы, обладающие низкими буферными возможностями.

При нормировании должны использоваться не только гигиенические критерии, но и условия безопасности загрязнения почвы для флоры и фауны.

Учитываются все возможные пути негативного воздействия:

- прямой контакт, поглощение вредных веществ организмом с почвенной пылью;
- миграцию по экологическим цепям (почва—растение, почва—растение—человек, почва—вода).

Эксперименты осуществляются на модельных установках, позволяющих создать условия максимальной миграции изучаемого ве-

щества в контактирующие среды (в воздух и воду) и в растения, а также максимальный уровень воздействия на почвенный микробиоценоз.

Естественно, что значение ПДК варьируется в зависимости от типа почв, а диапазон вариаций обусловлен их сорбционной способностью, кислотно-щелочными условиями и др.

На основе математических моделей было показано, что от механического состава, плотности почв, пористости, содержания органического вещества, оксалатно-растворимого железа, содержания алюминия и кремния и величины рН более чем на 90% зависит уровень поглощения почвой химических веществ.

Однако на практике эти факторы учитываются не всегда. Лишь для отдельных веществ значения ПДК дифференцированы по типам почв.

Для установления научно обоснованных предельно допустимых концентраций вредных веществ в почве в экспериментах используются модельные установки, позволяющие создать условия максимальной миграции изучаемого вещества в контактирующие среды: воздух, воду, растения, а также максимальный уровень воздействия на почвенный микробиоценоз.

В почве устанавливаются пороговые количества веществ по четырем лимитирующим признакам вредности (ЛПВ):

- общесанитарному, миграционному водному (способности к водной миграции);
- миграционному воздушному (способности к переходу в газообразное состояние);
- транслокационному (способности к переходу в растения).

При этом фитотоксичность зависит от почвенных условий, особенно от величины рН и вида растения.

Исходя из пороговых концентраций, выбирают лимитирующий признак, по которому назначается ПДК (табл. 7.1).

Некоторые металлы имеют норматив ПДК по валовому содержанию в почве (ГН 2.1.7.2041-06).

Существенно, что ПДК нефтяных углеводородов в почве в настоящее время отсутствует, что не позволяет определять степень загрязнения почв этим широко распространенным поллютантом и, соответственно, степень очистки почв при рекультивации. В отдельных субъектах федерации (например, в Санкт-Петербурге) существуют

временные предельные концентрации, но они характеризуются широким разбросом величин.

Таблица 7.1

**Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в почве по лимитирующим признакам вредности**

Элементы и соединения	ПДК, мг/кг почвы	ЛПВ	Содержание в почве по ЛПВ			
			Общесанитарный $C_1$	Транслокационный $C_2$	Миграционно-водный $C_3$	Миграционно-воздушный $C_4$
Подвижные формы						
Свинец	6,0	$C_1$	6,0	6,0	63,0	Нет
Никель	4,0	$C_1$	4,0	6,0	14,0	—
Хром	6,0	$C_1$	6,0	6,0	—	—
Медь	3,0	$C_1$	3,0	3,0	72,0	—
Цинк	23,0	$C_2$	37,0	23,0	200,0	—
Валовое содержание						
Свинец	32,0	$C_1$	32,0	35,0	260,0	—
Никель	35,0	$C_1$	35,0	45,0	65,0	—
Цинк	85,0	$C_2$	110,0	85,0	460,0	—
Сурьма	4,5	$C_2$	5,0	4,5	4,5	—
Ванадий	150,0	$C_1$	150,0	170,0	350,0	—
Кобальт	50,0	$C_1$	50,0	250,0	10000,0	—
Медь	23,0	$C_1$	23,0	38,0	263,0	—
Марганец	1500,0	$C_1$	1500,0	3500,0	1500,0	—
Ванадий [к фону)	+100,0	$C_1$	+100,0	+150,0	+200,0	—
Хром (III)	90,0	$C_1$	90,0	90,0	90,0	—
Сероводород	0,4	$C_4$	160,0	160,0	140,0	0,4
Нитраты	130,0	$C_3$	225,0	180,0	130,0	Нет

Обобщенная функциональная зависимость состояния здоровья от уровня загрязнения почвы вредными веществами носит следующий характер:

$$Z = f(D_{\text{ср.мн}}, j, K_k; D_m), \quad (7.1)$$

где  $Z$  — состояние здоровья населения;  $D_{\text{ср.мн}}$  — средняя многолетняя доза поступления в почву вредного вещества;  $j$  — индекс самоочищающей способности ландшафта;  $K_k$  — коэффициент кумуляции

вещества;  $D_m$  — максимальная недействующая (подпороговая) доза вещества в условиях комплексного поступления.

При обосновании ОДК вредных веществ в почве используются расчетно-экспериментальные методы. В частности, используется система баллов для установления степени токсичности химических веществ.

Например, пестициды анализируются по следующим параметрам:

- персистентность (детоксикация) в почве (месяцы и годы) — от 2 до 8 баллов;
- миграция по почвенному профилю — 0–3 балла;
- действие на почвенные ферментативные процессы и биоту — 0–3 балла;
- транслокация в культурные растения и фитотоксическое действие через почву — 0–3 балла;
- реакция на действие инсоляции — 0–1 балл;
- допустимые остаточные количества для продуктов урожая, мг/кг — 0–4;
- ПДК в воде, мг/л — 0–4;
- действие на органолептические качества растительных продуктов — 0–1; — пороговая концентрация для питьевой воды, мг/л — 0–2;
- летучесть — 0–3;
- токсичность для теплокровных животных ( $LD_{50}$ ), мг/кг — 1–4;
- способность к кумуляции в организме теплокровных животных (коэффициент кумуляции) — 0–3.

Полученные результаты, выражающиеся в сумме баллов, позволяют определить ориентировочные допустимые концентрации пестицидов в почве.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какой критерий положен в основу теории и практики санитарно-гигиенического нормирования содержания химических веществ в почвах?
2. Дайте определение ПДК загрязняющего вещества в почвах.
3. По каким ЛПВ устанавливается пороговое количество вещества в почвах?

## Глава 8

# НОРМИРОВАНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

### 8.1. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Радиоактивность в биосфере Земли вызвана естественными радиоактивными элементами, образовавшимися при формировании нашей планеты, космогенными элементами, поступающими из атмосферы, где они образуются постоянно в результате взаимодействия космического излучения с ядрами стабильных элементов, а также техногенными источниками излучения.

При распаде радиоактивных элементов испускается излучение трех типов:  $\alpha$ -частицы,  $\beta$ -частицы (электроны и позитроны),  $\gamma$ -излучение.

Альфа-распад представляет собой выделение гелия с энергией 1,8–15 МэВ, распространяющегося с начальной скоростью около 20 000 км/с. Происходит в результате ядерных реакций и является существенной частью первичных космических лучей. При движении он создает сильную ионизацию, в связи с чем энергия  $\alpha$ -распада быстро рассеивается. В связи с этим проникающая способность  $\alpha$ -частиц незначительна (длина пробега в воздухе составляет 3–11 см, а в жидких и твердых средах — сотые доли миллиметра).

Альфа-распад неопасен для кожи, но представляет опасность для внутренних органов.

При  $\beta$ -распаде излучается электрон или позитрон. Энергия распада меняется в широких пределах: от 2,5 КэВ до десятков МэВ. В зависимости от энергии излучения,  $\beta$ -частицы могут распространяться со скоростью, близкой к скорости света (300 000 км/с). Их заряд меньше, а скорость выше, чем у  $\alpha$ -частиц, поэтому они имеют меньшую ионизирующую, но большую проникающую способность. Длина пробега  $\beta$ -частиц с высокой энергией составляет в воздухе до 20 м, воде и живых тканях — до 3 см, металле — до 1 см. Значительные дозы  $\beta$ -излучения могут вызвать лучевую болезнь.

Гамма-излучение — это электромагнитное излучение с длиной волны менее  $5 \cdot 10^{-3}$  нм. Оно представлено фотонами с высокой энергией  $10^5$  эВ. Излучение испускается при ядерных реакциях (при аннигиляции электрона и позитрона) и при ядерных переходах. Гамма-излучение не отклоняется магнитным и электрическим полями и обладает высокой проникающей способностью. Ионизирующая способность его значительно меньше, чем у  $\beta$ -частиц и тем более чем у  $\alpha$ -частиц.

Однако  $\gamma$ -излучение имеет наибольшую проникающую способность и в воздухе может распространяться на сотни метров. *Поэтому оно относится к важнейшим факторам поражающего действия радиоактивных излучений при внешнем облучении.*

Рентгеновское излучение вызвано фотонами с энергией между ультрафиолетовым и  $\gamma$ -излучением. Испускается при участии электронов, т.е. при взаимодействии электронов или переходах с одного уровня электронной оболочки на другой. Энергия квантов рентгеновских лучей несколько меньше, чем гамма-излучение большинства радиоактивных изотопов, соответственно, несколько ниже их проникающая способность.

Кроме того, известно нейтронное излучение, образующееся при ядерном взрыве. Оно представляет собой поток нейтронов, скорость распространения которых достигает 20 000 км/с. Так как нейтроны не имеют электрического заряда, они проникают в ядра атомов и захватываются ими. При ядерном взрыве большая часть нейтронов выделяется за короткий промежуток времени, легко внедряясь в живую ткань. Поэтому нейтронное излучение оказывает сильное поражающее действие при внешнем облучении.

Таким образом, к *ионизирующим излучениям* относятся заряженные частицы ( $\alpha$  и  $\beta$ ). При прохождении через вещество они вызывают возбуждение и ионизацию атомов, образуя на пути своего движения пары ионов — отрицательно заряженные электроны и ионизированные атомы с положительным зарядом.

*Ионизирующее излучение, взаимодействуя с атомами вещества, быстро теряет свою энергию и относится к слабопроникающему.*

Неионизирующее (или слабоионизирующее) излучение представлено излучениями, лишенными электрического заряда (рентгеновские лучи,  $\gamma$ -кванты, нейтроны). Сами по себе они не обладают способ-

ностью к ионизации и при прохождении через вещество проникают на большую глубину, являясь сильно проникающими излучениями.

Единица измерения количества радиоактивности — Беккерели (Бк). Один Бк соответствует одному ядерному превращению в 1 с.

Используют также внесистемную единицу количества активности — кюри (Ки), соответствующую  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк. Активность радионуклидов в почвах, воде, донных осадках принято давать на единицу массы или объема (Бк/кг или Бк/л).

Степень воздействия источников ионизирующего излучения разных типов ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучение) определяется дозой излучения (экспозиционной и поглощенной), суть которой заключается в способности радиации производить ионизацию, т.е. передавать энергию тому объекту, с которым взаимодействует излучение.

## **8.2. ДОЗЫ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ЕДИНИЦЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ**

Дозы радиационного воздействия делятся на 4 категории:

- 1) экспозиционная доза;
- 2) поглощенная доза;
- 3) эквивалентная доза;
- 4) эффективная доза.

### **1. Экспозиционная доза радиационного воздействия.**

*Экспозиционной дозой называют дозу излучения, которая характеризует ионизационный эффект рентгеновского и гамма-излучений в воздухе. Это доза, которая характеризует источник и созданное им радиоактивное поле.*

#### *Единицы измерения экспозиционной дозы*

Экспозиционную дозу излучения гамма-лучей измеряют внесистемной единицей — *Рентгеном* (R, R). Один рентген — это такая доза рентгеновского или гамма-излучения, которая в  $1 \text{ см}^3$  сухого воздуха при температуре  $0^\circ \text{C}$  и давлении 760 мм рт. ст. создает 2 млрд пар ионов (или, точнее,  $2,08 \cdot 10^9$ ). На практике применяют и производные единицы: *миллирентген* ( $1 \text{ R} = 1000 \text{ мР}$ ;  $1 \text{ мР} = 10^{-3} \text{ R}$ ) и *микрорентген* ( $1 \text{ R} = 1\,000\,000 \text{ мкР}$ ;  $1 \text{ мкР} = 10^{-6} \text{ R}$ ).

В системе СИ экспозиционная доза измеряется в *кулонах на килограмм* (Кл/кг, С/kg). Это единица экспозиционной дозы излучения, при которой в каждом килограмме воздуха образуются ионы с общим зарядом, который равняется 1 кулону.

## **2. Поглощенная доза радиационного воздействия.**

*Поглощенная доза* — это количество энергии разных видов ионизирующих излучений, поглощенных единицей массы вещества.

### *Единица измерения поглощенной дозы*

Единицей измерения поглощенной дозы является *Грей (Гр)*, что соответствует поглощению энергии излучения 1 Дж одним килограммом вещества. *Единица поглощенной дозы* излучения тканями организма в системе СИ — *джоуль на килограмм* (Дж/кг, J/kg). Дж/кг — это количество энергии любого вида ионизирующего излучения, поглощенного одним килограммом тела.

Еще применяют внесистемную единицу — *рад* (rad) (сокращение от англ. *radiation absorbent dose*) — это поглощенная доза любого излучения, при которой количество энергии, поглощенной 1 г вещества, которое облучается, соответствует 100 эрг; 1 рад = 0,01 Дж/кг = 100 эрг поглощенного вещества в тканях.

## **3. Эквивалентная доза радиационного воздействия**

Знания величины поглощенной дозы недостаточно для точного предвидения ни степени трудности, ни вероятности возникновения эффектов поражения. Из-за этого введено понятие «эквивалентная доза».

Эквивалентная доза характеризует то, что разные виды ионизирующего излучения во время облучения организма одинаковыми дозами приводят к разному биологическому эффекту. Это связано с неодинаковой удельной плотностью ионизации, вызванной разными видами излучений.

Поэтому введено понятие «*относительная биологическая активность*», которое показывает соотношение поглощенных доз разных видов излучения, которые вызовут одинаковый биологический эффект. Если условно принять биологическую эффективность гамма- и бета-лучей за единицу, то для альфа-частиц она будет равняться

десяти, а для медленных и быстрых нейтронов соответственно пяти и двадцати. Эквивалентная доза облучения используется для оценки действия излучения на живые организмы, прежде всего на человека и животных.

### *Единицы измерения эквивалентной дозы*

Для учета различий введен коэффициент качества излучения и понятие эквивалентной дозы, единица которой *Зиверт (Зв)*, а внесистемная единица — бэр (1 бэр = 0,013 Зв):

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R}, \quad (8.1)$$

где  $D_{T,R}$  — средняя поглощенная доза в органе или ткани  $T$ ;  $W_R$  — взвешивающий коэффициент для излучения  $R$ .

При воздействии излучения разных видов с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для излучения этих видов:

$$H_T = \sum_R H_{T,R}. \quad (8.2)$$

### **Эффективная доза радиационного воздействия**

*Эффективная доза* характеризует величину меры риска возникновения отдаленных последствий при облучении всего тела человека и отдельных его органов с учетом их дифференцированной радиочувствительности. Возможность определить эффективную дозу появилась после того, как в 1909 году лауреаты Нобелевской премии в области радиобиологии ученые Жан Бергонье и Луи Трибондо<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Правило (закон) Бергонье — Трибондо — правило в радиобиологии, которое в первоначальной формулировке утверждало, что клетки тем чувствительнее к облучению, чем быстрее они размножаются, чем продолжительнее у них фаза митоза и чем менее они дифференцированы. Сформулировано в 1906 году Жаном Бергонье и Луи Трибондо. Позднее в правило были внесены существенные коррективы. Позже было доказано, что наиболее чувствительными являются недифференцированные клетки, которые хорошо кровоснабжаются. В организме человека такими клетками являются гаметы, эритробласты, эпидермальные стволовые клетки и стволовые клетки желудочно-кишечного тракта. Минимальной чувствительностью обладают нейроны и мышечные клетки.

смогли определить различия в радиационном поражении различных клеток и органов человеческого тела (рис. 8.1).

<b>Допустимые дозы</b>				
Мощность дозы, допустимая в помещении	Мощность дозы, допустимая для открытой местности	Безопасная норма	Максимально допустимый уровень радиации	Уровень радиации в стране по официальным данным
<b>15-20 мкР/час</b>	<b>8-12 мкР/час</b>	<b>до 30 мкР/час</b>	<b>65 мкР/час</b>	<b>10-13 мкР/час</b>

Рис. 8.1. Допустимые дозы радиационного воздействия регламентируются «Нормами радиационной безопасности РФ»

*Эффективная доза* — это сумма произведений эквивалентной дозы в органах  $H_T$  на соответствующие взвешивающие коэффициенты для данных органов или тканей (табл. 8.1).

Таблица 8.1

**Значения весовых множителей  $W_T$  для различных органов и тканей**

№	Ткань или орган	$W_T$	№	Ткань или орган	$W_T$
1	Половые железы	0,20	8	Печень	0,05
2	Красный костный мозг	0,12	9	Пищевод	0,05
3	Толстый кишечник	0,12	10	Щитовидная железа	0,05
4	Легкие	0,12	11	Кожа	0,01
5	Желудок	0,12	12	Поверхность костей	0,01
6	Мочевой пузырь	0,05	13	Остальные органы	0,05
7	Молочные железы	0,05			

Общая зависимость острых летальных доз от видовой принадлежности представителей живой природы определяется структурой организации вида. Чем более высокоорганизован вид, тем меньшие дозы вызывают гибель его представителей.

Для млекопитающих, например, летальные дозы составляют 2–12 Зв, для вирусов — 1–120 · 10<sup>4</sup> Зв.

В 1990 г. была выведена концепция безопасного проживания и установлена максимальная доза радиации для человека в 1 миллизиверт

в год, или при среднестатистическом возрасте в 70 лет за всю жизнь максимальная безопасная доза составляет 70 мЗв (7 бэр) (рис. 8.2).

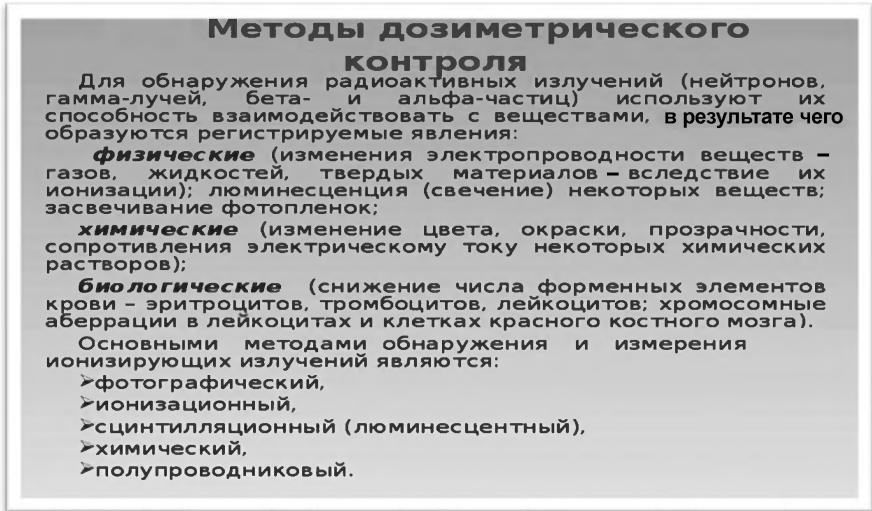


Рис. 8.2. Основные методы дозиметрического контроля

Возможность фиксации и оценку мощности радиоактивных излучений осуществляют приборами, использующими различные методы дозиметрического контроля в зависимости от целей и необходимой точности контроля. Методы дозиметрического контроля (рис. 8.3) делятся на:

- физические методы;
- химические методы;
- биологические методы.

Самые распространенные приборы (см. рис. 8.3) для измерения дозы или мощности ионизирующего излучения называются дозиметрами. Дозиметры позволяют пользователю определить дозу полученного излучения за рабочую смену или за период нахождения в зоне ионизации. Измерение описанных величин называется дозиметрией.

К числу естественных источников излучения относятся космическое излучение и радиоактивные природные вещества. В почве, воде, воздухе, строительных и других материалах всегда рассеяны

природные радионуклиды. Совместно с космическим излучением они создают радиоактивный природный фон на Земле.



Рис. 8.3. Дозиметры

На уровне моря за счет космических лучей мощность дозы (т.е. величина дозы за единицу времени) составляет  $1,15 \cdot 10^{-11}$  Гр/с (0,99 мкГр в сутки). Мощность дозы при облучении космическими лучами, которому подвергается человек, составляет за сутки 1,1 мкГр, за год — 0,4 мГр.

Таким образом, все население земного шара подвержено облучению от естественных источников при относительно постоянной интенсивности излучения с течением времени. Однако оно может заметно меняться от места к месту. Вследствие вариабельности доз от естественных источников излучения индивидуальные дозы в некоторых случаях в несколько раз превосходят средние значения.

### Вопросы для самоконтроля

1. Какие дозы ионизирующего воздействия вы знаете?
2. Пути поступления радионуклидов в организм и их содержание в организме.
3. Как определяют объемную или удельную активность радионуклидов в воздухе, воде, продуктах питания, строительных материалах?
4. Как определяют радиоактивное загрязнение кожных покровов, одежды, обуви, рабочих поверхностей?
5. Что такое эффективная доза излучения?

## Глава 9

# НОРМИРОВАНИЕ НЕГАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

В настоящее время в связи с хозяйственной деятельностью человека уровень электромагнитного излучения антропогенного происхождения в десятки тысяч раз превысил естественный электромагнитный фон.

За последние полвека только мощность радиоизлучения объектов гражданского назначения увеличилась более чем в 500 000 раз. По мнению экспертов Всемирной организации здравоохранения, уровень электромагнитного загрязнения окружающей среды выходит на уровень, сопоставимый с ее нынешним загрязнением химическими веществами. А при современных темпах роста количества и мощности источников электромагнитного излучения — в ближайшее время может превзойти его.

***Сформировался новый значимый фактор окружающей среды — электромагнитные поля антропогенного происхождения, или «электромагнитный смог» (рис. 9.1).***

Электромагнитное излучение — один из наиболее сложных для нормирования видов вредных физических воздействий. Это связано, во-первых, со множеством возможных естественных и искусственных источников электромагнитного загрязнения и, во-вторых, с достаточно слабой изученностью природы явления и последствий воздействий на человеческий организм.

*Существует мнение, что электромагнитное загрязнение потенциально более опасно, чем радиационное.*

Электромагнитное поле (ЭМП) — это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрическими заряженными частицами. ЭМП в вакууме характеризуется вектором напряженности электрического поля ( $V/m$ ) и магнитной

*индукцией* (Тл) или *напряженностью магнитного поля* (А/м), которые определяют силы, действующие со стороны поля на неподвижные и движущиеся заряженные частицы.



Рис. 9.1. Электромагнитный смог

Мы все находимся в естественном электромагнитном поле Земли (геомагнитном поле), интенсивность которого определяется солнечной активностью. Воздействие поля Земли на человека выражается в увеличении в период солнечной активности (или в «тяжелые» дни) количества сердечно-сосудистых заболеваний и в ухудшении самочувствия гипертоников.

В целом механизм воздействия на организм и его последствия изучены очень слабо. Результаты многочисленных исследований в нашей стране и за рубежом неоспоримо доказывают, что все живое чрезвычайно чувствительно к действию электромагнитных полей, а электромагнитное излучение служит причиной целого ряда заболеваний.

По современным представлениям, физиологическое воздействие обусловлено индуцированными токами в тканях организма.

Величина индуцированного тока зависит от напряженности поля и продолжительности воздействия.

***При этом безопасный предел силы индуцированного тока составляет 5 мА.***

Под воздействием ЭМП в организме человека измерены потенциалы до 15 мВ. В окружающей среде формируются электростатические поля с потенциалом до 104 В и напряженностью поля до 106 В/м. Причина столь высоких значений кроется в большом количестве синтетических изоляционных материалов, введенных в обиход на производстве и в быту.

Отмечены поведенческие эффекты воздействия переменного поля на людей и животных. Существуют сведения о влиянии поля на центральную нервную систему человека.

Есть данные о канцерогенном воздействии ЭМП особо низкой (до 300 Гц) частоты.

***В целом неблагоприятный диапазон частот для организма человека оценивается от 20 Гц до 60 кГц.***

У людей, работающих в ЭМП высоковольтных кабелей, в 5–8 раз возрастает вероятность заболевания лейкемией.

У персонала, обслуживающего радары, в 3–12 раз увеличивает риск заболевание полицитемией (заболевание крови). Раковые клетки, подвергнутые облучению ЭМП частотой 60 Гц, растут в 6 раз быстрее. Также известно, что многие простейшие организмы очень чувствительны к изменениям ЭМП.

Максимальное электромагнитное излучение отмечается в городах, особенно вблизи аэропортов, промышленных предприятий, электрических подстанций, линий электропередач, средств и объектов телекоммуникаций.

В последнее время наблюдается резкое увеличение количества и видов бытовой техники, оборудования и устройств (системы персональной радиосвязи, компьютеры и видеотехника, современная бытовая техника), эксплуатация которых сопровождается формированием интенсивного электромагнитного поля.

Санитарно-гигиенические нормы по ЭМП в районе аэропортов превышаются, по статистике, на 12,8%, вблизи промышленных предприятий — до 15,6%, а в городских общественных зданиях — до 5,7%.

***Электромагнитное излучение, традиционно рассматриваемое в санитарно-гигиеническом направлении ЭН, в настоящее время становится частью экосистемного.***

В РФ нормы электромагнитного поля определены СанПиН 2.2.4.1191-03<sup>1</sup>. Необходимо заметить, что в настоящее время нормирование электромагнитного излучения проводится по электрической и магнитной составляющей поля отдельно.

Санитарные правила устанавливают на рабочих местах:

- ВДУ ослабления геомагнитного поля (ГМП);
- ПДУ электростатического поля (ЭСП);
- ПДУ постоянного магнитного поля (ПМП);
- ПДУ электрического и магнитного полей промышленной частоты 50 Гц (ЭП и МП ПЧ);
- ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот 10 кГц — 30 кГц;
- ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот 30 кГц — 300 ГГц.

Необходимость контроля уровня естественного геомагнитного поля обусловлена результатами медицинских исследований, которые показывают, что ослабление поля негативно сказывается на здоровье человека.

При длительной изоляции от внешнего ЭМП у человека развиваются разнообразные и глубокие функциональные нарушения: увеличивается время свертывания крови, изменяются ритмы сердца и др. Такие условия могут возникать в специальных помещениях и технических средствах, конструктивные особенности которых влияют на геомагнитное поле. Сейчас установлен временный допустимый коэффициент ослабления интенсивности геомагнитного поля  $K_{\text{ГМП}}$ . На рабочих местах персонала в течение смены он не должен превышать 2, т.е. ВДУ  $K_{\text{ГМП}} \leq 2$ .

---

<sup>1</sup> 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.1191-03. Разработаны: НИИ медицины труда Российской АМН (Г.А. Суворов, Ю.П. Пальцев, Н.Б. Рубцова, Л.В. Походзей, Н.В. Лазаренко, Г.И. Тихонова, Т.Г. Самусенко); Федеральным научным центром гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Минздрава России (Ю.П. Сыромятников); Северо-Западным научным центром гигиены и общественного здоровья (В.Н. Никитина); НПО «Техносервис-электро» (М.Д. Столяров); ОАО «ФСК ЕЭС» Филиал МЭС центра (А.Ю. Токарский); Самарским отраслевым НИИ радио (А.Л. Бузов, В.А. Романов, Ю.И. Кольчугин).

Уровень ЭСП измеряют в единицах напряженности электрического поля ( $E$ ) в кВ/м. Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля ( $E_{\text{ПДУ}}$ ) при воздействии в течение не более одного часа за смену устанавливается равным 60 кВ/м.

При воздействии ЭСП более 1 часа  $E_{\text{ПДУ}}$  определяется по формуле

$$E_{\text{ПДУ}} = 60 / \sqrt{t}, \quad (9.1)$$

где  $t$  — время воздействия, ч.

В диапазоне напряженности 20–60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты ( $t_{\text{доп}}$ ) вычисляется по формуле

$$t_{\text{доп}} = (60 / E_{\text{факт}})^2, \quad (9.2)$$

где  $E_{\text{факт}}$  — измеренное значение напряженности ЭСП (кВ/м).

При напряженности ЭСП, превышающей 60 кВ/м, работа без применения средств защиты не допускается, а при напряженности менее 20 кВ/м время пребывания в электростатическом поле не регламентируется.

Оценка и нормирование ПМП дифференцирована для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечье) воздействия и проводится по уровню магнитного поля в зависимости от времени его воздействия на работника в течение рабочей смены. Уровень ПМП оценивают в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м или в единицах магнитной индукции (В) в мТл. ПДУ напряженности (индукции) ПМП на рабочих местах представлены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

#### ПДУ постоянного магнитного поля

Время воздействия за рабочий день, мин	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0–10	24	30	40	50
11–60	16	20	24	30
61–480	8	10	12	15

Оценка электромагнитного поля промышленной частоты (50 Гц) осуществляется отдельно по напряженности электрического поля

( $E$ ) в кВ/м, напряженности магнитного поля ( $H$ ) в А/м или индукции магнитного поля ( $B$ ) в мкТл. Нормирование электромагнитных полей 50 Гц на рабочих местах персонала проводится в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле.

Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля 50 Гц на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м. При напряженности в интервале от 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания в ЭП (ч) можно узнать по формуле

$$T = \frac{50}{E} - 2, \quad (9.3)$$

где  $E$  — напряженность ЭП в контролируемой зоне, кВ/м;  $T$  — допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

При напряженности свыше 20 и до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин. Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

Предельно допустимые уровни напряженности магнитного поля 50 Гц установлены для периодического и импульсного полей. Предельно допустимые уровни напряженности периодических (синусоидальных) МП устанавливаются для условий общего (на все тело) и локального (на конечности) воздействия (табл. 9.2).

При пребывании персонала в зонах с различной напряженностью (индукцией) магнитного поля общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать предельно допустимое для зоны с максимальной напряженностью.

Таблица 9.2

**ПДУ воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц**

Время пребывания, ч	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии	
	общем	локальном
< 1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

При пребывании персонала в зонах с различной напряженностью (индукцией) магнитного поля общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать предельно допустимое для зоны с максимальной напряженностью.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое электромагнитное излучение?
2. Дайте определение электромагнитного поля.
3. Последствия воздействия электромагнитного излучения на биологические объекты.
4. В каком источнике определены нормы электромагнитного поля?
5. Нормирование электромагнитного излучения.

## Глава 10

# МЕХАНИЗМЫ И ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

### 10.1. БИОСФЕРИКА

Представление о необходимости создания искусственной замкнутой среды обитания человека зародилось одновременно с возникновением мечты о космических полетах. Людей всегда интересовала возможность перемещаться в пространстве. В XX в. стартовало практическое освоение космоса, а в XXI в. космонавтика стала уже неотъемлемой частью мировой экономики.

Провозвестник космонавтики, философ-космист К.Э. Циолковский в «Монизме Вселенной» (1925) писал: «Техника будущего даст возможность одолеть земную тяжесть и путешествовать по всей Солнечной системе. После заселения нашей Солнечной системы начнут заселяться иные *солнечные системы* нашего Млечного Пути. С трудом отделится человек от Земли».

Под «техникой будущего» Циолковский имел в виду не только ракетную технику, использующую принцип реактивного движения, но и систему обитания человека в космосе, построенную по образу и подобию земной биосферы.

#### **Рождение концепции «космической биосферы»**

К.Э. Циолковский первым высказал идею об использовании природоподобных принципов и биосферных механизмов воспроизводства кислорода, питания, пресной воды и утилизации образующихся отходов для жизнеобеспечения экипажа своего «реактивного прибора».

Этот вопрос рассматривался Циолковским почти во всех его научных, философских и фантастических произведениях.

Возможность создания такой среды обоснована трудами В.И. Вернадского, раскрывшего основные принципы построения и функцио-

нирования биосферы Земли. В период с 1909 по 1910 г. Вернадский опубликовал серию заметок, посвященных наблюдениям за распространением химических элементов в земной коре, и сделал вывод о ведущем значении живых организмов для создания круговорота вещества на планете.

Ознакомившись с этими работами Вернадского и другими трудами в области нового тогда научного направления — экологии, Циолковский писал во второй части статьи «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1911 г.):

«Как земная атмосфера очищается растениями при помощи Солнца, так может возобновляться и наша искусственная атмосфера. Как на Земле растения своими листьями и корнями поглощают нечистоты и дают взамен пищу, так могут непрерывно работать для нас и захваченные нами в путешествия растения.

Как все существующее на Земле живет одним и тем же количеством газов, жидкостей и твердых тел, так и мы можем вечно жить взятым нами запасом материи» (рис. 10.1).

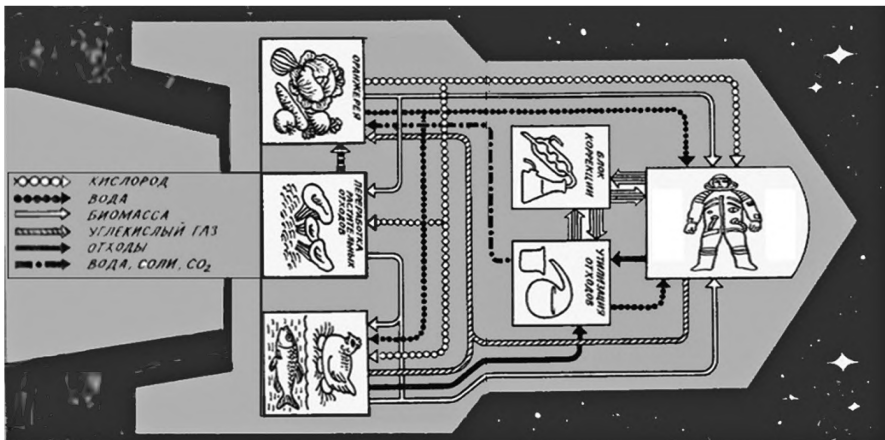


Рис. 10.1. Искусственная биосфера для исследования человеком космического пространства

Авторство рождения нового естественно-научного направления можно условно разделить между К.Э. Циолковским, сформулировавшим философский принцип своей фантастической идеи, ученым-

исследователем В.И. Вернадским, обосновавшим ее возможность, и конструктором С.П. Королевым, поставившим задачу ее реализации.

Незавершенная рукопись Циолковского, получившая название «Жизнь в межзвездной среде», вышла в виде фрагментов в издательстве «Наука» по прошествии более 30 лет — в 1964 г. Инициатором публикации выступил генеральный конструктор космической техники, академик С.П. Королев.

В 1962 г. он, уже имея опыт успешного космического полета, осуществленного первым космонавтом Ю.А. Гагариным 12 апреля 1961 г., задал принципиально новый вектор развития космического проекта:

«Надо бы начать разработку “оранжереи по Циолковскому”, с наращиваемыми постепенно звеньями или блоками, и надо начинать работать над “космическими урожаями”».

Создание первой в мире замкнутой искусственной экосистемы космического назначения началось со встречи С.П. Королева и директора Института физики Сибирского отделения АН СССР (ИФ СО АН СССР), академика Л.В. Киренского, на которой Королев передал Киренскому свои предложения по «космической оранжерее».

После этого в ИФ СО АН СССР поставленную Королевым задачу создания искусственной экосистемы в герметичной капсуле, в которой человек мог длительное время пребывать в приближенных к земным условиям среды, поручили отделу простейших организмов.

Это необычное решение, как выяснилось позже, оказалось верным: именно простейшие микроводоросли оказались способными полностью обеспечить экипаж кислородом и чистой водой.

## **Биосфера**

Необходимость исследования глобальных процессов в биосфере и необходимость разработки устойчивых систем жизнеобеспечения, способных функционировать неограниченное время, поставили на повестку дня проблему создания новой науки об объектах с происходящим в них замкнутым циклическим оборотом веществ. Именно эти задачи начали решать в Красноярске академики Киренский Л.В., Терсков И.А. и Гительзон И.И. (рис. 10.2).

Однако о возникновении такой науки было объявлено на Советско-американском симпозиуме, проходившем в Шушенском (Красноярский край), лишь в 1989 году.



Рис. 10.2. Академики, последовательно возглавлявшие направление биосферики

Эта наука получила название «биосферика». На симпозиуме прошла целая дискуссия о выборе термина, в результате которой термин «босферология» и решили не использовать, чтобы подчеркнуть активный характер новой науки.

Конечно, декларировать возникновение новой науки значительно проще, чем действительно создать ее. Предметом исследования биосферики является вся совокупность естественных и искусственных экологических и физико-химических систем с циклическими химическими и физическими превращениями в этих системах с большей или меньшей замкнутостью этих превращений.

Метод исследования этих систем непременно должен включать теорию подобия циклических биологических и химических процессов. Пока не видно, чтобы какая-либо другая наука, даже экология, претендовала на предмет биосферики.

## **10.2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ**

При обсуждении экологического биосферного кризиса можно выделить три типа вопросов:

1. Возможно ли в принципе управлять эволюцией биосферы, то есть реально ли вообще создание ноосферы?

2. Каковы пределы относительно безопасного для человека воздействия на биосферу? Возможно ли возвращение биосферы в исходное состояние после прекращения деформирующих воздействий на нее, то есть в какой мере можно надеяться на «упругость» биосферы?

3. Если человечество приведет биосферу в неустойчивое состояние и не будет иметь рычагов управления, то к какому устойчивому состоянию придет в конечном итоге биосфера и будет ли это устойчивое состояние приемлемым для существования человека?

Для ответа на эти вопросы необходим тщательный теоретический и экспериментальный анализ закономерностей функционирования биосферы.

Но над реальной биосферой проводить экспериментальные исследования слишком опасно — следовательно, надо иметь экспериментальные модели, искусственные биосферы, изолированные от большой биосферы Земли.

Такие модели уже существуют, и не в единственном числе. Но чтобы получить в результате экспериментов с этими моделями содержательный ответ, нужно прежде всего правильно задать вопрос, а для этого необходимо понимать хотя бы в общих чертах, как устроена реальная биосфера.

Исследования ряда экспериментальных моделей биосферы, которые проводились с 1964 года в красноярском Институте физики СО АН СССР, затем в Институте биофизики и ведутся сейчас в Институте фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета РАН, позволили сформулировать основные принципы создания замкнутых систем жизнеобеспечения:

I. В соответствии с идеями академика В.И. Вернадского жизнь в земной биосфере как в термодинамически закрытой системе может существовать только вследствие высокой замкнутости циклических превращений веществ, осуществляемых всеми живыми организмами за счет энергии Солнца.

II. Все, что производит какой-либо организм, в том числе и он сам, потребляется другими организмами и возвращается в цикл.

III. Одни и те же атомы химических элементов используются живыми организмами многократно.

IV. Теоретические и экспериментальные модели экосистем должны быть прежде всего высокозамкнутыми по потокам веществ.

### **10.3. ГЛАВНЫЙ ПРИНЦИП СУЩЕСТВОВАНИЯ БИОСФЕРЫ — ПРИНЦИП ЦИКЛИЧЕСКОЙ ЗАМКНУТОСТИ**

Главное свойство биосферы — это непрерывный синтез и разложение составляющих ее веществ. Вся совокупность веществ биосферы вовлечена в мощные глобальные потоки и изменения, но эти потоки и изменения практически полностью сбалансированы, или, другими словами, замкнуты. Все, что производит живой организм, в том числе и он сам, потребляется организмами других видов, и так далее по цепочке — процессы эти идут циклически, без образования тупиковых продуктов, за счет использования солнечной энергии.

Помимо замкнутых циклов обмена веществ — метаболических циклов, существуют также физические циклы, например водный гидрологический цикл: вода в одних местах испаряется, в других — конденсируется. Чистая вода загрязняется продуктами выделений живых организмов и минеральными веществами, а затем снова очищается за счет дистилляции и жизнедеятельности других организмов, особенно растений.

Метаболические и физические циклы в биосфере обеспечивают в результате химическое и физическое постоянство окружающей нас среды.

Закон равновесия циклов можно назвать принципом циклической замкнутости, или просто принципом замкнутости.

Жизнь в разных формах существует на Земле около трех миллиардов лет, и вся эта жизнь в целом бессмертна, хотя каждое отдельное живое существо смертно. За этот период атомы химических элементов, образующие вещества биосферы, многократно входили в состав самых различных организмов — от бактерий и сине-зеленых водорослей до высших животных и человека, то есть меняли свою «роль» миллионы раз, а между тем общее количество их и элементный состав веществ, вовлеченных в круговорот, были практически постоянны.

Необходимо тщательно осмыслить, каковы механизмы реализации принципа замкнутости в живой природе и биосфере в целом — от этого зависит не только создание саморегулирующейся замкнутой искусственной среды обитания для покорения космического пространства, но и будущее человечества и биосферы Земли.

#### **10.4. ПРИНЦИП ЗАМКНУТОСТИ И БУДУЩЕЕ БИОСФЕРЫ И ЧЕЛОВЕЧЕСТВА**

В начале нашего века В.И. Вернадский понял, что геологические процессы на Земле в значительной степени определялись деятельностью живых организмов и уже в близком будущем будут определяться хозяйственной деятельностью человека (Вернадский, 1994). Прежде всего это касается формирования состава воды и атмосферы.

Но сам Вернадский и его единомышленники полагали, что эти процессы будут контролироваться человеком и что все изменения в земной биосфере в конечном итоге будут благоприятны для жизни человека, так что биосфера перейдет в новое состояние, зависящее от воли человека. Для этого нового состояния было предложено название «ноосфера» (от греч. *nous* — разум).

Однако уже в конце 60-х годов по инициативе Римского клуба были проведены исследования, которые показали, что развитие биосферы идет в неблагоприятном для нас и даже катастрофическом направлении (Forrester, 1971; Meadows et al., 1974).

Это связано прежде всего с исчерпанием экономически доступных ресурсов и загрязнением окружающей среды отходами хозяйственной деятельности человека — и в настоящее время процесс этот зашел так далеко, что, как можно было бы подумать, ничто уже не зависит от «разума» человека. К середине следующего столетия прогнозируются резкое увеличение смертности и значительное снижение численности человечества.

Этот вывод основан на простых, еще недостаточно разработанных математических моделях, но он кажется убедительным, так как представляет прямую аналогию с развитием бактерий в пробирке: бактерии, внесенные в пробирку с питательной средой, некоторое время размножаются с небольшой скоростью, которая затем быстро

увеличивается и достигает максимума. Далее численность бактерий растет экспоненциально до предельной величины, после чего быстро падает из-за истощения питательных веществ и накопления в среде отходов жизнедеятельности. В этом смысле человечество пока ничем не отличается от бактерий, и его развитие практически не зависит от его разума.

Благоприятные сценарии будущего связаны с освоением ближнего и дальнего космоса, распространением жизни и переносом биосферы на другие планеты, обнаружением новых запасов уже используемых ресурсов.

### **10.5. ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО СОЗДАНИЮ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЗАМКНУТОЙ ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

В 1964 году начались работы по практической отработке первой в истории замкнутой искусственной экологической системы, включающей во внутренний круговорот вещества метаболизм человека. В отделе биофизики ИФ СО АН СССР, позднее преобразованном в самостоятельный Институт биофизики СО АН СССР, в Красноярске началось строительство экспериментальной установки БИОС-1, в которой участвовали И.И. Гительзон и И.А. Терсков, ставшие основателями нового направления в биофизике.

Главная задача заключалась в организации обеспечения человека кислородом и водой.

Первая установка БИОС-1 состояла из двух компонентов: гермокабины объемом 12 м<sup>3</sup>, внутри которой размещался человек, и специального резервуара-культиватора объемом 20 л для выращивания хлореллы обыкновенной (рис. 10.3).

Проведенные 7 экспериментов различной длительности (от 12 ч до 45 сут) показали возможность полностью замкнуть газообмен, то есть обеспечить выработку кислорода и утилизацию углекислого газа микроводорослями. Через процессы жизнедеятельности хлореллы также был налажен водооборот, в процессе которого вода очищалась в количестве, необходимом для питья и удовлетворения других нужд. В БИОС-1 не удавались опыты длительностью более 45 суток, так как рост микроводорослей останавливался.

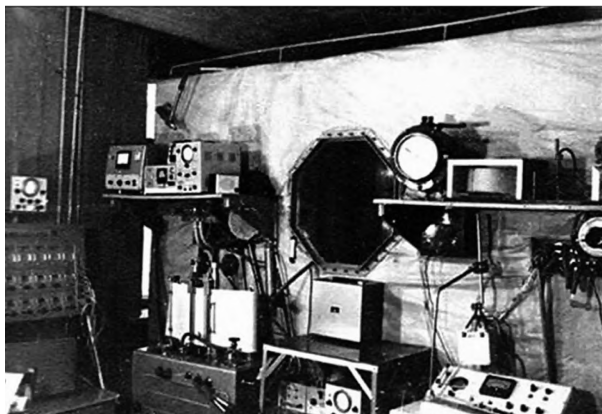


Рис. 10.3. Первая экспериментальная искусственная среда обитания БИОС-1

С 1966 по 1970 г. был создан и начал испытания БИОС-2, путем присоединения камеры с высшими растениями.

В течение 4 лет учёные проводили эксперименты по подбору идеального соотношения количества хлореллы и овощей для одного и двух человек, рационального набора высших растений, системы освещения, словом, просто собирали информацию. Затем к гермокабине подсоединили фитотрон объемом 8 м<sup>3</sup>.

Фитотрон — это специальное техническое устройство для выращивания в условиях искусственного освещения и микроклимата высших растений: овощей и пшеницы.

Высшие растения служили источником пищи для экипажа и обеспечивали регенерацию воздуха. Так как высшие растения тоже давали кислород, то удалось провести опыты с участием двух испытателей, продолжавшиеся 30, 73 и 90 дней. Установка работала вплоть до 1970 г.

Подсоединения к гермокабине в 1972 году фитотрона объемом 8 м<sup>3</sup> определило начало функционирования БИОС-3 (с 1972 г. по настоящее время) (рис. 10.4 и 10.5).

БИОС-3 состоял из 3 основных отсеков:

**1. Бытовой отсек.** Три каюты членов экипажа, кухня-столовая, санузел, отсек управления и мастерская — лаборатория с оборудованием для переработки урожая, утилизации несъедобной биомассы и ремонтных работ, а также с системами доочистки воды и воздуха.



Рис. 10.4. Макет системы жизнеобеспечения организованной по природоподобным принципам замкнутых круговоротов воды и воздуха



Рис. 10.5. Схема расположения гермоотсеков БИОС-3

**2. Фитотроны.** Один — с сортом карликовой пшеницы, имеющим укороченные стебли (для уменьшения количества отходов). Пшеница выращивалась конвейерным способом (единовременно в фитотроне присутствовало 14 возрастов пшеницы). Из пшеницы выпекался хлеб, который и подавался на стол «подопытным». На долю каждого «колониста» приходилось около 200 граммов зерна. Второй фитотрон — шесть возрастов овощей. Здесь выращивались морковь, редис, свёкла, картофель, капуста, огурцы, шавель, салат, укроп, лук и чуфа

(для получения растительного масла). В результате на каждого «подопытного колониста» приходилось около 400 граммов свежих овощей.

Фитотрон — это специальное техническое устройство для выращивания в условиях искусственного освещения и микроклимата высших растений: овощей и пшеницы (рис. 10.6).



Рис. 10.6. Фитотрон в БИОС-3

На рис. 10.6 представлен фитотрон БИОС-3 состоящий из следующих узлов: 1 — облучатель с высокоинтенсивным источником света; 2 — фототрофное звено (высшие растения) внутри герметичной камеры; 3 — манипуляторы для работы внутри камеры без нарушения ее герметичности; 4 — почвенный блок с почвоподобным субстратом; 5 — приборная стойка для контроля и автоматического поддержания параметров среды внутри камеры; 6 — стенка герметичной камеры из нержавеющей стали.

**3. Водорослевый культиватор** с тремя фотобиореакторами объемом 20 л каждый для выращивания. Самый длительный и известный эксперимент занял 180 суток, при этом один человек прожил внутри около 13 месяцев.

Успехи, достигнутые в ходе эксперимента: замкнутый практически на 100% цикл по кислороду и воде, воспроизводимая часть рациона экипажа была доведена до 52% по калорийности.

Нерешённые вопросы: естественная утилизация биомассы растений (пришлось сжигать) и возвращение во внутрисистемный обмен выводимой из организма человека соли.

Высшие растения стали служить источником пищи для экипажа и обеспечивали регенерацию воздуха. Так как высшие растения тоже давали кислород, то удалось провести опыты с участием двух испытуемых, продолжавшиеся 30, 73 и 90 дней.

### **Международный центр замкнутых экологических систем (МЦЗЭС)**

МЦЗЭС СО АН РФ был создан в Красноярске для развития обладающей международной известностью и признанием специалистов ведущих космических агентств мира биорегенеративной системы жизнеобеспечения БИОС-3. Уникальность данной системы определяется рядом ее особенностей, среди которых наиболее значимыми являются:

- способность сохранять стационарное состояние, обеспечиваемое герметичностью конструкции, и замкнутость внутреннего массообмена длительное время (несколько месяцев и более);
- возможность обеспечить необходимые условия для жизни человека, которые отрицательно не влияют на состояние его здоровья, как в период проведения экспериментов, так и на протяжении его последующей жизни;
- возможность долговременного управления процессами внутри самим экипажем при минимальном вмешательстве снаружи и с требуемым уровнем поддержания герметичности системы.

Благодаря этим и ряду других свойств, из всех искусственных биологических систем жизнеобеспечения, созданных в мире до настоящего времени, только БИОС-3 позволила в автономном режиме обеспечить жизнь экипажа (2–3 человека) в течение 6 месяцев за счет замыкания цикла по воде и газу почти на 100%, пище — более чем на 50%.

В настоящее время система БИОС-3 модернизируется по техническим параметрам и условиям пребывания в ней человека с учетом

международных стандартов. Уникальные результаты и большой опыт, накопленные при проведении исследований в БИОС-3, способствуют успешному развитию международных научных контактов с учеными США, Европейского Союза, Китая, Японии, Канады и других стран.

В перспективе планируются эксперименты с международным участием для создания нового поколения БИОС с высоким уровнем замкнутости за счет разработки новых технологий, обеспечивающих интенсификацию процессов фотосинтетической продуктивности, а также глубокую переработку растительных отходов и экзометаболитов человека при комбинации оригинальных физико-химического и биологического методов окисления.

## **10.6. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ БИОСФЕРИКИ**

### **«Биосфера» за стеклом США**

Эстафету в создании замкнутой среды обитания подхватили американцы. В 1984 г. компания Space Biospheres Ventures начала строить «Биосферу-2» — замкнутый экспериментальный комплекс на участке, расположенном в Аризонской пустыне США (рис. 10.7).



Рис. 10.7. «Биосфера-2»

Идеологами «Биосферы-2» были Марк Нельсон и Джон Аллен, которые прониклись идеями В.И. Вернадского, объединив на основе учения о биосфере порядка 20 ученых за рубежом. В СССР в издатель-

стве «Мысль» в 1991 г. была издана книга этого авторского коллектива «Каталог биосферы», в которой рассказывалось о предстоящем эксперименте.

«Биосфера-2» — это капитальная конструкция из стекла, бетона и стали, расположившаяся на территории 1,27 га.

Объем комплекса составил более 200 тыс. м<sup>3</sup>. Система была герметизирована. Внутри нее были искусственно воссозданы водные и наземные экосистемы биосферы: мини-океан с искусственным рифом, сложенным из кораллов, тропический лес — джунгли, саванна, редколесье, пустыня и пр. В распоряжении бионавтов были сельскохозяйственные угодья для выращивания овощей и риса, ферма с козами, кроликами и птицей.

26 сентября 1991 г. внутри комплекса сооружений были изолированы 8 человек — 4 мужчины и 4 женщины (рис. 10.8).



Рис. 10.8. Бионавты начали эксперимент 26 сентября 1991 г.

Экспериментаторы — бионавты, в числе которых был идеолог проекта Марк Нельсон, занимались традиционным сельским хозяйством — рисоводством. Для этого использовались сельская и животноводческая фермы, где были куры, козы и свиньи, в водоемах растили рыбу и креветки.

Трудности начались практически сразу же после начала эксперимента. Через неделю техник «Биосферы-2» сообщил, что в атмосфере понемногу уменьшается количество кислорода и нарастает концентрация углекислого газа. Также выяснилось, что ферма обеспечивала только 83% требуемого рациона исследователей. К тому же в 1992 г. размножились мотыльки-вредители и уничтожили почти все посевы риса. Всю зиму этого года держалась облачная погода, что привело к снижению продукции кислорода и растительного питания. Искусственный океан закислился вследствие растворения в его воде большого объема углекислого газа, из-за чего коралловый риф погиб. Началось вымирание животных в джунглях и саванне. В течение двух лет концентрация кислорода за стеклом снизилась до 14% вместо исходных 21% по объему.

Бионавты вышли наружу в сентябре 1993 г. после двухлетнего пребывания «за стеклом». «Биосфера-2» потерпела неудачу (рис. 10.9).



Рис. 10.9. Неудача «Биосферы-2»

Комплекс «Биосферы-2» и сейчас открыт для посещения, так как его авторы считают, что создали принципиально новую базу для публичного образования в области защиты окружающей среды.

Опыт «Биосферы-2» имел большое мировоззренческое значение.

Один из бионавтов — Джейн Пойнтер, выступая с лекциями после окончания эксперимента в «Биосфере-2», говорила: «Только тут я впервые осознала, насколько человек зависим от биосферы — если погибнут все растения, то людям нечем будет дышать и нечего будет есть. Если загрязнится вся вода, то людям нечего будет пить».

### **Японский эксперимент CEEF**

С 1998 по 2001 г. в Японии проводились исследования на установке CEEF (Closed Ecological Experimental Facility), представляющей собой замкнутую искусственную экосистему. Целью экспериментов было изучение замкнутых циклов газообмена, водооборота и питания при имитации условий марсианской обитаемой базы. Комплекс включал в себя фитотронный блок для выращивания растений, отсек для разведения домашних животных (козы), специальный геогидросферный блок, моделирующий наземную и водную экосистемы, и обитаемый модуль для экипажа из двух человек. Площадь растительных посадок составляла 150 м<sup>2</sup>, животноводческого модуля — 30 м<sup>2</sup>, жилого — 50 м<sup>2</sup> [9, р. 1506]. Авторами проекта были сотрудники Токийского аэрокосмического института К. Нитта и М. Огучи. Объект располагается на острове Хонсю в городе Роккасё.

Данные о проведении длительных экспериментов по изоляции людей в этой установке отсутствуют. Опубликованы лишь результаты моделирования последствий глобального потепления и миграции радионуклидов во внутренних потоках вещества.

### **«Лунный дворец» Китая**

Наиболее концептуально близок проекту БИОС китайский комплекс «Юэгун-1» («Лунный дворец»). Комплекс воспроизводит условия лунной базы. «Юэгун-1» разработан в Пекинском университете аэронавтики и астронавтики профессором Ли Хун (рис. 10.10).

Консультировали создателей китайского комплекса ученые из Москвы и Красноярска. Комплекс «Юэгун-1» занимает площадь

160 м<sup>2</sup> при объеме 500 м<sup>3</sup> и состоит из трех полуцилиндрических модулей. Первый модуль — жилой, в котором находятся кают-компания, каюты для трех членов экипажа, система переработки отходов и помещение для личной гигиены. В двух остальных модулях размещаются оранжереи для производства растительной пищи. Выращенные растения составляли более 40% рациона экипажа. По воде и по воздуху замкнутость среды установки составила 99%. Строительство установки «Юэгу-1» было закончено 9 ноября 2013 г.

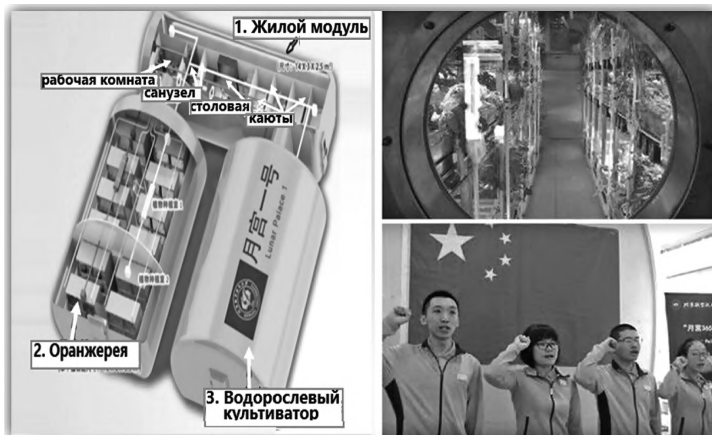


Рис. 10.10. Китайская «Юэгу-1» и отряд бионавтов — студентов Пекинского университета

С 23 по 30 декабря 2014 г. испытатели, которыми были два студента университета, провели пробное заселение «Лунного дворца». Сам эксперимент проводился в течение 105 суток — с 3 февраля по 20 мая 2014 г. В нем участвовал экипаж из трех человек: мужчина Се Бэйчжэнь и две женщины — Ван Миньцзюань и Дун Чэни.

Эксперимент завершился успешно и широко освещался в средствах массовой информации Китая.

## Выводы

Основой устойчивого существования биосферы являются координированные замкнутые циклические массопотоки веществ, непрерывно образующихся и распадающихся в биологических процессах.

Законы функционирования биосферы все еще остаются неизученными, и для изучения этих законов будут весьма полезны результаты, получаемые в экспериментах при создании и исследовании искусственных биосфер на базе эколого-технических систем замкнутых объектов — систем жизнеобеспечения, предназначенных для освоения человеком космоса.

Единственной наукой, изучающей замкнутые циклические процессы как в земной биосфере, так и в искусственных биосферах, является наука «биосферика», которая нуждается в эффективной поддержке вследствие быстрого движения человечества к глобальному экологическому кризису, а возможно, и к катастрофе, потому что человечество практически игнорирует принцип замкнутости.

Изучение законов замкнутости круговоротов веществ в биосфере позволит с помощью разумного и рационального природопользования обеспечить саморегулирование показателей качества окружающей среды и не только сделать возможным вечное существование жизни в пределах биосферы, но и распространить ее на другие космические объекты.

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

## Основная литература

1. *Метечко Л.Б.* Экология для инженерно-экономических и технических вузов: Учебное пособие. — Саарбрюкен (Германия): Lap Lambert Academic Publishing, 2013. — 520 с.
2. *Метечко Л.Б., Вострикова С.М., Сорокин А.Е.* Прикладные экологические расчеты. Анализ и расчет выбросов загрязняющих веществ производствами аэрокосмической отрасли: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2018. — 96 с.
3. *Метечко Л.Б., Вострикова С.М., Сорокин А.Е.* Прикладные экологические расчеты. Методики оценки экологических ущербов и определения эффективности природоохранных проектов: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2018. — 100 с.
4. *Метечко Л.Б., Сорокин А.Е., Новиков С.В.* Введение в экологию аэрокосмической отрасли: Учебник. — Калуга: Изд-во «Эйдос», 2016. — 320 с.
5. *Метечко Л.Б., Надежкина Е.С., Хуснетдинова К.А., Хуснетдинова Т.И.* Прикладная экология. Экологический практикум: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2016. — 96 с.
6. Инженерная экология: Учебник / Под ред. В.Т. Медведова. — М.: Гардарики, 2002. — 688 с.
7. *Сытник Н.А.* Промышленная экология [Электронный ресурс]: Конспект лекций для студентов / Сост. Н.А. Сытник. — Керчь, 2017. — 105 с. // Электронная библиотека ФГБОУ ВО «КГМТУ». — URL: <http://lib.kgmtu.ru/>
8. *Ветошкин А.Г.* Теоретические основы защиты окружающей среды: Учебное пособие. — М.: Абрис, 2012. — 397 с.
9. Федеральный закон Российской Федерации от 20 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
10. *Коновалова В.А.* Нормирование качества окружающей среды: Учебное пособие. — М.: РГУИТП, 2011. — 158 с.
11. *Мананков А.В.* Геоэкология. Промышленная экология: Учебное пособие. — Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. — 204 с.
12. МРР-2017: Методика расчета рассеивания в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. — Л., 2017.
13. *Розенберг Г.С., Шатуновский Д.С.* Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоёмов: Сборник материалов. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. — 196 с.
14. *Хаустов А.П., Редина М.М.* Нормирование антропогенных воздействий и оценки природоёмкости территорий: Учебное пособие. — М.: РУДН, 2008. — 282 с.
15. *Ханхунув Ю.М.* Основы нормирования в области охраны окружающей среды: Учебное пособие. — Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2010. — 262 с.

## Дополнительная литература

16. *Зайцев В.А.* Нормирование воздействия на окружающую среду в машиностроении и агропромышленном комплексе: Учебное пособие. — М.: Щели, 1999. — 240 с.
17. *Панин В.Ф.* Теоретические основы защиты окружающей среды: Курс лекций. — Томск: ТПУ, 2009. — 115 с.
18. *Найденко В.В., Губанов Л.Н., Петрова Е.Н.* Глобальные эколого-экономические проблемы: Учебное пособие. — Нижний Новгород: НГАСУ, 2002. — 294 с.
19. *Селезнева А.В.* От мониторинга к нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты. — Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2007. — 105 с.
20. *Хаскин В.В., Акимова Т.А.* Экология. Человек — Экономика — Биота — Среда: Учебник. — М.: Юнити-Дана, 2012. — 496 с.

## Электронные информационные ресурсы

21. Электронная библиотека книг [электронный ресурс]. URL: <http://iknigi.net/avtor-anatoliy-gorelov/46968-socialnaya-ekologiya-anatoliy-gorelov.html>
22. Основные издания ИЭВБ РАН [электронный ресурс]. URL: [http://www.ievbras.ru/books/book\\_25.html](http://www.ievbras.ru/books/book_25.html)
23. Экологические дисциплины [электронный ресурс]. URL: <http://www.twirpx.com/file/261126/>
24. Электронно-библиотечная система «Лань» [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com> (дата обращения 10.03.2016).

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Глава 1. Структура и принципы стандартизации нормирования в области охраны окружающей среды и использования ресурсов</b> . . . . .	3
1.1. Введение в структуру системы экологического нормирования . . . . .	3
1.2. Объекты экологического нормирования и основные термины . . . . .	13
Вопросы для самоконтроля . . . . .	17
<b>Глава 2. Правовые основы экологического нормирования</b> . . . . .	18
2.1. Утверждение государственных природоохранных стандартов — заключительный этап результатов экологического нормирования. . . . .	18
2.2. Нормативно-правовое обеспечение экологического нормирования . . . . .	21
2.3. Стандартизация: термины и определения. . . . .	30
2.4. Расшифровка обозначения экологических стандартов. . . . .	32
2.5. Экологическая маркировка. . . . .	34
2.6. Структура и функции органов федеральной власти в области экологического нормирования . . . . .	35
2.7. Практика экологического нормирования — экологическое проектирование . . . . .	37
Вопросы для самоконтроля. . . . .	38
<b>Глава 3. Санитарно-гигиенический подход нормирования антропогенной нагрузки на окружающую среду</b> . . . . .	39
3.1. Виды вредных воздействий . . . . .	39
3.2. Нормирование предельно допустимых концентраций вредных веществ . . . . .	41
3.3. Основные токсикометрические характеристики . . . . .	47
3.4. Санитарно-гигиеническое нормирование в России . . . . .	59
Вопросы для самоконтроля. . . . .	61
<b>Глава 4. Механизмы и принципы экологического нормирования.</b> . . . . .	62
4.1. Основные механизмы экологического нормирования в государственном регулировании природоохранной деятельности . . . . .	62
4.2. Основные принципы экологического нормирования. . . . .	74
Вопросы для самоконтроля. . . . .	76
<b>Глава 5. Нормирование антропогенного воздействия на атмосферный воздух</b> . . . . .	77
5.1. Показатели загрязненности атмосферы вредными веществами. . . . .	77
5.2. Потенциал загрязнения атмосферы и нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. . . . .	81
Вопросы для самоконтроля. . . . .	86

<b>Глава 6. Нормирование водной среды</b> . . . . .	87
6.1. Виды техногенных нагрузок на поверхностную и подземную гидросферу . . . . .	87
6.2. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде хозяйственно-питьевого назначения . . . . .	92
6.3. Разработка нормативов допустимого воздействия на водные объекты . . . . .	96
Вопросы для самоконтроля . . . . .	98
<b>Глава 7. Гигиеническая регламентация загрязнения почв</b> . . . . .	99
Вопросы для самоконтроля . . . . .	102
<b>Глава 8. Нормирование радиоактивного излучения</b> . . . . .	103
8.1. Ионизирующее излучение . . . . .	103
8.2. Дозы радиационного воздействия и единицы их измерения . . . . .	105
Вопросы для самоконтроля . . . . .	110
<b>Глава 9. Нормирование негативных воздействий     электромагнитных полей на биологические объекты</b> . . . . .	111
Вопросы для самоконтроля . . . . .	117
<b>Глава 10. Механизмы и принципы формирования искусственной среды     обитания</b> . . . . .	118
10.1. Биосфера . . . . .	118
10.2. Основные принципы создания замкнутых систем жизнеобеспечения . . . . .	121
10.3. Главный принцип существования биосферы — принцип циклической замкнутости . . . . .	123
10.4. Принцип замкнутости и будущее биосферы и человечества . . . . .	124
10.5. Эксперименты по созданию экспериментальной замкнутой искусственной среды обитания . . . . .	125
10.6. Международные исследования в области биосферики . . . . .	139
Выводы . . . . .	134
<b>Библиографический список</b> . . . . .	136

Тем. план 2025, ч. 1, поз. 25

**Метечко Людмила Борисовна**  
**Белявский Александр Евгеньевич**  
**Огородников Сергей Сергеевич**

## **НОРМИРОВАНИЕ И СНИЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

Редактор *Л.А. Ставцева*  
Компьютерная верстка *О.А. Пелипенко*

Сдано в набор 07.05.2025. Подписано в печать 13.11.2025.  
Бумага офсетная. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 8,14. Уч.-изд. л. 8,75. Тираж 200 экз.  
Заказ 681/1367.

Издательство МАИ  
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4  
Москва, А-80, ГСП-3 125993

Типография Издательства МАИ  
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4  
Москва, А-80, ГСП-3 125993

