



НОРМИРОВАНИЕ

и снижение загрязнения окружающей среды

Конспект лекций



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
Государственное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Биологический факультет
Кафедра ботаники и экологии**

**НОРМИРОВАНИЕ
и снижение загрязнения окружающей среды
Конспект лекций**



Донецк 2021

Нормирование и снижение загрязнения окружающей среды.

Конспект лекций

/ ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет",
Биологический факультет, Кафедра ботаники и экологии;
составители: А.И. Сафонов, Ю.С. Калинина. –
Донецк: ДонНУ, 2021. – 68 с.

*Рекомендовано к изданию решением заседания кафедры ботаники и экологии Донецкого
национального университета. Протокол № 13 от 10.06.2021 г.*

*Рекомендовано к изданию решением заседания ученого совета биологического
факультета Донецкого национального университета. Протокол № 10 от 18.06.2021 г.*

*Представлены материалы для работы по учебной дисциплине
Нормирование и снижение загрязнения окружающей среды*

ВВЕДЕНИЕ

Объект и предмет изучения экологического нормирования

Экологическое нормирование (ЭН) и стандартизация в области охраны окружающей среды и рационального природопользования приобретает сегодня особую значимость и актуальность. Это обстоятельство объясняется быстрым развитием в 90-е годы экологического права России, введением принципа платности природопользования, передачей частей объектов природопользования в частное управление, а также продолжающимся ухудшением экологической ситуации и необходимостью принятия в данной ситуации адекватных превентивных мер.

В принципе разработка и установление норм с целью защиты здоровья населения имеет в нашей стране семидесятилетнюю историю. Первые двенадцать предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны были утверждены Постановлением Совнаркома СССР от 11 июля 1930 года. До середины 70-х годов в экологическом нормировании господствовал антропоцентрический подход, когда все усилия были направлены на защиту человека в основном от результатов собственной же его деятельности. Это выразилось в разработке системы ПДК вредных веществ для главных жизнеобеспечивающих сред: воздуха, воды и почвы, т.е. В полной мере развивалось санитарно-гигиеническое нормирование. Первым шагом к экоцентрическому принципу нормирования в те годы стала разработка ПДК для рыбохозяйственных водоемов с целью ограничения вредного воздействия на водную биоту и, прежде всего, на рыбу и другие организмы, имеющие промысловое значение. Понимание необходимости защиты от вредного воздействия в целом всей биосферы и организмов ее населяющих, а также осознание ограниченности ассимиляционной емкости окружающей среды и исчерпаемости природных ресурсов пришло позже, в частности, благодаря деятельности и работам Римского клуба.

В отличие от стандартизации («установление норм») основной задачей ЭН является разработка научно-методической базы самой стандартизации в вопросах охраны природы и рационального природопользования на основе анализа устойчивости экосистем и толерантности человека к вредным воздействиям, обоснования безопасных уровней и продолжительности воздействий на окружающую среду, прогноза их последствий, а также апробации результатов. В качестве последнего этапа рассматриваются организационно-правовые мероприятия по введению норм в действие.

Второй вопрос касается выбора объекта и предмета исследований. Исходя из целей и задач, *объектом* изучения экологического нормирования являются устойчивость природной среды и человека к вредным воздействиям, формы и последствия эксплуатации природно-ресурсного потенциала. В качестве *предмета* изучения рассматриваются выявление безопасных пределов вредных воздействий на экосистемы и человека и рациональный комплекс природопользования. Субъектами экологической защиты выступают человек,

экосистема, природные ресурсы. Важно подчеркнуть, что наблюдающаяся в настоящее время тенденция противопоставления экологического и санитарно-гигиенического нормирования (экоцентрический и антропоцентрический подходы) или вообще неучет последнего в построении концепции ЭН ведет к дезинтеграции всего направления и противоречит принципам системности в экологии. Человек является звеном биосферы, и задачи экологического нормирования должны быть сосредоточены на комплексном решении проблем защиты окружающей среды, включая безопасность человека. Обоснование этой принципиальной позиции будет приведено ниже.

Исходя из приведенных соображений, можно предложить следующее определение ЭН.

Экологическое нормирование – это разработка и апробация научно обоснованных критериев и норм предельно допустимого вредного воздействия на природную среду и человека, а также норм и правил природопользования на основе общих методологических подходов, комплексного изучения и анализа экологических возможностей экосистем и их отдельных компонентов.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

- ЭН — экологическое нормирование;
- ОС — окружающая среда;
- ПТК — природно-территориальный комплекс;
- ООПТ — особо охраняемая природная территория;
- ПТС — природно-техногенная система;
- ОВОС — оценка воздействия на окружающую среду;
- ОГСМК — общероссийская государственная сеть мониторинга и контроля;
- ЛД — летальная доза;
- ЛК — летальная концентрация;
- ЕД — токсическая не смертельная доза;
- КВИО — коэффициент возможности ингаляционного отравления;
- ЛПВ — лимитирующий признак вредности;
- ПДК — предельно допустимая концентрация;
- ОДК — ориентировочно допустимое количество (концентрация);
- ПДУ — предельно допустимый уровень;
- ОДУ — ориентировочно допустимый уровень;
- ОБУВ — ориентировочно безопасный уровень воздействия;
- ПДД — предельно допустимая доза;
- ИЗА — индекс загрязнения атмосферы;
- Р — комплексный показатель загрязнения атмосферного воздуха;
- ИЗВ — индекс загрязнения воды;
- ПХЗ — показатель химического загрязнения;
- Zc – показатель суммарного загрязнения почв;
- ПДВ — предельно допустимый выброс;

ВСВ — временно согласованный выброс;
ПДС — предельно допустимый сброс;
ВСС — временно согласованный сброс;
СЗЗ — санитарно-защитная зона;
ПДКО — предельно допустимое количество отходов;
ПДРО — предельно допустимое размещение отходов;
ПДВВ — предельно допустимые вредные воздействия;
ПДЭН — предельно допустимая экологическая нагрузка;
ПДН — предельно допустимая нагрузка;
БПК — биологическое поглощение кислорода;
ХПК — химическое поглощение кислорода;
СПАВ — синтетические поверхностно-активные вещества;
ПАУ — полициклические ароматические углеводороды;
ПХБ — полициклические хлорированные бифенилы;
РОВ — растворенное органическое вещество.

1 Структура экологического нормирования

Практика экологического нормирования, особенно бурно развивающаяся в последнее десятилетие, позволяет выделить три основных направления (табл.): *санитарно-гигиеническое, экосистемное и производственно-ресурсное*. Последнее подразделяется на два вида: нормирование безопасности производственной деятельности и нормирование рационального использования и охраны природных ресурсов. Нужно заметить, что попытки объединения этих направлений в единый комплекс ЭН (ресурсы, среда, генофонд) предпринимались и ранее в рамках работ вышеупомянутых комиссий.

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 объекту нормирования относится толерантность человека к вредным воздействиям. Химическое воздействие на человека нормируется через предельно допустимые концентрации вредных веществ в средах и компонентах экосистем. Физические воздействия (электромагнитное, радиационное, шумовое, тепловое и т. д.) ограничиваются через предельно допустимые уровни (ПДУ) и дозы (ПДД). Второй блок нормирования этого направления включает оценку качества окружающей среды и ее компонентов через систему разного рода индексов (ИЗА, ИЗВ и т. д.) и количественных оценок. 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.

Структура и основные механизмы экологического нормирования

Направления экологического нормирования	Основные цели	Разновидности нормирования	Нормативы	Механизмы и критерии
1. 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, Zc, ПХЗ	
		Риск (заболеваний, аварий и т.д.)	ПДВ индивидуального и группового риска	Лимитирование на основе концентрации приемлемого риска
2. Производственно-ресурсное	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
2а. Безопасности производства		Технологии производства и качества конечной продукции	Декларация безопасности, нормы качества продукции, сертификат, ресурсоемкость	Лицензирование, сертификация, стандартизация, паспортизация, экологизация
2б. Рационального использования и охраны природных ресурсов		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.)
3. 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 пороговости действия

Производственно-ресурсное направление призвано решать целый комплекс проблем. Это производственно-технологическое обеспечение соблюдения экологических норм и правил через экологизацию технологических процессов, нормирование качества выпускаемой продукции, ограничение прямого воздействия на природную среду со стороны предприятий, нормирование и стандартизацию в области обращения с отходами производства и потребления. Основными показателями, лимитирующими вредные воздействия на окружающую среду, являются предельно допустимые выбросы (ПДВ) и предельно допустимые сбросы (ПДС) загрязняющих веществ, а также предельно допустимое размещение отходов (ПДРО).

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 очень важны для нашей страны и являются необходимой базой перехода к устойчивому развитию. Это предопределяет необходимость рассмотрения их в общей системе 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 целом в области производственно-ресурсного направления существует большое количество наработок, но их объединение на единых методических принципах экологического нормирования только начинается.

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 обоснования методологической конструкции эоцентрической 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, экоаудит. Базой экологического контроля являются нормы и нормативы, разрабатываемые в рамках ЭН, а их соблюдение — основой оценки деятельности субъекта природопользования.

2 Стандартизация в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов

Практика создания экологических нормативов предполагает два основных этапа:

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

Первый этап представляет собственно экологическое нормирование, второй этап относится к компетенции стандартизации. Итогом стандартизации является установление правил и норм в виде стандарта (ГОСТа) или других нормативных документов, характеризующихся соответствующим правовым статусом. Стандартизация в области охраны природы — это еще и механизм реализации принципов экологического нормирования.

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, выпускаемые 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 неоднократны в применении. Государственные стандарты

гарантируются мерами государственного принуждения. Стандарты бывают экологическими, производственно-хозяйственными и терминологическими.

В российском классификаторе ГОСТов природоохранным стандартам выделен раздел 17 «Охрана природы», который состоит из десяти (0-9) комплексов (в номенклатуре стандартов — второе после 17 число):

- 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.

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 — год разработки стандарта.

Другими важными группами стандартов, имеющих прямое отношение к ЭН, являются: система стандартов «Безопасность труда», относящихся к разделу 12, и система стандартов «Безопасность в чрезвычайных ситуациях», проходящих по разделу 22.

Для установления норм и правил природопользования могут разрабатываться другие виды нормативных документов. В частности, статус нормативных правовых актов имеют документы, устанавливающие правовые нормы общеобязательного характера. В области ЭН это могут быть инструкции, правила, положения, в обязательном порядке имеющие общегосударственную регистрацию в Минюсте РФ. Любое другое оформление экологических норм и правил не дает им нормативно-правового статуса, и они не являются обязательными для исполнения.

3 Основные механизмы экологического нормирования

К основным механизмам экологического нормирования следует отнести лимитирование (ограничение), паспортизацию, лицензирование и сертификацию.

Лимитирование — деятельность по установлению пределов вредного воздействия (химического, физического, биологического и др.) на окружающую среду и человека или ограничений на использование природных ресурсов. Является важнейшим механизмом экологического нормирования, особенно в санитарно-гигиеническом направлении. На принципе лимитирования построена вся система ПДК вредных веществ и ее производных, ПДУ физических воздействий, ограничений воздействия производственной деятельности человека и эксплуатации природных ресурсов. Лимитирование, как механизм ограничения, включает также систему производственных, отраслевых и региональных норм природопользования. Для водных ресурсов — это лимиты отведения и потребления, нормы истощения и изъятия воды, размеры водоохраных зон. В области использования лесных ресурсов базовыми являются нормы возраста рубок и воспроизводства лесов, нормы лесосеки и пр. В большинстве отраслей промышленности применяются нормы ресурсоемкости.

Паспортизация — составление экологических (природоохранных) паспортов на отдельные объекты, единицы ресурсов, источники выбросов, системы очистки с целью оптимизации их использования, определения воздействия на окружающую среду и контроля соблюдения природоохранных норм и правил. Экологический (природоохранный) паспорт объекта или предприятия — это нормативно-технический документ, включающий все данные о потребляемых и используемых ресурсах всех видов (природных, вторичных), а также определяющий все прямые влияния и воздействия на окружающую среду. Экологический паспорт представляет систему данных, выраженных через группу стандартизованных показателей, отражающих 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, а также балансов и схем их использования и охраны.

Одной из основных целей паспортизации является установление предельно допустимых воздействий промышленных объектов, технологий, иной хозяйственной деятельности на окружающую среду с учетом ее фонового состояния. Это позволяет рассматривать паспортизацию в качестве механизма экологического нормирования. В практике ЭН может и должна проводиться паспортизация промышленных предприятий, природных ресурсов, месторождений полезных ископаемых, особо охраняемых природных территорий и т. д.

Важным инструментом в регулировании природопользования является *лицензирование*. Под лицензированием понимаются мероприятия, связанные с

выдачей лицензии, 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.

Лицензирование упорядочивает процесс эксплуатации ресурсов, регламентируя экологические требования к их использованию и охране, и ставит использование ресурсов под государственный контроль. Необходимость лицензирования заключается в том, чтобы осуществлять регулирование тех видов деятельности, реализация которых может повлечь за собой нанесение ущерба 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 жизнедеятельности человека. Осуществление деятельности, связанной с промышленным производством, использованием ресурсов и обращением отходов производства и потребления, в соответствии с лицензией должны отвечать строго обозначенным нормам и правилам.

Именно поэтому процесс лицензирования следует отнести к одному из механизмов экологического нормирования, выполняющему две важнейших функции:

- **превентивную** — посредством установления в лицензии 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** — выражается в осуществлении контроля деятельности природопользователя-лицензиата государственным уполномоченным органом.

Лицензирование в рассматриваемой области делится на два крупных блока:

- лицензирование природопользования и лицензирование видов хозяйственной деятельности;

- лицензирование деятельности в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

К первому блоку относятся специальные лицензии на право пользования (добычи, изъятия, пользования без изъятия) природными ресурсами и объектами, а также разрешения на право выбросов, сбросов загрязняющих веществ и размещение отходов.

Во второй блок входит несколько видов лицензирования. В настоящее время определены следующие направления деятельности в области охраны окружающей среды, реализация которых требует федеральной лицензии:

- утилизация, складирование, перемещение, размещение, захоронение, уничтожение промышленных и иных отходов, материалов, веществ (кроме радиационных);
- проведение экологической паспортизации, сертификации, экологического аудита;
- осуществление видов деятельности, прямо или косвенно связанных с работами (услугами) природоохранного назначения.

Известны и другие виды деятельности, имеющие опосредованное отношение к данной области, для которых необходимо получение лицензии:

- экспорт ресурсов растительного и животного мира;
- ввоз и вывоз озоноразрушающих веществ и содержащей их продукции;
- деятельность в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды;
- проектно-изыскательские работы, включающие использование земельных ресурсов.

Лицензирование некоторых видов деятельности по эксплуатации природных ресурсов передано в ведение субъектов Российской Федерации. В соответствии с экологическим законодательством применяются различные формы документов, выполняющих функции лицензии. Наряду с собственно лицензиями, используются также разрешения (на выбросы, сбросы, захоронение отходов), лесорубочные билеты и т. д. Все они охватываются понятием «лицензирование».

Сертификация — деятельность по подтверждению соответствия сертифицируемого объекта предъявленным к нему экологическим требованиям. Под экологическими, в данном случае, понимаются требования, установленные в законодательных и иных нормативных актах в области природопользования и охраны окружающей среды. Она осуществляется в целях контроля безопасности продукции для окружающей среды, жизни и здоровья населения. Иногда сертификация рассматривается в качестве одной из форм лицензирования. Экологическая сертификация — новое направление природоохранной деятельности в РФ.

Объектами экологической сертификации являются новая техника, технологии, вещества и материалы. С точки зрения ЭН сертификация выполняет следующие функции:

- обозначение требований и норм к сертифицируемой продукции с учетом лучших мировых аналогов;
- внедрение экологически безопасных технологических процессов и оборудования;

- создание условий для организации производств, отвечающих установленным экологическим требованиям.

К основным направлениям и объектам экологической сертификации в соответствии с действующими нормативными документами необходимо отнести:

- 1) продукцию;
- 2) технологические процессы (добыча и заготовка природных ресурсов; транспортировка природных ресурсов, продукции и отходов; их хранение; извлечение веществ из природных ресурсов и т. д.);
- 3) отходы производства и потребления (образуемые при добыче и заготовке природных ресурсов; при транспортировке природных ресурсов и продукции; при хранении; в основном технологическом процессе их переработки и т. д.);
- 4) природные ресурсы (земельные, водные, ресурсы животного и растительного мира, ресурсы недр и полезные ископаемые);
- 5) объекты окружающей среды (ООПТ и природные объекты, предназначенные для хозяйственного использования);
- 6) экологические услуги (по производству, установке, техническому обслуживанию природоохранного оборудования; по рекультивации, восстановлению, проведению санационных мероприятий).

Экологическое регулирование может рассматриваться в качестве опосредованного механизма экологического нормирования, применяемого лишь по отношению к отдельным видам природопользования (использование природных ресурсов, загрязнение окружающей среды — сбросы, выбросы и захоронение отходов). Тем не менее как механизм он базируется на системе ЭН и по сути дела является составным элементом этой системы. В основе экономического регулирования лежит принцип платности природопользования. Он подразумевает платы за пользование природными ресурсами и платы за загрязнение окружающей среды. Посредством этого механизма осуществляется экономическое стимулирование рационального использования природных ресурсов и снижения уровня вредных воздействий на природную среду. В данной контексте экономическое стимулирование, ориентирующее природопользователя на соблюдение существующих норм и правил, можно рассматривать в качестве механизма ЭН.

4 Принципы экологического нормирования

К основным принципам экологического нормирования относятся:

- **динамичность** — возможность внесения корректив, учитывая результативность ранее принятых регламентов, изменения экологической ситуации и достижений научно-технического прогресса;

- **аналитичность** — детальный предварительный экономический анализ затрат и выгод от введения новых регламентов, оценка краткосрочных и долгосрочных последствий;
- **реализм** — ориентация на практическую достижимость результатов, т. е. реальность выполнения норм и правил;
- **дифференцированность** (для производственно-ресурсного и экосистемного нормирования) — дифференцированный региональный и отраслевой подходы к установлению нормативов;
- **гласность** – открытость (вплоть до общественно обсуждения) и научная обоснованность нормирования.

Необходимо также осознавать, что норматив — это, в определенной степени, компромисс между природой, экономикой и наукой. Действительно, результирующий итог разработки норм или правил зависит от трех факторов:

- 1) экологического, т. е. порогового уровня воздействия на человека или окружающую природную среду, использования природных ресурсов;
- 2) экономико-технологического, т. е. возможности и экономической целесообразности выполнения установленных пределов воздействия на человека и среду его обитания, природные ресурсы;
- 3) научно-технического, т. е. способности научно-технических и измерительных средств обеспечить контроль соблюдения пределов воздействия.

Таким образом, оптимальным результатом в процессе разработки нормы или правила выступает условие, когда лимитирующим фактором является экологический. В противном случае (экономико-технологических или научно-технических ограничениях), речь может идти лишь о временных, ориентировочных или условных нормативах и правилах.

5 Санитарно-гигиеническое нормирование

Санитарно-гигиеническое нормирование, как уже отмечалось выше, имеет достаточно длительную историю и является методически наиболее развитым направлением экологического нормирования. Успехи направления связаны с огромным банком данных результатов экспериментально-биологических исследований. В целом основная задача санитарно-гигиенического направления сводится к обеспечению безопасности жизнедеятельности человека и сохранению генетического фонда.

В качестве основных разновидностей гигиенического нормирования можно выделить:

- нормирование концентраций, уровней и доз вредных воздействий на человека, показателями которых являются ПДК вредных веществ, ПДУ и ПДД физических воздействий;
- нормирование критериев качества компонентов окружающей среды

посредством различного рода индексов, показателей и т. д.;

– нормирование риска заболеваний, аварий и других неблагоприятных воздействий на человека.

В рамках представленной работы рассматриваются только первые две разновидности гигиенического нормирования. Методы оценки и нормирования риска заболеваний в последние годы активно разрабатываются в медицинской литературе. Вопросы оценки риска аварий в наибольшей степени изучались применительно к предприятиям химической промышленности как зарубежными, так и российскими учеными (В. Маршалл, 1989; Ю.И. Мисийчук, 1994 и др.), однако этот сложный вопрос требует дополнительных научно-методических проработок.

6 Виды вредных воздействий

При анализе негативного влияния на окружающую среду и человека выделяют три основных вида вредных воздействий: **химическое, физическое и биологическое.**

Под *химическими* воздействиями понимается изменение естественных химических свойств среды, превышающее природные колебания содержаний тех или иных химических ингредиентов. Выделяется загрязнение неорганическими и органическими химическими соединениями (химическое загрязнение) и аэрозольное (физико-химическое загрязнение). В районах, испытывающих сильные антропогенные нагрузки, часто отмечается комплексное загрязнение природных сред как органическими, так и неорганическими соединениями, в т.ч. ксенобиотиками (веществами искусственного происхождения, нетипичными для природной среды).

Физическое воздействие связано с изменением физических параметров среды: температуры, энергетических свойств, волновых и радиационных характеристик, оказывающих негативное воздействие на человека и окружающую среду. Выделяются *радиоактивное* (превышение естественного уровня содержания радиоактивных веществ), *радиационное* (вызванное действиями ионизирующих излучений), *световое* (нарушение естественной освещенности местности в результате действия 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 и естественных причин), *вибрационное* (воздействие сложных колебательных процессов с широким диапазоном частот, возникающее в результате передачи переменного давления от какого-либо технического источника).

Биологическим загрязнением называется привнесение в среду и

размножение в ней нежелательных для человека организмов, в т.ч. чуждых данным сообществам и устройствам. Выделяются собственно биологическое, микробиологическое (привнесение в среду микроорганизмов) и биотическое (распространение определенных нежелательных биогенных веществ — выделений, мертвых тел и т. д.).

Конечной целью экологического нормирования, как комплексного направления, является разработка и апробация научно обоснованных критериев и норм предельно допустимых воздействий, охватывающих весь спектр перечисленных выше видов и разновидностей вредных воздействий во всех из возможных проявлениях.

7 Нормирование предельно допустимых концентраций вредных веществ

Основные понятия и методика установления ПДК

Общие положения. Основными нормированными показателями количеств вредных веществ, допустимых с точки зрения безопасности человека являются ПДК, ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень воздействия) и ОДК (ориентировочное допустимое количество). Последние два являются временными величинами, заменяющими ПДК до ее установления.

Известно несколько видов ПДК загрязняющих веществ в разных компонентах среды: ПДК атмосферного воздуха, воды природных и искусственных водоемов, почв. Гигиенические ПДК устанавливаются на вредные вещества в пищевых продуктах. Кроме того, существуют биологические ПДК в организме человека. Последние представляют собой уровень вредного вещества (или продуктов его превращения) в организме работающего (в крови, моче и др.) или уровень биологического ответа наиболее поражаемой системы организма (содержание гемоглобина), при котором непосредственно в процессе воздействия или в отдельные сроки жизни настоящего и последующего поколений не возникает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, определяемыми современными методами исследований. Данное определение не распространяется на радионуклиды и биологические вещества (сложные биологические комплексы, бактерии, микроорганизмы).

Несмотря на разнородность сред, при разработке ПДК используются единые принципы, которые можно охарактеризовать следующим образом:

- в основу разработки закладывается только биологический принцип (в данном случае — воздействие на человека);
- используются экспериментальные и натурные исследования, результаты которых гармонизируются;
- в основу положена трехкоординатная система «доза — время —

эффект» с нахождением вероятностных количественных порогов вредного воздействия;

- из всего комплекса первичных, вторичных и опосредованных эффектов выделяется лимитирующий признак;
- нормирование осуществляется с учетом предполагаемой физиологической адаптации человека.

По характеру действия на организм человека вредные химические вещества могут вызывать целую группу эффектов:

- Токсические эффекты — это ядовитость, способность некоторых веществ оказывать вредное действие на организм.
- Раздражающие — оказывающие раздражающее воздействие на те или иные органы человека.
- Сенсibiliзирующие (аллергические) — вредная для организма чрезмерная иммунная реакция на вещества (аллергены), которые, как правило, нетоксичны.
- Канцерогенные — вещества или факторы, вызывающие злокачественные новообразования.
- Мутагенные — оказывающие влияние на наследственность через скачкообразное, спонтанное и ненаправленное изменение наследственности.
- Влияние на репродуктивную функцию человека.
- Тератогенные — ведущие к возникновению пороков развития и уродств у потомства человека, животных, растений.

Основные пути проникновения химических веществ в организм человека:

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

В современном нормировании используют два подхода к назначению ПДК: принцип пороговости действия и принцип приемлемого риска. Пороговость действия является основой гигиенического нормирования. На этом принципе построена вся система оценки результатов экспериментально-биологических исследований. Принцип приемлемого риска используется в беспороговой модели для оценки мутагенного и канцерогенного действий, когда в силу отсутствия экспериментальных данных невозможно получить количественную связь между силой действия и эффектом. Определение риска основано на вероятностном подходе. В целом же экологические нормы должны лежать за пределами действующих доз, т. е. основой, по мере возможности, должен служить принцип пороговости. Принцип приемлемого риска чаще используется для оценки угрозы в аварийных ситуациях.

Исследованием механизмов, а также последствий химического, физического и биологического воздействий на живые организмы и, прежде всего, человека занимается токсикология.

Токсикология — это 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, изучающему физические, химические свойства ядов и их действие на живые организмы и средства предупреждения и лечения отравлений.

Исследуя проблемы вредного воздействия химических веществ на организм человека, необходимо помнить, что еще врач и естествоиспытатель эпохи Возрождения Парацельс (1493-1541 гг.) писал: «*Все есть яд и ничего не лишено ядовитости*». То есть одно и то же вещество может быть ядом, лекарством и необходимым для жизни средством. Все зависит от концентрации вмещающих сред и условий взаимодействия с живыми организмами. Применительно к геоэкологии и, в частности, к экологическому нормированию необходимо знать условия перехода обычного вещества в категорию загрязняющего (вредного).

Основные токсикометрические характеристики. Для изучения вопросов методологии разработки ПДК вредных веществ необходимо познакомиться с некоторыми токсикометрическими характеристиками и параметрами, используемыми для количественного измерения токсичных веществ.

Степень токсичности — абсолютное количество (доза), вызывающее определенный биологический эффект, те или иные патологические изменения.

Уровень дозы — доза за единицу времени.

Неблагоприятный эффект воздействия вредного вещества может проявляться в форме гибели организма или в его функциональных изменениях. В первом случае для оценки используется понятие — летальная доза. Для случаев функциональных изменений используются понятия действующих доз и концентраций, которые вызывают признаки интоксикации организма, а также пороговые и недействующие величины.

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. В свою очередь, *недействующая доза* — это концентрация вещества, не приводящая к каким-либо изменениям в организме.

Токсическая не смертельная доза (ЕД) вызывает видимые проявления отравления без летального исхода.

Токсическая смертельная (летальная) доза (ЛД) или концентрация (ЛК) вызывает отравления, заканчивающиеся гибелью организма. В практике экотоксикологии используется три основных вида количественной оценки:

ЛД_{min}(ЛК_{min}) — гибель отдельных особей;

ЛД₁₀₀(ЛК₁₀₀) — гибель всех особей;

ЛД₅₀(ЛК₅₀) — гибель 50% особей.

Хроническое отравление — это заболевание, развивающееся в результате систематического воздействия таких доз вредного вещества, которые при

однократном поступлении в организм не вызывают отравления. Все перечисленные выше параметры характеризуют токсичность вещества.

Кроме того, существует ряд важных токсикометрических понятий, определяющих вероятность угрозы отравления. Эти величины также используются при определении класса опасности вредных веществ.

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

$$Z_{\text{остр.}} = \frac{LD_{50}}{K_{\text{мин.остр.}}}$$

При этом, чем меньше диапазон между смертельной и пороговой концентрациями, т.е. чем меньше значение $Z_{\text{АС}}$, тем опаснее вещество.

Зона хронического действия – это диапазон между пороговыми концентрациями для однократного и хронического воздействия.

Здесь, чем шире эта зона, 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.

Коэффициент кумуляции, характеризующий степень накопления данного вещества в организме человека, – это отношение суммарной дозы, полученной организмом при неоднократном введении вещества в количестве, равном среднесмертельной дозе, к той же величине, но при одновременном введении:

$$K_k = \frac{\sum LD_{50}}{LD_{50}}$$

Классы опасности вредных веществ. Необходимо отметить, все вредные вещества в зависимости от степени их негативного влияния делятся на классы опасности. Однако одно и то же вещество или химический элемент могут иметь разные классы опасности в зависимости от вмещающей среды (почвы, вода, атмосферный воздух, сырье, продукты питания и т.д.), что обусловлено их физико-химическими свойствами и активностью проявления вредных свойств. В настоящем разделе дается классификация, и излагаются общие принципы определения класса опасности веществ, содержащихся в сырье, продуктах, полупродуктах и отходах производства.

Данный подход изложен в ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на 4 класса опасности:

- 1 класс – вещества чрезвычайно опасные;
- 2 класс – вещества высоко опасные;
- 3 класс – вещества умеренно опасные;
- 4 класс – вещества малоопасные.

Класс опасности устанавливается в зависимости от норм и показателей, указанных в табл.

Классы опасности вредных веществ

Наименование показателей	Нормы для классов опасности			
	1	2	3	4
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	<0.1	0.1-1.0	1.1-10.0	>10.0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	<15	15-150	151-5000	>5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	<100	100-500	501-2500	>2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	<500	500-5000	5001-50000	>50000
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 классу опасности производится по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Способы проникновения вредных веществ в организм. Прямое вредное воздействие загрязняющего химического вещества возможно лишь в случае его попадания в организм. Известно несколько путей проникновения вредных веществ в организм человека и животных.

– **Пероральный путь** – поступление через желудочно-кишечный тракт. Химические вещества поступают с пищей и водой. Происходит их всасывание в кровь из ротовой полости (особенно это характерно для фенолов и цианидов) или из желудочно-пищеварительного тракта. В желудке резорбции способствует желудочный сок.

– **Ингаляционный путь** — поступление через дыхательные пути. Динамика поступления в организм этим путем определяется агрегатным состоянием вредного вещества. Оно может быть представлено пылью, туманом, дымом, газом или входить в их состав. Это наиболее быстрый путь проникновения в организм, что обусловлено огромной площадью поверхности легочных альвеол (до 100-120 м²) и непрерывным током крови по легочным капиллярам. Степень проникновения вещества в кровь определяется его

растворимостью.

Место осаждения аэрозолей в дыхательных путях человека зависит от их размера:

- 4) более 10 мкм осаждаются в носоглотке;
- 5) 2-10 мкм — в верхних дыхательных путях;
- 6) менее 2 мкм — отмечается осаждение в альвеолярной области.

Для носоглотки и верхних дыхательных путей типичен достаточно эффективный способ очищения от твердых частиц — движением со слизью вверх. Однако даже здесь происходит частичное растворение химических веществ, их проникновение в кровь.

– **Накожный путь** — поступление вредных веществ через кожу. Поверхность кожи человека достигает 2 м². Проникновение в основном происходит через сальные железы, устья протоков потовых желез, через волосяные фолликулы. Особо хорошо проникают под кожу вещества с высокой степенью растворимости в жирах и относительно хорошей растворимостью в воде.

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 накожный. Исходя из этого, можно рекомендовать различные способы защиты человека от загрязняющих химических веществ в зависимости от их свойств и состояния, что входит в задачи активно развивающейся в последнее время экотоксикологии.

Комбинированное и комплексное воздействие химических веществ на организм.

Многообразие химических веществ, встречающихся в окружающей среде, предопределяет возможность комбинированного действия поллютантов на организм человека и животного. Происхождение этих химических веществ может быть связано как с естественными причинами, так и с антропогенной деятельностью.

Поэтому для оценки и характеристики уровня загрязнения объектов окружающей среды перспективным является использование комплексных гигиенических нормативов, представляющих собой интегральную величину, учитывающую всю сумму присутствующих в среде вредных веществ. Однако в силу ряда причин разработка подобных нормативов сталкивается с очень серьезными методическими трудностями. Одна из причин заключается в необходимости создания современной экспериментальной базы, позволяющей проводить большое количество дорогостоящих опытов на испытуемых объектах с дальнейшей экстраполяцией результатов на организм человека. В настоящее время мы приближаемся к возможности количественной оценки совместного воздействия лишь отдельных загрязняющих веществ.

В целом, при изучении совместного влияния вредных веществ на организм выделяются два их вида: комбинированное и комплексное действия.

Для записи на лекции.

Основными видами *комбинированного* действия являются:

1) суммирование (аддитивность), когда совместное влияние двух химических веществ (А и В) на организм можно оценить по уравнению:

2) сверхсуммирование или потенцирование (синергизм), когда наблюдается непропорциональное усиление эффектов:

– антагонизм или ингибирование, когда происходит снижение воздействия одного или обоих веществ в результате их взаимодействия:

– независимое действие веществ.

В качестве примера аддитивного действия можно привести воздействие раздражающих газов на организм человека, хотя у некоторых газов вероятна возможность потенцирования. При воздействии тяжелых металлов может проявляться как эффект суммирования, так и антагонизма.

На практике эффект суммации может учитываться посредством оценки концентрации через нормирование по веществу, обладающему наиболее неблагоприятным классом опасности.

$$C_{\text{ГР}} = C_1 + C_2 \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_2} + \dots + C_n \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_n}$$

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

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

т. е. величина ПДК при изолированном действии уменьшается пропорционально отношению коэффициента $K_{\text{кд}}$ к числу вещества N .

Комплексное действие проявляется в том случае, когда поступление одного и того же вещества в организм человека происходит разными путями. Например, поступление вредного вещества может происходить одновременно пероральным и ингаляционным путем. В практике нормирования это указывает на необходимость установления удельного значения каждого фактора внешней среды в общей максимально допустимой дозе.

Для оценки комплексного действия химических веществ рекомендуется формула суммарного эффекта:

где C — концентрация вредного вещества соответственно в атмосферном воздухе, воде, продуктах питания; ПДК — предельно допустимая концентрация вредного вещества соответственно в атмосферном воздухе, воде, продуктах питания.

Критерии необходимости и методы разработки ПДК. Химические вещества, внедряемые в хозяйственную деятельность, подлежат обязательной токсикологической оценке и гигиеническому регламентированию. Объем сведений, необходимых для оценки вещества, зависит от его физико-химических свойств, степени токсичности и опасности, масштабов производства, числа контактирующих с ним людей, актуальности для экономики страны, распространенности в объектах окружающей среды, а также ряда других показателей, имеющих значение для оценки возможности влияния вещества на здоровье человека.

В практике санитарно-гигиенического нормирования положен дифференцированный подход к определению необходимости установления нормативов и достаточности объема получаемой для этого информации. Обоснование выбора веществ для гигиенического нормирования состоит из четырех этапов.

Достаточной для решения вопроса о целесообразности проведения исследований по гигиеническому нормированию. Информация включает данные об объемах производства и применении веществ, характеристику физико-химических свойств, токсикологические показатели.

На **втором этапе** на основе анализа информации определяются вещества, не нуждающиеся в разработке гигиенических нормативов в соответствии с установленными критериями: объемами производства и направлениями использования, свойствами веществ и др. Например, в установлении ПДК не нуждаются вещества, попадание которых в атмосферный воздух невозможно в силу их физико-химических характеристик. Для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения отсутствует необходимость установления ПДК на нестабильные вещества, в результате трансформации которых образуются вещества с установленными гигиеническими нормативами.

На **третьем этапе** определяются очередность и объем исследований, необходимых для ускоренного обоснования нормативов без проведения принятых токсиколого-гигиенических исследований. Это целесообразно использовать для малоопасных неустойчивых веществ, имеющих гомологи с установленными ПДК или при наличии экспериментально обоснованных ПДК в других средах. Особо оговариваются критерии ускоренного нормирования химических веществ, предполагаемых опасными в канцерогенном и мутагенном отношении.

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.

В практическом аспекте существует два основных направления, по которым идет развитие методов установления ПДК:

- экспериментально-биологическое направление, основанное на изучении развития стадий интоксикации организма;
- расчетно-экспериментальное направление, в котором обоснование

установления ПДК базируется 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 экспериментальном обосновании ПДК решающее значение имеют результаты токсикологических исследований на подопытных организмах, в качестве которых выступают крысы, мыши, морские свинки, кролики, собаки и т. д.

Экспериментальные исследования по своим целям делятся на три вида: острые — время затравки (воздействия) составляет несколько дней, подострые — время затравки достигает одного месяца, и хронические — время затравки составляет 5-6 месяцев.

Пути введения веществ в организм выбираются исходя из реальных свойств тестируемого вредного вещества. Сами эксперименты ориентированы на установление зависимости «время-доза-эффект». Для экспериментального обоснования ПДК решающее значение имеют результаты хронических опытов (исключением является установление максимальных разовых концентраций в воздухе, где в основе лежат результаты острых экспериментов) и не менее чем на двух животных. По результатам хронических экспериментов определяют пороговые концентрации, переход от которых к ПДК осуществляется посредством коэффициента запаса, на который делится пороговое значение. Реально коэффициенты запаса могут меняться от 3 до 20 в зависимости от характера вредного вещества и результатов эксперимента. Коэффициент увеличивается с ростом абсолютной токсичности, КВИО, кумулятивных свойств и с уменьшением зоны острого действия, при значительных различиях в видимой чувствительности и выраженном кожно-резорбтивном действии.

Определение параметров острой, подострой и хронической токсичности осуществляется в соответствии с нормативно-методическими документами, в которых регламентируются порядок и условия проведения экспериментов.

Методы расчетно-экспериментального направления в настоящее время только начинают активно внедряться в практику экологического нормирования. Их развитие обусловлено следующими причинами:

а) высокая стоимость определения и обоснования ПДК, что связано, в частности, с длительностью экспериментов (стоимость обоснования одного ПДК в ценах 1990 года превышала 100000 рублей);

б) ежегодно в мире синтезируется от 10 до 25 тысяч новых веществ, что делает нереальным разработку и обоснование ПДК для каждого вещества, но в то же время этот факт подчеркивает необходимость скорейшего развития расчетно-экспериментального направления.

Как указывалось выше, данный метод основан на сопоставлении физико-химических свойств, молекулярной структуры, их кумулятивных характеристик в разных компонентах окружающей среды. Широко используются методы интерполяции и экстраполяции. Применение расчетно-экспериментального подхода целесообразно при обосновании ОДК и ОБУВ. В

практике ЭН ориентировочные величины устанавливаются в период разработки ПДК на определенный срок: для атмосферного воздуха — на 2 года, для воды — на 3 года.

Разработка и обоснование ПДК вредных веществ, помимо больших финансовых затрат, сопряжены с рядом методических трудностей, которые в некоторой степени снижают достоверность результатов и иногда приводят к занижению или завышению (что значительно реже) нормативных величин. В первом случае это ведет к экономическим потерям, обусловленным необходимостью соблюдения заниженных норм (или принципиальной невозможностью их обеспечения в реальных условиях в силу высоких фоновых значений), во втором — к риску негативного воздействия на человека. Не менее существенной проблемой являются отдаленные последствия вредных воздействий, прогноз которых далеко не всегда может быть достоверным, даже по результатам хронических экспериментов. В связи с этим основными задачами в области разработки и обоснования ПДК в ближайшие годы являются:

- совершенствование расчетных методов с целью использования результатов острых опытов для прогноза хронической токсичности;
- разработка надежных методов исследований отдаленных последствий воздействия вредных веществ на человека;
- совершенствование методов экстраполяции данных с животных на человека;
- разработка более совершенных методов определения коэффициента запаса — величины шага от минимально действующих концентраций до ПДК;
- разработка методологии краткосрочных экспериментов;
- развитие методов моделирования интоксикации, приближающих проведение эксперимента к натуральным условиям.

В целом же, требования по гигиеническому нормированию соответствуют основным требованиям, предъявляемым по всему ЭН: соответствие полученных данных современному научно-методическому уровню; наличие доступного химико-аналитического метода определения вещества с необходимым порогом чувствительности; подготовка документов, отвечающих требованиям ГОСТ, и их утверждение.

8 Предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе

Нормирование предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе осуществляется по двум направлениям. ПДК в воздухе рабочей зоны и ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов. Необходимость такой дифференциации достаточно очевидна. Источниками вредных веществ

являются, как правило, всякого рода производственные комплексы. 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 в пределах санитарных зон, мест расположения детских и медицинских учреждений и т. д.

ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны — концентрация, которая при ежедневной работе в течение 8 часов, в течение всего стажа работы не может вызвать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и будущего поколений.

В воздухе рабочей зоны устанавливают две категории концентраций: ПДК максимальные разовые (ПДК_{МР}) и ПДК среднесменные (ПДК_{СС}). Первая величина является базовой, т. е. экспериментально установленной, вторая — расчетной. Расчет среднесменной концентрации осуществляется по следующей формуле: (запись на лекции),

где k_1 — средняя арифметическая концентрация вредного вещества на отдельных стадиях технологического процесса; $t_{1...n}$ — продолжительность стадий технологического процесса.

При нахождении в воздухе веществ разнонаправленного или независимого действия их контроль осуществляется по ПДК. В случае нахождения веществ однонаправленного действия нормирование проводится в соответствии с условием:

Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны осуществляется специальной службой предприятия. Периодичность контроля зависит от класса опасности вредных веществ: замеры веществ I класса опасности должны проводиться не менее 1 раза в 10 дней; веществ II класса опасности — не реже 1 раза в месяц; веществ III и IV классов — не реже 1 раза в квартал.

В настоящее время предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны установлены примерно для 3900 веществ. При этом в перечне ПДК, помимо концентрации веществ, указывается его агрегатное состояние (пар, газ, аэрозоль и их смесь), что имеет принципиальное значение в вопросах нормирования загрязнения.

При характеристике загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов используется несколько видов предельно допустимых концентраций.

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

ПДК среднесуточная (ПДК_{СС}) — 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, но не реже, чем по четырем замерам в сутки.

Максимальные разовые и среднесуточные предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе являются нормированными величинами, т. е. их значения стандартизованы (ГОСТ 17.2.3.01-86). Дополнительно контроль состояния воздуха может осуществляться по среднемесячным и среднегодовым концентрациям. Среднемесячная концентрация — это среднее арифметическое всех разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течении месяца. Среднегодовые концентрации — среднее арифметическое разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течении года. Последняя величина используется в основном для выявления эффектов, связанных с хроническим воздействием вредных веществ. Среднемесячные и среднегодовые концентрации (ПДК_{СС} и ПДК_{СГ}) не нормируются, поэтому для их контроля используется следующее ориентировочное соотношение:

$$\text{ПДК}_{\text{МР}} : \text{ПДК}_{\text{СС}} : \text{ПДК}_{\text{СМ}} : \text{ПДК}_{\text{СГ}} = 10 : 4 : 1.5 : 1$$

В настоящее время ПДК в атмосферном воздухе определены более чем для 3000 вредных веществ и для большего числа смесей (по типу эффекта суммации). Только в 20% случаев для веществ установлены и максимальные разовые, и среднесуточные значения. Обычно единицей измерения ПДК в воздухе является миллиграмм вещества на один кубометр воздуха (мг/м³).

9 Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде хозяйственно-питьевого назначения

По направлению водопользования водные объекты делятся на две категории. К первой относятся водные объекты, являющиеся 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 в пределах населенных пунктов. В практике санитарно-гигиенического нормирования установленные ПДК вредных веществ применяются одновременно для водных объектов первой и второй категорий.

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 самих концентраций, единицами измерения которых являются содержания миллиграмм на литр (мг/л), для каждого вещества устанавливается еще два важных показателя:

- Лимитирующий признак вредности (ЛПВ), т. е. признак, характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в воде, или, иными словами, признак, который определяет собой наиболее ранний и вероятный характер неблагоприятного влияния в случае появления в воде химического вещества в концентрации, превышающей ПДК. Для воды хозяйственно-питьевого назначения выделяется три ЛПВ — санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический. Первый характеризует токсикологическое воздействие на человека, общесанитарный отражает нарушение санитарного состояния водного объекта и органолептический свидетельствует о появлении в воде привкуса, запаха, окраски, а также об образовании пены или пленки.

- Четыре класса опасности веществ: I класс — чрезвычайно опасные, II класс — высоко опасные, III класс — опасные и IV класс — умеренно опасные; сами классы назначаются в зависимости от токсичности, кумулятивных свойств вещества, способности вызывать отдельные отрицательные эффекты и от ЛПВ.

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

Методика обоснования 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 участками теста.

Расчетно-экспериментальные методы разработки ПДК вредных веществ в воде развиваются в нескольких направлениях. Например, определение соотношений между ПДК в воде и в воздухе рабочей зоны. Одно из них представляет собой следующую зависимость:

$$\lg \text{ПДК}_в = 0.61 \cdot \lg \text{ПДК}_{р.з.} - 1.0.$$

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 (плавающие пленки, пятна масел и скопления

- других примесей) — по признаку отсутствие или присутствие;
- запахи — по балльной системе оценивания;
 - окраска — по визуальному изучению столбиков воды;
 - температура — летняя температура не должна повышаться более чем на 3°С относительно среднемесячной температуры самого жаркого месяца;
 - рН — значения кислотно-щелочных условий должны оставаться в пределах 6.5-8.5;
 - минеральный состав по сухому остатку — не должен превышать 1000 мг/л;
 - растворимый кислород — не должен быть ниже 4 мг/л;
 - БПКполн. — для водоемов I категории не более 3.0 мгО₂/л, для II категории — не более 6.0 мгО₂/л;
 - ХПК — для водоемов I категории менее 15 мгО₂/л, для II категории — менее 30 мгО₂/л.

На основе органолептических, токсикологических, санитарных и бактериологических показателей состояния водоема разработана гигиеническая классификация водных объектов

10 Гигиеническая регламентация загрязнения почв

В основе 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).

Естественно, что значение ПДК варьирует в зависимости от типа почв, а диапазон вариаций обусловлен их сорбционной способностью, кислотнo-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) и 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.

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

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

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 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 (ЛД₅₀), 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.

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в почве по лимитирующим признакам вредности

Элементы и соединения	ПДК (мг/кг) почвы	ЛПВ	Содержание в почве по ЛПВ			
			Общесани-тарный (К ₁)	Транслокационн-ый (К ₂)	Миграционно-водный (К ₃)	Миграци-онно-воздушный (К ₄)
Подвижные формы						
Свинец	6.0	К ₁	6.0	6.0	63.0	-
Никель	4.0	К ₁	4.0	6.0	14.0	-
Хром	6.0	К ₁	6.0	6.0	-	-
Медь	3.0	К ₁	3.0	3.0	72.0	-
Цинк	23.0	К ₂	37.0	23.0	200.0	-
Валовые содержания						
Свинец	32.0	К ₁	32.0	35.0	260.0	-
Никель	35.0	К ₁	35.0	45.0	65.0	-
Цинк	85.0	К ₂	110.0	85.0	460.0	-
Сурьма	4.5	К ₂	5.0	4.5	4.5	-
Ванадий	150.0	К ₁	150.0	170.0	350.0	-
Кобальт	50.0	К ₁	50.0	250.0	10000.0	-
Медь	23.0	К ₁	23.0	38.0	263.0	-
Марганец	1500.0	К ₁	1500.0	3500.0	1500.0	-
Ванадий (к фону)	+100.0	К ₁	+100.0	+150.0	+200.0	-
Хром +3	90.0	К ₁	90.0	90.0	90.0	-
Сероводород	0.4	К ₄	160.0	160.0	140.0	-
Нитраты	130.0	К ₃	225.0	180.0	130.0	-

11 Допустимые остаточные количества вредных веществ в пищевых продуктах

В методике обоснования допустимых остаточных количеств химических веществ в пищевых продуктах основное внимание уделяется изучению длительного воздействия на организм малых доз ингредиентов. В процессе экспериментов используются интегральные тесты и наблюдаются поведенческие реакции подопытных животных, отражающие общее состояние

организма. Учитывается целый ряд факторов, связанных с особенностями действия вредных веществ, поступаемых в организм с пищей:

- пищевой рацион, который может в определенных случаях играть защитную роль;
- исследование и учет интермитирующего действия, т. е. перерывов в питании при потреблении того или иного продукта, обусловленных сезонностью;
- наблюдение за влиянием посторонних веществ в продуктах питания, которые могут приводить как к усилению, так и к снижению отрицательного воздействия вредных веществ;
- подбор неодинаковых экспериментальных групп по действию на них разнообразных факторов.

Допустимые остаточные количества вредных веществ определяются по основным группам пищевых продуктов (табл.).

ПДК некоторых тяжелых металлов в основных группах пищевых продуктов (мг/сырого продукта)

Тяжелые металлы (группа)	Рыбопродукты	Мясопродукты	Молочные продукты	Хлебные и зерновые продукты	Овощи	Фрукты	Соки и напитки
Hg	0.5	0.03	0.005	0.01	0.02	0.01	0.005
Cd	0.1	0.05	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02
Pb	1.0	0.5	0.05	0.2	0.5	0.4	0.4
As	1.0	0.5	0.05	0.2	0.2	0.2	0.2
Cu	10.0	5.0	0.5	5.0	10.0	10.0	5.0
Zn	40.0	40.0	5.0	25.0	10.0	10.0	10.0
Fe	30.0	50.0	3.0	50.0	50.0	50.0	15.0
Sn	200.0	200.0	100.0	-	200.0	100.0	100.0
Ni	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.5	0.3
Cr	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1

При переходе от данных, экспериментально полученных на лабораторных животных, к человеку устанавливается коэффициент запаса, который рассчитывается, исходя из величины видовой чувствительности:

$$k_1 = \frac{LD_{50}(\max)}{LD_{50}(\min)},$$

где $LD_{50}(\max)$ – летальная доза для наименее чувствительного вида; $LD_{50}(\min)$ — летальная доза для наиболее чувствительного вида.

Полученные подпороговые концентрации вредного вещества делятся на коэффициент запаса и таким образом получают допустимые остаточные количества исследуемого вещества в пищевых продуктах.

12 Некоторые проблемы нормирования ПДК

Система ПДК, основанная на дифференцированном изучении аналитическими методами отдельных веществ, не отвечает принципам системности в экологии и не может в полной мере обеспечить сохранение экологически приемлемого уровня жизни. Есть ряд принципиальных трудностей повсеместного внедрения системы ПДК как комплексного показателя экологического нормирования. Среди них следует отметить следующие позиции.

1) Широкий круг веществ, составляющих химическую структуру нормируемых компонентов и сред, затрудняет выбор аналитического метода определения.

2) Отсутствие для большинства токсических соединений разработанных количественным методом определения, особенно учитывая тот факт, что ежегодно в мире синтезируется от 10 до 25 тысяч новых веществ.

3) Значения некоторых ПДК лежат сегодня за пределами чувствительности аналитического метода определения.

4) Сочетание различных веществ приводит к неконтролируемому образованию вторичных токсических соединений. В то же время суммация и синергизм не учитываются нормативными ПДК отдельных веществ. Пренебрегается эффект кумуляции и отчасти транслокации.

Приводится и такой аргумент: система ПДК в ее сегодняшнем виде не обеспечивает в равной степени защиты всех объектов природы.

Часто в качестве альтернативы системы предельно допустимых концентраций предлагается биологический контроль развития антропогенных факторов, т. е. определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакций различных биологических объектов, начиная с клеточного уровня и заканчивая организмом. Среди упомянутых биологических подходов достаточно широко используются методы биоиндикации и биотестирования. Целью использования биоиндикационных исследований является выявление нарушений структуры естественной биоты по функциональным признакам отдельных ее представителей по экологическим характеристикам сообществ естественных видов.

В качестве альтернативы ПДК предлагается использовать биотестирование, под которым понимается методический прием, основанный на оценке действия факторов среды на организм или его отдельную функцию, а также на систему организмов. Биотест выступает в качестве счетчика суммарного воздействия. Тест-объектами (организмами) могут выступать: бактерии, дрожжи, простейшие, водоросли, пиявки, моллюски, рыбы и т. д. В настоящее время разработано более 200 биотестов. Биотест ставится на определение общей токсичности, на мутагенность и канцерогенность. В первом случае фиксируются показатели гибели организмов, морфологические нарушения и изменения в их поведении. Изучение мутагенности и

канцерогенности проводится посредством кратковременных тестов по фиксации хромосомных повреждений, генных мутаций и повреждений ДНК с оценкой опасности вещества.

Воздействие на тест-объект может осуществляться посредством имитации всех возможных путей поступления вредного вещества в организм. Основными тестируемыми средами являются вода, реже атмосферный воздух. Возможно также изучение опосредованного воздействия на тест-объект твердых компонентов окружающей среды: почв, донных осадков, грунта. В этом случае используют либо поровые воды этих сред, либо водную вытяжку из них, получаемые с использованием известных методик.

Не обсуждая в данном разделе вопрос о целесообразности замены ПДК биотестированием, необходимо отметить некоторые достоинства последнего, как одного из методов экологического нормирования:

1) тест-объект, как правило, реагирует на относительно слабые антропогенные нагрузки вследствие эффекта кумуляции дозы вредного воздействия;

2) в тесте суммируется действие всех без исключения биологически вредных антропогенных факторов, включая физические и химические воздействия;

3) по результатам тестов достаточно надежно вскрываются тенденции изменения ситуации в окружающей среде.

Возвращаясь к проблеме использования ПДК в системе экологического нормирования, необходимо отметить следующее. Ряд абсолютно обоснованных претензий к методике установления и применимости нормативов ПДК, не учитывающих синергетические свойства загрязняющих веществ, региональные особенности химизма воды или состава почв и т. д. (аналогичные претензии высказываются и в отношении рыбохозяйственных ПДК), явились основанием для предложений о введении регионального принципа нормирования и отказа от существующей системы ПДК. Однако при этом не учитывается ряд важных обстоятельств.

В настоящее время значения ПДК вредных веществ используются практически повсеместно при любых видах экологического нормирования. Как будет показано ниже, на системе предельных концентраций построены все интегральные оценки состояния компонентов окружающей среды, базируются расчеты основных показателей антропогенных нагрузок (ПДС и ПДВ), прямо или косвенно строятся разрабатываемые в настоящее время схемы экосистемного нормирования (показатель ПДВВ). Более того, вся современная система платежей за загрязнение природной среды, внедренная в РФ, основана на величинах ПДК. В связи с этим последние являются пока безальтернативной основой аналитического контроля состояния среды, а нормированные по ним показатели (включая экономические) — реальным средством ограничения антропогенного воздействия на биосферу. В настоящее время разработка региональных (бассейновых и т. д.) ПДК может быть ориентирована не на замену существующей системы, а на решение региональных проблем и использование их в экосистемном нормировании.

13 Нормирование шумового загрязнения

Под шумом (звуком) понимается колебательное движение частиц упругой среды, распространяющееся в виде волн в газообразной, жидкой и твердой средах. Звук — явление, субъективно воспринимаемое органами слуха человека и животных.

Шумовое загрязнение относится к категории основных видов вредных воздействий на окружающую человека среду и, в первую очередь, на самого человека – комфортность жизненных условий и здоровье. Шум измеряется в децибелах (дБ) единицах уровня звукового давления ($1 \text{ дБ} — \text{уровень звукового давления } p$, для которого выполняется соотношение $20 \lg (p/p_0) = 1$, где p_0 — пороговое звуковое давление, принимаемое равным $2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$). Территория, на которой уровень шума составляет менее 55 дБ считается по данному показателю вполне комфортной, при шуме более 55 дБ территория относится к дискомфортной. Безвредный порог шумового воздействия для человека составляет 70 дБ. Более 130 дБ может вызвать акустические травмы и негативно сказаться на здоровье. Неожиданный звук или даже небольшой шум могут привести к эмоциональному или поведенческому стрессу.

Шум может усиливать токсический эффект вредных веществ на человека и ускорять его развитие, что особенно актуально для производства. Исследования на одном из нефтеперерабатывающих заводов показали, что у рабочих при шуме 90-115 дБ частотой 2500-6400 Гц и при одновременном воздействии нефтяных газов развивается коронарная недостаточность. Кроме того, сильное шумовое воздействие приводит к неточностям в выполнении технологических операций, что может иметь чрезвычайно тяжелые последствия, вплоть до материальных и людских потерь.

Около 10 млн человек населения России подвержено постоянному шумовому воздействию с высоким уровнем интенсивности. По данным Госсанэпиднадзора России в 2016 году на производстве воздействию шума сверх допустимых уровней подвергались 37.4% работающих на 58% предприятий, на транспорте — соответственно 50.8 и 61.6%. Велики финансовые потери от шумового загрязнения. В Великобритании, например, убытки от шума превышают ущерб от пожаров. В США вред от шумового воздействия только в учреждениях оценивается в 4 млн долларов ежегодно. Производительность труда работающих в тишине на 9% выше, а количество ошибок на 29% меньше, чем в шумовых условиях.

Основными источниками шума является автотранспорт, доля которого в шумовом загрязнении составляет 60-80%. На улицах городов, отражаясь от стен, уровень шума от транспорта составляет 80-82 дБ. Неблагоприятную акустическую обстановку создают объекты железнодорожного транспорта: превышение санитарно-гигиенических нормативов отмечено в 48.7% территорий, прилегающих к железнодорожным путям. Опасен для человека шум авиационного транспорта, уровень которого от взлетающего реактивного самолета составляет 130-140 дБ. Население на 35.3% территорий вблизи аэропортов подвержено шумовому воздействию выше установочных норм.

В квартирах источниками шума являются холодильное оборудование, машины и механизмы магазинов, столовых, мастерских, расположенных в жилых домах. В этих случаях уровень шума в квартирах может повышаться на 20-25 дБ. По прогнозу в крупных городах шум будет расти на 1 дБ в год. Однако уже сейчас в Москве шумовые нагрузки превышают санитарные нормы в 2.0-2.5 раза. Территория со сверхнормативным уровнем шума составляет 30% от общей площади, на которой проживает 3 млн человек. В целом по данным исследований 33% шумового загрязнения в городах приходится на автотранспорт, 40% - на бытовую сферу и 27% - на промышленность. Характеристики основных источников шумового загрязнения по уровню шума приведены ниже:

промышленные предприятия — 80-110 дБ

железная дорога — 85-101 дБ

трансформаторные подстанции — 85-90 дБ

автотранспорт — 81-97 дБ

поезда метрополитена на открытых линиях — 80-85 дБ

санитарная норма для жилой зоны — 45-60 дБ

По нормам ЕС уровень шума не должен превышать 84-85 дБ, однако во многих городах мира он достигает 85-105 дБ. Для сравнения — уровень шума от разговора составляет 30-60 дБ. Более высокие звуки при одном и том же уровне звукового давления кажутся громче, чем низкие.

Таким образом, основным источником шумового загрязнения являются разнообразные виды хозяйственной деятельности человека. Шумовое воздействие, в отличие от других видов вредных воздействий, в достаточной степени локализовано и распространяется, как правило, на производственные и селитебные территории. В связи с этим основное внимание в вопросе нормирования шумового воздействия нацелено на его санитарно-гигиенический аспект.

Человек воспринимает звук в широком интервале частот от 16 Гц до 20 кГц. За пределами нижней границы частот лежит инфразвук, выше 20 кГц — ультразвук. Один и тот же по уровню шум, нос разной частотой человек воспринимает по-разному (например, при 40дБ звук частотой 5000 Гц воспринимается в 2 раза громче, чем при частоте 1000 Гц). В связи с этим установление предельно допустимых уровней постоянного шума произведено в зависимости от частоты от 31.5 Гц до 8000 Гц по девяти градациям.

Для тонального и импульсного шума в качестве нормы принимается значение на 5 дБ ниже ПДУ.

Предельно допустимые уровни для постоянного и непостоянного (но приведенного к постоянному) шума назначаются по видам деятельности в зависимости, как уже указывалось выше, от частоты. Выделено пять градаций видов деятельности.

1) Для творческой деятельности и руководства производственными коллективами уровень шумового давления не должен превышать при 31.5 Гц (минимальное значение частоты в рамках используемых градаций) 86 дБ и при 8 кГц (максимальное значение частоты) — 38 дБ;

2) Для высококвалифицированных работ — соответственно от 93 до 49 дБ;

3) Для работ, требующих слухового контроля — от 98 до 54 дБ;

4) Для работ, требующих сосредоточения — от 107 до 69 дБ;

5) Для остальных видов работ — от 108 до 75 дБ.

Кроме того, существуют рекомендации по ПДУ звукового давления для различных видов трудовой деятельности, рассчитанных с учетом наиболее распространенной частоты шума.

ПДУ шумового воздействия для различных видов трудовой деятельности

Виды трудовой деятельности	Уровни звука, дБ
Работа по выработке концепций, новых программ, творчество, преподавание	40
Труд высших производственных руководителей	50
Высококвалифицированная умственная работа	55
Умственная работа с элементами слухового контроля	60
Умственная работа по точному графику (операторская)	65
Физическая работа, связанная с точностью, сосредоточенностью или периодическим слуховым контролем	80

Кроме ПДУ шумового воздействия на предприятиях, в учреждениях и организациях, нормируются предельно допустимые уровни шумов от подвижного железнодорожного транспорта, морских и речных судов, сельскохозяйственной и дорожно-строительной техники, что, безусловно, способствует снижению шумового воздействия на окружающую среду — селитебные территории и природные ландшафты.

При проектировании новой техники предъявляются соответствующие требования к их шумовым характеристикам. Технически достижимые уровни шума должны быть обоснованы данными о шумовых характеристиках лучших мировых аналогов, результатами измерения шумовых характеристик представительного числа машин данного класса, анализом методов и средств снижения шума, планом мероприятий по снижению шума и т. д.

14 Подходы к нормированию показателей качества компонентов окружающей среды

Одной из основных задач экологического нормирования является разработка и обоснование методик количественной оценки качества окружающей среды и, прежде всего, ее основных компонентов: атмосферного воздуха, почвы, морской воды и воды внутренних водоемов, донных осадков и др. с их дальнейшей стандартизацией. Методики оценки качества компонентов окружающей среды должны отвечать следующим требованиям: быть научно

обоснованными, универсальными в пространственно-временном измерении, позволять количественно учитывать все значимые факторы воздействия, включая физическую, химическую и биологическую составляющие, позволять на основе получаемых количественных параметров принимать управленческие решения.

К сожалению, в настоящее время мы не располагаем стандартизированными методиками оценки качества среды. Используемые методы определения качества атмосферного воздуха, воды и почвы пока полностью не отвечают перечисленным выше требованиям и, прежде всего, не учитывают весь комплекс факторов негативного воздействия. Как правило, существующие подходы к нормированию критериев качества компонентов окружающей среды нацелены на химическое загрязнение и полностью ориентированы на существующую систему предельно допустимых концентраций вредных веществ. Таким образом, оценка производится с позиций санитарно-гигиенического нормирования, хотя основным ориентиром в установлении норм качества среды в будущем должны стать экосистемные критерии предельно допустимых вредных воздействий на природную среду.

Способы оценки качества атмосферного воздуха

Оценка качества атмосферного воздуха в нашей стране проводится по двум наиболее широко используемым критериям: индексу загрязнения атмосферы (ИЗА) и комплексному показателю загрязнения атмосферного воздуха (Р).

ИЗА рассчитывается, как правило, для пяти веществ, нормированное (по ПДК) содержание которых в атмосферном воздухе максимально. Расчет нормированного содержания для одного вещества производится по формуле:

$$J_i = \frac{q_{cp.i} \cdot k_i}{ПДК_{сси}}$$

где $q_{cp.i}$ – среднее содержание i -го вещества в атмосферном воздухе в пункте наблюдения, $мг/м^3$; $ПДК_{сси}$ — предельно допустимая концентрация среднесуточного i -го вещества, $мг/м^3$; k_i – коэффициент 0.85; 1.0; 1.3; 1.7 соответственно для 4, 3, 2 и 1 классов опасности i -го вещества. Необходимо отметить, что введение в расчет коэффициента k_i позволяет учесть класс опасности вещества.

Далее, по нормированному параметру J_i отбирается пять веществ, характеризующихся его максимальными значениями. Расчет ИЗА производится по этим пяти веществам в соответствии с формулой:

$$ИЗА = \sum_{i=1}^{n=5} \frac{q_{cp.i} \cdot k_i}{ПДК_{сси}}$$

Определенным численным значениям ИЗА соответствуют качественные характеристики загрязнения атмосферного воздуха: менее 5 — удовлетворительная обстановка, 6-15 — относительно напряженная, 16-50 — существенно напряженная, 51-100 — критическая и более 100 — катастрофическая обстановка. Данный способ оценки качества атмосферного воздуха в достаточной степени условен и позволяет получать в основном

сравнительные параметры загрязнения в пространственно-временном масштабе. Это имеет смысл при оценке общей ситуации в стране или регионе (городе). К сожалению, предлагаемые количественные градации ИЗА и их качественная оценка не несут в себе конкретной информации, особенно в области принятия управленческих решений.

Экспериментальные данные по влиянию на организм загрязнения атмосферного воздуха свидетельствуют, что зависимость «доза-эффект» часто носит нелинейный экспоненциальный характер. Так, увеличение загрязненности воздуха в два раза, при прочих равных условиях, проявляется приростом общей заболеваемости населения примерно на 20%, а заболеваемости органов дыхания на 25%. Удвоение содержания в воздухе 3,4-бенз/а/пирена увеличивает заболеваемость раком легкого на 5%.

Таким образом, при загрязнении воздуха чаще проявляется эффект неполной суммации, который необходимо учитывать при оценке его качества. При расчете комплексного показателя загрязнения атмосферного воздуха (Р) учет эффекта частичной суммации производится с помощью коэффициента, где n — число веществ, входящих в смесь.

Алгоритм расчета Р выглядит следующим образом:

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2},$$

где $\sum K_i^2$ — сумма квадратов концентраций, нормированных по ПДК и приведенных к концентрациям веществ 3 класса опасности с использованием коэффициентов изоэффективности: 1 класс — 2.3; 2 класс — 1.3; 3 — 1.0; 4 — 0.87. При значениях K_i для 1 класса более 2.5, для 2 класса — более 5, для 3 класса — более 8 и для 4 — более 11 приведение к 3 классу осуществляется с применением коэффициентов изоэффективности: 1 класс — 3.2; 2 класс — 1.6; 3 — 1.0; 4 — 0.70. В свою очередь,

$$K_i = \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \cdot R_i,$$

C_i — фактическая концентрация i -го вещества; R_i — коэффициент изоэффективности i -го вещества.

Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха по комплексному показателю Р производится по определенным градациям.

Оценка степени среднегодового загрязнения атмосферы

Уровень загрязнения	Показатель Р				
	Число веществ				
	1	2—4	5—9	10—16	16—25
Допустимое	≤ 1	2	3	4	5
Слабое	1—2	2—4	3—6	4—8	8—10
Умеренное	2—4	4—8	6—12	9—16	10—20
Сильное	4—8	8—16	12—24	16—32	20—40
Зона чрезвычайной экологической ситуации	8—16	16—32	24—48	32—64	40—80
Зона экологического бедствия	> 16	> 32	> 48	> 64	> 80

Преимущества комплексного показателя загрязнения атмосферы перед индексом загрязнения атмосферы обусловлены учетом в определенной степени эффекта неполной суммации, преобладающего в перечне загрязняющих веществ. Кроме того, из градаций уровня загрязнения последние два (табл. 2.9) — зона чрезвычайной экологической ситуации и зона экологического бедствия — носят нормативный характер, что позволяет в этих случаях для снижения экологической напряженности принимать соответствующие решения.

Способы оценки качества воды

Существует несколько направлений оценки качества воды в зависимости от вида водопользования: оценка состояния поверхностных вод, гигиеническая классификация водных объектов культурно-бытового назначения по степени загрязнения и правила таксации вод для установления их рыбохозяйственной ценности. Каждый из перечисленных видов использует определенный способ оценки качества вод.

Индекс загрязнения воды (ИЗВ) применяется для оценки состояния поверхностных водных объектов, особенно в системе Росгидромета. Наиболее широко индекс используется при сравнении экологического состояния водных объектов, а также для оценки изменчивости качества вод в реальном масштабе времени.

Оценка базируется на анализе нормированных к ПДК значений содержания загрязняющих веществ в воде. При расчете индекса качества воды используется шесть ингредиентов: в качестве обязательных — БПК₅ и растворенный кислород, а также четыре поллютанта с максимальными значениями нормированных показателей.

Для поллютантов используется формула:

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

где C_i — фактическая концентрация i -го вещества.

Необходимо иметь в виду, что тип ПДК загрязняющего вещества, применяемых в расчете, зависит от назначения водоема (рабочего или хозяйственно-питьевого назначения). Расчет по БПК₅ и растворенному кислороду проводится по специальным нормам, которые применяются в зависимости от значений биохимического поглощения кислорода или содержания растворенного кислорода в воде.

Значения БПК₅ не более 3 мгО₂/л — норма 3; 3 — 15 мгО₂/л — норма 2; более 15 мгО₂/л — норма 1.

При расчете нормированной величины значение БПК делится на соответствующую норму.

Содержание растворенного кислорода

более 6 мг/л — норма 6;

6—5 мг/л — норма 12;

5—4 мг/л — норма 20;

4—3 мг/л — норма 30;

3—2 мг/л — норма 40;

2—1 мг/л — норма 50;

1—0 мг/л — норма 60.

При расчете нормированной величины норма делится на содержание кислорода.

В результате суммирования нормированных величин по шести ингредиентам получаем индекс (ИЗВ), который в зависимости от его численного значения соответствует одному из семи классов качества воды:

I класс — очень чистая вода — величина ИЗВ менее 0.3;

II класс — чистая вода — 0.3—1.0;

III класс — умеренно загрязненная вода - 1.0—2.5;

IV класс — загрязненная вода — 2.5—4.0;

V класс — грязная вода — 4.0—6.0;

VI класс — очень грязная вода — 6.0—10.0;

VII класс — чрезвычайно грязная вода — более 10.0.

Проблемы и недостатки использования ИЗВ определяются зависимостью его величины от перечня изученных ингредиентов. Кроме того, необходимо отметить условность градаций качества воды по классам загрязнения, резко ограничивающую возможность принятия управленческих решений.

Гигиеническая классификация водных объектов по степени загрязнения применяется для водоемов, используемых в различных целях: как источники питьевого водоснабжения, места рекреации и т. д. Она построена на основе органолептических, токсикологических, санитарных и бактериологических показателей состояния водоема (табл.). Характеристикой состояния водного объекта служит степень его загрязнения по четырем градациям.

Допустимая степень загрязнения (индекс загрязнения — 0) свидетельствует о пригодности водного объекта для всех видов использования. Умеренная степень загрязнения (индекс загрязнения — 1) предполагает проведение предварительной очистки воды для питьевого использования. Высокая степень загрязнения (индекс загрязнения — 2) является своего рода запретом на использование водоема в качестве источника водоснабжения. И, наконец, степень чрезвычайно высокого загрязнения свидетельствует о полной непригодности водного объекта для всех видов использования.

Преимуществом данного подхода является учет не только химических, но и бактериологических показателей, а также возможность принятия управленческих решений на основе получаемых результатов. К недостаткам следует отнести неоднозначность в получении количественных оценок по органолептическому и токсикологическому показателям.

Правила таксации водоемов рыбохозяйственного назначения являются единственной стандартизированной методикой (ГОСТ 17.1.2.04-77) по оценке состояния компонентов окружающей среды. Состояние водных объектов, используемых в рыбохозяйственных целях, оценивается по классам сапробности, которые характеризуют антропогенное загрязнение воды органическими веществами.

Рассматривается шесть классов сапробности водного объекта: ксеносапробность и олигосапробность, характеризующие чистые воды; β-мезосапробность и α-мезосапробность — загрязненные воды; полисапробность и гиперсапробность — грязные воды. Для определения класса сапробности используется ряд количественных показателей и характеристик воды: содержание растворенного кислорода (в % насыщения), прозрачность воды, значения БПК₅ и БПК₂₀, перманганатную окисляемость, содержания биогенных соединений (нитриты, нитраты, фосфаты и т. д.), а также сероводорода.

Кроме того, состояние водного объекта оценивается по ряду качественных характеристик: качество донных осадков, гидрологический режим, состояние флоры и фауны (с точки зрения кормовой и промысловой баз) и т. д. Характерно, что оценка качества воды в рыбохозяйственных водоемах проводится без использования значений предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ.

Гигиеническая классификация водных объектов по степени загрязнения

Степень загрязнения	Оценочные показатели загрязнения для водных объектов I и II категорий							Индекс загрязнения
	Органолептический		Токсикологический	Санитарный режим		Бактериологический		
	запах, привкус (баллы)	ПДКорг. (степень превышения)	ПДКтокс. (степень превышения)	БПК ₂₀ мгО ₂ /дм ³		Растворенный О ₂ (мг/дм ³)	Число лактозоположительных кишечных палочек в дм ³	
I				II				
Допустимая	2	1	1	3	6	4	менее 1·10 ⁴	0
Умеренная	3	4	3	6	8	3	1·10 ⁴ -1·10 ⁵	1
Высокая	4	8	10	8	10	2	более 1·10 ⁵ -1·10 ⁶	2
Чрезвычайно высокая	>4	>8	100	>8	>10	1	более 1·10 ⁶	3

Примечание: ПДКорг. И ПДКтокс. – предельно допустимые концентрации, установленные соответственно по органолептическому и токсикологическому ЛПВ

Показатель суммарного загрязнения почв

При оценке качества почв в практике экологического нормирования широко используется показатель суммарного загрязнения почв (Z_C). Расчет производится по уравнению:

$$Z_C = \sum \frac{C_i}{C_{i\phi}} - (n-1)$$

где C_i — фактическое содержание загрязняющего вещества в почве; C_{iφ} — фоновое содержание вредного вещества в почве или его предельно допустимая концентрация; n — количество аномальных (превышающих фоновое содержание или ПДК) веществ.

Определение категории загрязнения производится на основании показателя суммарного загрязнения почвы. Все градации даны на основе

изучения показателей здоровья населения на территориях с разными значениями Z_C .

Оценка экологического состояния почв

Категория загрязнения почв	Величина Z_C	Изменение показателей здоровья населения
Допустимая	1—8	
Слабая	8—16	Наиболее низкий уровень заболеваемости
Средняя	16—32	Увеличение общей заболеваемости
Сильная	32—64	Увеличение общей заболеваемости, в том числе детской
Очень сильная	64—128	Увеличение общей заболеваемости, в том числе детской, нарушение репродуктивной функции женщин, увеличение онкологической заболеваемости

Необходимо иметь ввиду, что численное значение Z_C при условии загрязненности почв зависит от состава и количества ингредиентов, используемых в расчетах. Увеличение количества поллютантов приводит к завышению результата. Первоначально авторами предлагается перечень металлов, содержания которых следует использовать при расчетах (Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Fe, Co, Hg). Позже в различных рекомендациях по проведению оценки степени загрязнения почв этот перечень был утрачен, что резко снизило информативность и достоверность суммарного показателя загрязнения почв. Кроме того, методикой расчета никак не могут быть учтены современные разработки по токсикологии веществ. Поэтому использование величины Z_C в сравнительном плане целесообразно лишь на уровне территориальных и локальных исследований, проводимых по единой методике.

15 Механизмы нормирования безопасности производства

К основным механизмам экологического нормирования безопасности производственной деятельности относятся:

- лицензирование,
- паспортизация,
- сертификация и
- лимитирование.

Механизмы экологического нормирования безопасности производства

Механизмы нормирования			
Паспортизация	Лицензирование	Сертификация	Лимитирование
- Экологический паспорт природопользователя - Декларация промышленной безопасности	- Видов деятельности - Выпуска продукции	- Технологии - Продукции	- ПДВ - ПДС - ПДРО

В целях контроля деятельности предприятия и обеспечения качества выпускаемой продукции *лицензирование* осуществляется по двум основным направлениям: лицензирование деятельности и лицензирование производства определенных видов продукции. В первом случае в лицензировании, помимо производственных и технологических вопросов, должны оговариваться 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 производится в соответствии с российским законодательством уполномоченными на то органами исполнительной власти.

В последнее время активно развиваются паспортизация и сертификация. Этот факт в определенной степени отражает тенденцию совершенствования системы экологических взаимоотношений в производственной сфере и промышленно развитых странах. В целом, эти механизмы широко используются в процессе 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, заключающаяся в регулировании 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 с точки зрения структуры образования вредных веществ, их переноса с продукцией, выбросами, сбросами и отходами. Важнейшими признаками экологического менеджмента, отличающего его от обычных форм управления, являются:

- 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 допустимых экологических результатов; совершенствование экологических целей и задач;
- экологическая «прозрачность» и открытый диалог со всеми заинтересованными организациями и лицами;
- подготовка и распространение инициативной экологической отчетности и т. д.

Одна из основных целей — 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 показателей готовой продукции, достигаемые на основе совокупности разнообразных организационных, технологических и технических методов и средств. Практикой доказана возможность снижения воздействия на окружающую среду для любого предприятия на 20-40% без существенных затрат.

Как значительный шаг к распространению опыта развитых стран в области экологического менеджмента можно рассматривать введение в нашей стране в 1998 году в действие нескольких стандартов раздела «Системы управления окружающей средой», являющихся аутентичным переводом стандартов ISO серии 14000. Они регламентируют вопросы, связанные с требованиями, принципами, системами и средствами обеспечения функционирования данных систем в организациях и на предприятиях, а также проведением их экологического аудита и т. д. Нельзя признать удачным общее название стандартов в российском варианте: нет уверенности, что можно управлять окружающей средой, особенно если вспомнить неудавшийся эксперимент управления и преобразования природы в прошедшее столетие.

В процессе экологизации производства широко используются такие виды экологических услуг как экологический аудит и экологическое страхование.

Паспортизация предприятий развивается в двух направлениях. В 1990 году на предприятиях была введена система экологических паспортов (ГОСТ 17.0.0.04-09 «Экологический паспорт предприятия»). Экологический паспорт — это нормативно-технический документ, включающий все данные о потребляемых и используемых ресурсах всех видов, а также определяющий все прямые влияния и воздействия на окружающую среду. Экологический паспорт представляет комплекс данных, выраженных через систему стандартизованных показателей, показывающих уровень использования природных и вторичных ресурсов и степень воздействия на основные компоненты природной среды — атмосферу, гидросферу, литосферу и педосферу. В нем отражаются общие сведения о предприятии, используемом сырье, описание технологических схем выработки основных видов продукции, схемы очистки сточных вод и газовоздушных смесей, их характеристики после очистки. В паспорте приводятся 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. Вторая часть паспорта содержит перечень планируемых мероприятий, направленных на снижение нагрузок на окружающую среду.

Задачей паспортизации являлось определение влияния предприятия на окружающую среду и контроля соблюдения им природоохранных норм и правил в процессе хозяйственной деятельности. До 2001 года в системе экологического нормирования паспорт играл роль нормативного документа, определявшего общий уровень воздействия предприятия на окружающую среду. В 2000 году вышел ГОСТ 17.0.0.06-2000 «Охрана природы. Экологический паспорт природопользователя. Основные положения. Типовые формы», носящий рекомендательный характер и отменяющий действие

стандарта 1990 года. В соответствии с данным документом экологическим паспортом называется документ, содержащий информацию об уровне использования природопользователем ресурсов (природных, вторичных и др.) и степени воздействия его производств на окружающую природную среду, а также сведения о разрешениях на право природопользования, нормативах воздействия и размерах платежей на загрязнение окружающей природной среды и использование природных ресурсов. По сути дела паспорт является информационной базой для разработки нормативов предельно допустимых выбросов (сбросов), лимитов размещения отходов, для заполнения форм государственной статистической отчетности типа 2ТП-воздух, 2ТП-водхоз, 2ТП-токсические отходы и др., а также для расчета платы за загрязнение окружающей природной среды, установления налоговых льгот и других целей. В этом отношении он более информативен (по сравнению с паспортом по форме 1990 года), однако рекомендательный характер ГОСТа оставляет мало надежд, что в ближайшем будущем экопаспорт станет информационной основой экологической политики предприятий.

Для опасных производств в соответствии с экологическим законодательством РФ разрабатываются декларации промышленной безопасности, которые содержат всестороннюю оценку риска и связанной с ним угрозой, 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 ним же относятся объекты, 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. Наличие объемов, превышающих этот предел, является основанием для обязательной разработки декларации промышленной безопасности. В случае если на производстве имеется несколько видов опасных веществ, то основанием для разработки документа является неравенство:

$$\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{M_i} \geq 1,$$

где m — фактическое количество вещества; M — нормативное количество.

Разрабатываются декларации в составе проектной документации.

Сертификация в системе ЭН производственной деятельности включает два основных направления: сертификация производств и технологических процессов и сертификация конечной продукции. Сертификация производств и технологических процессов ориентирована на подтверждение соответствия объектов или процессов сертификации природоохранным требованиям. В Российской Федерации этот вид сертификации только начинает развиваться, а основным ориентиром является опыт проведения подобных мероприятий в странах ЕС на основе стандарта ISO 14001. 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 странах ЕС — стандарт ISO 9000).

Особое место в ЭН безопасности производственной деятельности играет механизм лимитирования. Он ориентирован, прежде всего, на ограничение воздействия производственных процессов на окружающую среду. Основными нормативами, регулирующими уровень воздействий, являются предельно допустимые выбросы, предельно допустимые сбросы, предельно допустимое размещение отходов. Порядок и методы установления перечисленных норм будут рассмотрены в последующих разделах главы.

16 Нормирование предельно допустимых выбросов вредных веществ

Общие принципы. В системе экологического нормирования установление предельно допустимого поступления загрязняющих веществ в окружающую среду относится к производственно-ресурсному направлению. Одним из существующих нормативов в области ограничения вредных воздействий является предельно допустимый выброс (ПДВ).

ПДВ представляют собой количество вредных веществ, которое не разрешается превышать при выбросе в атмосферу в единицу времени со стороны предприятия или любого другого источника загрязнения атмосферного воздуха (ГОСТ 17.2.3.02-78).

Установление ПДВ осуществляется по стандартизированной методике и базируется на нескольких правилах.

Правило 1. ПДВ в атмосферу устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы при условии, что выбросы вредного вещества от данного источника и от совокупности источников города или другого населенного пункта с учетом перспективы развития промышленных предприятий, а также закономерностей рассеяния вредных веществ в атмосфере не создадут приземную концентрацию, превышающую их ПДК для населения, растительного и животного мира.

Правило 2. Если в воздухе городов или других населенных пунктов концентрации загрязняющих веществ превышают установленные ПДК, а значения ПДВ по причинам объективного характера не могут быть достигнуты в настоящее время, вводится поэтапное снижение выбросов. На каждом этапе обеспечения величин ПДВ устанавливаются временные согласованные выбросы (ВСВ) на уровне выбросов предприятий с наилучшей достигнутой технологией производства. ВСВ устанавливается на определенный срок с планом-графиком мероприятий по достижению ПДВ.

Правило 3. При установлении ПДВ (ВСВ) следует учитывать перспективы развития города (селитебные зоны и промышленные зоны), физико-географические, гидрометеорологические и климатические

особенности.

Правило 4. Каждый субъект хозяйственной деятельности, являющийся источником загрязнения атмосферного воздуха, обязан иметь проект ПДВ (ВСВ). Том ПДВ (ВСВ) разрабатывается природопользователем с привлечением специализированных научных организаций и согласовывается в контролирующих природоохранных органах. Отчетность предприятий о соблюдении нормативов ПДВ осуществляется по форме 2ТП-воздух.

Правило 5. ПДВ (ВСВ) устанавливается для каждого источника. Для группы мелких источников устанавливается суммарный ПДВ. Данные нормативы пересматриваются не реже 1 раза в 5 лет.

Правило 6. Использование рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере за счет увеличения высоты их выброса допускается лишь после применения всех имеющихся современных технических средств по сокращению выбросов.

При установлении ПДВ используются следующие критерии качества воздуха:

- для веществ независимого действия максимальное содержание загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, т. е. на расстоянии от поверхности земли, равном 2 метра, с учетом фоновой концентрации, не должно превышать единицы:

$$\frac{C_i + C_{\phi i}}{ПДК_i} \leq 1;$$

- для веществ с суммарным действием максимальные содержания должны соответствовать известному условию:

$$\frac{C_1 + C_{\phi 1}}{ПДК_1} + \frac{C_2 + C_{\phi 2}}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n + C_{\phi n}}{ПДК_n} \leq 1 \quad (3.1)$$

или по концентрации веществ с наименее благоприятным классом опасности:

$$(C_1 + C_{\phi 1}) + (C_2 + C_{\phi 2}) \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + \dots + (C_n + C_{\phi n}) \frac{ПДК_1}{ПДК_n} \leq 1; \quad (3.2)$$

- для веществ с неполной суммацией или потенцированием:

$$\frac{1}{K_{сд}} \sum \frac{C_{ni} + C_{\phi i}}{ПДК_i} \leq 1, \quad (3.3)$$

где $K_{сд}$ — установленный коэффициент комбинированного действия.

В зонах санитарной охраны курортов, местах размещения санаториев, зон отдыха, в пределах особо охраняемых природных территорий единицы во всех рассмотренных выше случаях заменяются значением 0.8. Все ПДК используются максимальные разовые. В случае их отсутствия к ПДК

среднесуточным применяется коэффициент 10, т. е. ПДК_{МР} = 10 ПДК_{СС}.

В качестве фонового содержания вредных веществ в атмосферном воздухе при установлении ПДВ (ВСВ) принимается содержание загрязняющего вещества, обусловленного источниками загрязнения, исключая данный, т.е. загрязнение атмосферы, созданное другими источниками.

Основные расчетные характеристики и формулы при установлении ПДВ. Изложение методики проведено в соответствии с действующими документами по установлению ПДВ.

Основными механизмами переноса частиц и газа в атмосфере являются: адвекция (горизонтальное перемещение), конвекция (вертикальное перемещение), диффузия и сила тяжести. Последняя рассчитывается по известному закону Стокса для газов.

Реперным параметром при установлении ПДВ для действующего предприятия является максимальное значение приземной концентрации вредного вещества (мг/м³):

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot Z}{H^2 \cdot \sqrt{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (3.4)$$

где А — коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы с учетом неблагоприятных метеоусловий, создающих максимальные приземные концентрации (например, для ленинградского региона А=160, он относится к зоне низкого и умеренного потенциала загрязнения: повторяемость слабых ветров < 1 м/с менее 20%, повторяемость приземных инверсий составляет 20-30%, застойные условия наблюдаются лишь для 5-10% времени; очищению атмосферы также способствуют осадки, вымывание примеси из воздуха; смещение холодных слоев воздуха вниз, напротив, способствует концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы); М — мощность выбросов вредных веществ (г/с), определяется по существующим технологическим нормативам для данного производства; F — безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания частиц:

- для вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей, скорость упорядоченного осаждения которых стремится к 0, F=1;
- для мелкодисперсных аэрозолей при средней эффективности очистки выбросов не менее 90% F=2, от 75 до 90% - F=2.5, при эффективности ниже 75% или при отсутствии очистки F=3;

Z – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа, который, в свою очередь, определяет направление движения воздуха и вероятность застойных явлений; устанавливается в зависимости от перепадов высоты и генеральных форм рельефа (например, в малопересеченной местности с перепадом высот менее 50 метров на 1 км Z=1); V₁ – объемный расход газозвушной смеси (м³/с):

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot W_0, \quad (3.5)$$

где W₀ – средняя линейная скорость выхода газов (м/с); D — диаметр устья источника; ΔT – разность температур между t° окружающего атмосферного

воздуха (по средней максимальной t° самого жаркого месяца) и t° выбрасываемой газовой смеси (по технологическим данным);

H — высота трубы, м; m и n — коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника.

Для определения коэффициентов m и n используются дополнительные параметры f и V_m , зависящий от высоты источника, размера устья, скорости выхода газов, их температуры и т. д. Расчет коэффициентов производится с учетом целого ряда условий и достаточно трудоемок без использования специальных программных средств.

Таким образом, приземная концентрация вредного вещества зависит от большого количества факторов: гидрометеорологических параметров атмосферы данного района, мощности выброса, динамических особенностей выбрасываемых частиц, влияния рельефа местности, расхода и температуры газовой смеси, высоты трубы и т. д.

Расчет предельно допустимого выброса применительно к стационарному одиночному источнику с круглым устьем производится для двух случаев в зависимости от численного значения упомянутого выше вспомогательного параметра:

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

Расчет ПДВ осуществляется при допущении, что максимальная приземная концентрация i -го вредного вещества не превышает разность между предельно допустимой и фоновой концентрациями:

$$C_M \leq (ПДК_i - C_{\phi i}).$$

При этом условии мощность выброса i -го вредного вещества (M) будет соответствовать ПДВ данного вещества и определяться, исходя из уравнения 3.4.

Предельно допустимый выброс рассчитывается для двух условий.

1) $f < 100$ ($\Delta T > 0$) – условно низкий источник:

$$ПДВ = \frac{(ПДК_{МФ} - C_{\phi}) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot Z} \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}; \quad (3.6)$$

2) $f \geq 100$ ($\Delta T \approx 0$) – условно высокий источник:

$$ПДВ = \frac{(ПДК_{МФ} - C_{\phi}) \cdot H^4 / 3}{A \cdot F \cdot n \cdot Z} \cdot \frac{8 \cdot V_1}{D}. \quad (3.7)$$

Аналогичным образом задача решается для прямоугольного устья источника с учетом его геометрии и расхода смеси:

$$D_{ПР} = \frac{2 \cdot L \cdot b}{L + b} \text{ и } V_{ПР} = \frac{\pi \cdot D_{ПР}^2}{4} \cdot W_0,$$

где L и b — длина и ширина устья.

Величина ПДВ определяется для каждого вещества отдельно. При установлении ВСВ расчет производится по той же методике.

Каждое предприятие имеет санитарно-защитную зону (СЗЗ), размеры которой устанавливаются в соответствии с Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий. Норматив ПДВ должен быть ориентирован на выполнение условия не превышения ПДК загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы на границе этой зоны. Если расчетные размеры СЗЗ превышают санитарные нормы, необходимо пересмотреть проектные решения и принять меры к уменьшению количества выбросов вредных веществ в атмосферу, увеличить высоту их выброса и т. д. Если после дополнительной проработки не выявлены технические возможности обеспечения размеров СЗЗ, то ширина зоны принимается в соответствии с результатами расчетов расстояния, на котором приземная концентрация вредного вещества не превышает установленных норм.

Размеры санитарно-защитных зон предприятий

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

На основе уравнения 3.4 могут решаться обратные задачи, связанные с определением минимальной высоты источника выброса и мощности выброса.

В практике нормирования существует следующая классификация высоты источников выбросов: а) высокие источники (≥ 50 м); б) средней высоты (10-50 м); в) низкие (2-10 м); г) наземные (≤ 2 м). Использование труб, как источников выброса, более 200 метров для производственных объектов и более 250 м для энергетических объектов допускается только по согласованию с природоохранными контролирующими органами при исчерпании всех возможных способов сокращения выбросов. Данное требование обусловлено тем, что величина ПДВ представляет собой количество (а не концентрацию, которая является расчетным для ПДВ параметром) выбрасываемых поллютантов, которое не может быть уменьшено лишь за счет увеличения высоты источника.

Минимальная высота источника, позволяющая обеспечить условие: $C_m \leq \text{ПДК}_{\text{МР}} - C_{\phi}$ при $\Delta T \rightarrow 0$, определяется:

$$H = \left(\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D \cdot Z}{8 \cdot V_1 \cdot (\text{ПДК}_{\text{МР}} - C_{\phi})} \right)^{3/4}. \quad (3.8)$$

Если из источника выбрасывается несколько токсичных веществ, то за расчетную высоту источника принимается ее максимальное значение.

Определение мощности выброса по заданной концентрации вредного вещества целесообразно при проектировании природоохранных мероприятий. Оно производится по формуле:

$$M = \frac{C_M \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot Z} \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}.$$

17 Основные принципы экосистемного нормирования

Перспективным направлением в системе ЭН является экосистемное нормирование. Под экосистемным нормированием понимается определение комплексных показателей устойчивости экосистем и их численных значений, разработка нормативов и регламентов, ограничивающих негативное воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду возможностями экосистем.

Основная цель экосистемного нормирования заключается в обеспечении защиты биоразнообразия и поддержании антропогенного воздействия на уровне, приемлемом для сохранения благоприятных условий окружающей среды. Основная задача — определение показателей устойчивости и на основе этого выявление и обоснование предельно допустимых вредных воздействий (ПДВВ) и предельно допустимой экологической нагрузки (ПДЭН), обеспечивающих обязательные рамки сохранения структуры и функций экосистемы и степень (меру) максимально допустимого вмешательства человека. ПДВВ и ПДЭН являются ключевыми понятиями современного экосистемного нормирования. Данное направление в полной мере можно отнести к экоцентрическому нормированию, т. е. нормированию, направленному на защиту природной среды и ее отдельных компонентов.

Теоретические исследования объединили работы по научно-методической унификации способов определения нормативов ПДВВ и ПДЭН на экосистемы разного уровня (локальный, региональный и биосферный) и разработку принципов их количественной оценки. Существует несколько подходов к определению нормы в зависимости от объекта (субъекта) нормирования. Среди этих подходов необходимо выделить два: биологический (биоценотический) и ландшафтный (геоэкологический).

При первом подходе в качестве «мишени» негативного воздействия рассматривается биоценоз, а критерием является качество его состояния. Нормативом выступает ПДЭН (например, предельно допустимая экологическая нагрузка на лесную экосистему, устанавливаемая в объектах выпадений загрязняющих веществ из атмосферы и их предельных концентраций в почве). Формирование данного направления определялось трудами В.С. Николаевского, А.М. Степанова, О.Ф. Садыкова и др. Теория и практические вопросы разработки ПДЭН на локальном уровне подробно изложены в работе Е.Л. Воробейчика и др.

Геоэкологический подход имеет ландшафтно-региональную направленность, ориентированную на регламентацию ПДВВ для сохранения качества состояния биотопа. В основе этого подхода лежит ландшафтно-динамический метод исследований, объектами которого являются ландшафт и/или природно-территориальный комплекс (ПТК), рассматриваемые как пространственно-временные системы. В центре внимания при обосновании допустимых нагрузок на природные комплексы находится сопряженный анализ антропогенных нагрузок и соответствующих модификаций ПТК.

В целом, этот подход развивался трудами Т.Д. Александровой, А.Д. Арманда, Ю.А. Израэля, А.Г. Исаченко и др.

Необходимо признать, что само по себе наличие разных подходов к проблеме означает процесс поиска и обоснования общих методологических и методических основ разработки и установления нормативов для их дальнейшей стандартизации, т. е. первый этап развития экосистемного нормирования. Разработка ПДВВ и ПДЭН является сложной наукоемкой задачей, и ее решение находится пока на стадии предварительной проработки. Этот вывод подтверждается выпущенными в 1998-1999 гг. Министерством природных ресурсов методологическими указаниями по установлению ПДВВ на подземные водные объекты и поверхностные водные объекты. Предлагаемые методики пока далеки от совершенства, а сами документы носят временный характер.

Второй подход — практический — используется в основном в процессе разработок норм предельно допустимого воздействия на экосистему в рамках ОВОС при обосновании возможности реализации того или иного вида хозяйственной деятельности. Одной из задач оценки воздействия на окружающую среду является установление максимально допустимого вмешательства человека в экосистему, исходя из конкретных видов воздействий и условий функционирования экосистемы на данной территории. Эта задача решается на основе полевых инженерно-экологических изысканий, лабораторных и камеральных исследований, а сами определяемые параметры предельного воздействия становятся базовыми при экологическом обосновании возможности реализации проектных решений. Именно поэтому процедура ОВОС, как уже отмечалось выше, отнесена нами к экосистемному направлению ЭН. Примером практической реализации экосистемных подходов является положительный опыт выполнения программ спасения Рейна и Великих американских озер.

Экосистемное нормирование базируется на нескольких принципах, из которых следует выделить три. Принцип «слабого звена» вытекает из представлений о лимитирующих факторах и связях в сложных системах. Нагрузки, допустимые для самого уязвимого компонента системы, принимаются как заведомо допустимые для системы в целом. Принцип дифференцированности экологических нормативов предлагает пространственную и временную дифференциацию нормативов. Принцип «джиу-джитсу» учитывает максимальное использование внутрисистемных сил, способных действовать в желательном направлении и компенсировать техногенное воздействие.

На основе учета научно-методических разработок и практических результатов ниже формируются некоторые из известных (но далеко не все) геоэкологических подходов к экосистемному нормированию.

Методологические основы экосистемного нормирования (геоэкологический подход)

Методология экосистемного нормирования и, в частности, разработка численных значений ПДВВ, как следует из определения, базируется на оценке устойчивости экосистем.

Устойчивость является фундаментальным понятием в теории геосистем. Особенно широко оно стало использоваться с развитием геоэкологических исследований для определения степени вмешательства человека в природную среду, и в будущем количественная оценка устойчивости должна сыграть важную роль в качестве критериальной характеристики допустимого уровня антропогенного воздействия на природную среду.

Под устойчивостью экосистемы понимается ее способность при воздействии внешнего фактора пребывать в одном из своих состояний и возвращаться в него за счет инертности и восстанавливаемости, а также переходить из одного состояния в другое за счет пластичности, не выходя при этом за рамки инварианта в течение заданного интервала времени. При этом, инертность (И) — способность геосистемы при внешнем воздействии сохранять свое состояние в течение заданного интервала времени неизменным; восстанавливаемость (В) — способность восстанавливать после возмущения свое состояние; пластичность (П) — наличие у геосистемы нескольких состояний и ее способность переходить в случае необходимости из одного состояния в другое, сохраняя за счет экого инвариантные черты структуры. Формула устойчивости: $У = И + В + П$. Инвариант — свойство (или свойства как совокупный инвариант) системы, не изменяющее свое состояние при внешних воздействиях в пределах ее устойчивости.

При обосновании количественных оценок устойчивости необходимо различать устойчивость природной среды и ее отдельных компонентов и устойчивость сформировавшихся природно-техногенных систем.

Природно-техногенная система (ПТС) представляет собой новое образование, включающее биоценоз, экотоп и нооценоз. Их взаимодействие на определенном уровне антропогенного вмешательства создает ПТС, обладающую эмерджентными свойствами. Устойчивость ПТС обусловлена способностью при воздействии различных природных, техногенных и активизированных техногенезом природно-техногенных факторов сохранять (или восстанавливать) равновесие связей и параметров состава, структуры, состояния и свойств своих отдельных компонентов, обеспечивая при этом единство структурных и функциональных отношений.

Важнейшим принципом при оценке устойчивости является положение о том, что устойчивость по отношению к внешним техногенным воздействиям нельзя оценивать вообще, а только применительно к конкретному виду нарушений. Одна и та же система может быть устойчива к одним воздействиям и не устойчива к другим. Любая геосистема обладает свойством селективной реакции на разные внешние воздействия, т. е. природная среда может характеризоваться множеством устойчивостей.

Устойчивость системы — наиболее комплексный критерий, который можно использовать при нормировании как биотической, так и абиотической, в т.ч. геологической среды (нарушение рельефа и динамики среды, деградация криолитозоны, изменение инженерно-геологических свойств пород).

Существует два основных подхода к оценке устойчивости. Широкое распространение получили экспертные оценки на основе балльных шкал, основанные на квалифицированном анализе результатов геоэкологических исследований. Они используются применительно к сложным системам, для которых получение прямых количественных характеристик затруднено из-за отсутствия методик расчетов. Работа экспертов начинается с определения иерархической системы признаков, на основании которой производится оценка устойчивости геосистемы. Собственно экспертный анализ заключается в установлении оценок значимости и выраженности признаков. Специальная программа выполняет расчет относительных показателей. Одним из способов статистического анализа (например, по критерию Шеффе) оценивается согласованность результатов работы экспертов. При удовлетворительном сходстве интегральных показателей средние балльные характеристики геосистем переносятся в базу данных, реализуемую в ГИС. Оценка устойчивости структурных частей геосистемы требует предварительного определения существующего уровня техногенной нагрузки. С этой целью производится полная инвентаризация источников и видов воздействия и расчет их «рейтинговых оценок» по специальной программе.

Установление предельно допустимых вредных воздействий на экосистемы предполагает разработку количественных методов оценки устойчивости, что является методически сложной задачей. Расчетные методы определения численных значений этого параметра в настоящее время ограничены. Они могут использоваться при детальном исследовании отдельных компонентов системы применительно к конкретным видам воздействий. В процессе решения этой задачи необходимо количественно охарактеризовать сами воздействия и обосновать пороговые значения для компонентов геосистемы или ПТС. При этом могут использоваться следующие показатели:

- 1) ассимиляционная емкость геосистемы;
- 2) геодинамический потенциал;
- 3) вероятность невозникновения отказа.

Важное методологическое значение при изучении устойчивости имеет континуально-дискретный подход к анализу структуры геосистемы. На поверхности границ-разделов (раздел между разными фазовыми состояниями веществ — твердым, жидким, газообразным) всегда проявляется высокая контрастность ингредиентов, что соответствует максимальному производству энтропии. В зоне действия границ-барьеров (граница изменения свойств внутри физически однородных сред) градиент параметров ниже, следовательно, ниже производство энтропии. В пределах континуума (однородная непрерывная среда) производство энтропии минимально. Ряд снижения устойчивости экосистем будет следующим: континуум — барьерная зона — поверхность

раздела сред. Минимальной устойчивостью характеризуются барьерные зоны и особенно пограничные участки экосистем, приуроченные к поверхности раздела сред, независимо от их агрегатного состояния. Наименее подвержены воздействию континуумы, характеризующиеся повышенной устойчивостью ко всем негативным внешним проявлениям. В этой последовательности уменьшается вероятность фиксации результатов антропогенных воздействий и, следовательно, снижается эффективность экологического контроля и мониторинга. Континуально-дискретный подход необходим также в оценке устойчивости и при обосновании ПДВВ на геосистемы разного ранга.

18 Некоторые подходы к установлению ПДВВ

Наиболее универсальным показателем устойчивости природных геосистем является их *ассимиляционная емкость*. Под ассимиляционной емкостью понимается способность экосистемы воспринимать определенный объем вредных воздействий без нарушения норм качества условий ее функционирования и развития. Например, интегральным показателем буферной емкости почв к кислым атмосферным осадкам служит величина кислотно-щелочного показателя почвы.

При химическом загрязнении количественной мерой предельно допустимого вредного воздействия выступает объем загрязняющих веществ, который способна ассимилировать геосистема. В природных ландшафтах основными механизмами ассимиляции выступает: вынос загрязняющих веществ за пределы оцениваемой системы плоскостным стоком и грунтовыми водами, физико-химическая и биохимическая деструкция веществ, перевод поллютантов в нерастворимые формы, сорбция глинистыми частицами и органическим веществом почвы. Количественная оценка ПДВВ, по сути дела, сводится к решению балансового уравнения для i -го загрязняющего вещества, а размерностью ПДВВ в этом случае выступает масса загрязняющих веществ, поступающих в геосистему в единицу времени.

Концепция ассимиляционной емкости в наибольшей степени разработана для морских геосистем. Применительно к водной среде под ассимиляционной емкостью по данной группе загрязняющих веществ понимается максимальная динамическая вместимость такого количества поллютантов (в пересчете на всю акваторию или на единицу объема воды), которое может быть за единицу времени разрушено, накоплено, трансформировано (в результате биологических или химических превращений) и выведено за счет процессов седиментации, диффузии или другого переноса за пределы объема экосистемы без нарушения ее нормального функционирования.

Ведущими механизмами устойчивости морских экосистем к загрязнению являются вынос химических ингредиентов, их деструкция и консервация, а к основным компонентам, подверженным загрязнению, относятся вода и донные осадки. Интенсивность выноса загрязняющих веществ за пределы изучаемой

экосистемы (залив, бухта, отдельная акватория и т. д.) поддерживается, главным образом, за счет гидродинамических механизмов: волнения, течений. Чем активнее динамика среды, тем выше вероятность выноса поллютантов за пределы изучаемой акватории.

Разрушение или метаболизм загрязняющих веществ происходит в результате их окисления, гидролиза, механизмов микробиологической деструкции и других процессов, приводящих к распаду вещества на нетоксичные компоненты. Окисляемость органических веществ, играющая заметную роль в их детоксикации в природной среде, зависит от молекулярного веса, количества атомов и химической структуры вещества. По способности к окислению выстраивается следующий ряд органических веществ: предельные и ароматические углеводороды < непредельные углеводороды < спирты < кислоты. Интенсивность микробиологической деструкции зависит от сложности химического состава вещества и его распространенности в природной среде. Наиболее эффективно идут процессы разложения легкоокисляемых органических веществ, сложнее протекает деструкция ксенобиотиков. Однако и они подвержены постепенному разложению. Характерным примером биологической деструкции является процесс микробного дехлорирования полихлорбифенилов в анаэробной среде, что ведет к утрате ими канцерогенных свойств.

Следующим механизмом является консервация токсичных ингредиентов, т. е. их перевод в неподвижные, биологически недопустимые формы. Этот механизм реализуется посредством физико-химических и биохимических процессов: консервации водной растительностью, хемосорбции взвешенными веществами и донными осадками, перевода тяжелых металлов в труднорастворимые соединения, например, сульфиды. Эффективность механизмов устойчивости этой группы связана с емкостью геохимических барьеров.

Таким образом, основными показателями устойчивости морской среды к химическому загрязнению выступают:

- динамика течений и волнения (коэффициент перемешивания воды);
- содержание в воде растворенного кислорода и мощность окисленного слоя донных осадков, микробиологическая активность (общее микробное число);
- процент проективного покрытия дна высшей водной растительностью;
- физико-химические свойства придонного слоя воды и поверхностного горизонта донных осадков (значения pH – Eh);
- сорбционные свойства осадков (емкость катионного обмена).

Анализ функциональности перечисленных процессов и условий позволяет сделать вывод о том, что основными механизмами устойчивости морской среды к химическому загрязнению являются: динамика воды, микробиологическая активность среды и окислительно-восстановительные условия на разделе вода-дно.

Механизм устойчивости морской среды к химическому воздействию

Механизмы	Процессы и свойства среды					
	Течения, перемешивание	Содержание раств. O ₂	Микробиологическая активность	Водная растительность	pH – Eh	Сорбционные свойства
Вынос	+			+		
Деструкция	+	+	+		+	
Консервация			+	+	+	+

+ - активное состояние

Геодинамический потенциал является критерием регионально-экологической устойчивости территории заданной площади S_0 , характеризующий степень подверженности осваиваемой территории деградационным процессам (геологическим, гидрогеологическим, геокриологическим и др.): S/S_0 , где S – площадь территории, охваченной такими процессами. В условно фоновых районах, мало затронутых деятельностью человека, техногенные воздействия являются в явном виде наложенными факторами, по отношению к которым необходимо определить устойчивость этих районов. Устойчивость к геотехническим воздействиям обусловлена, главным образом, особенностями литолого-геохимического состава почв и подстилающих пород, характером гидрометеорологических процессов, морфологией рельефа, мощностью рыхлых отложений, геокриологическими условиями и т. д.

Геодинамический потенциал — это вероятностная характеристика, определяющая возможность возникновения и развития того или иного деградационного процесса или их совокупности, которые могут произойти в случае нарушения под воздействием человека целостности земной коры или ее почвенно-растительного слоя, изменения гидрологического режима рек и т. д. Устойчивость геосистемы (G) при развитии деградационных процессов является величиной, обратной геодинамическому потенциалу:

$$G = 1 - \frac{1}{S/S_0}$$

Величина геодинамического потенциала территории может использоваться как критерий при установлении ПДВВ (геотехнических, мелиоративных и прочих воздействий) на геологическую среду или элементарный ландшафт в ее пределах.

При оценке возможности проявления опасных природных воздействий в период хозяйственного освоения территорий (строительства, эксплуатации объектов, освоении месторождений полезных ископаемых и т. д.) целесообразно использовать шкалу опасности природных процессов, принятую в строительстве, по четырем категориям: чрезвычайно опасные, весьма опасные, опасные и умеренно опасные процессы. Основным показателем степени опасности, является площадная или линейная пораженность территории процессами. Исходя из этих данных, несложно рассчитать

геодинамический потенциал и определить степень устойчивости территории, как величину обратную геодинамическому потенциалу, в соответствии с существующими категориями. Градации опасности можно качественно сопоставить с категориями устойчивости территорий: крайне неустойчивые, весьма неустойчивые, умеренно устойчивые и устойчивые территории. В табл. приведены значения геодинамического потенциала по некоторым опасным процессам в рамках предложенных градаций устойчивости

Устойчивость территорий к деградационным процессам

Процессы	Категории устойчивости территорий			
	крайне неустойчивые	весьма неустойчивые	умеренно устойчивые	устойчивые
Оползни	< 0.70	0.70-0.89	0.90-0.99	> 0.99
Сели	< 0.50	0.50-0.89	0.90-0.95	> 95
Лавины	< 0.50	0.50-0.79	0.80-0.89	> 0.90
Просадочность лессовых пород	-	0.30-0.39	0.40-0.50	0.60-0.70
Подтопление территории	-	< 0.25	0.25-0.49	> 0.50
Эрозия плоскостная и овражная	-	< 0.49	0.50-0.69	0.70-0.90
Термоэрозия овражная	-	< 0.49	0.50-0.74	> 0.75
Пучение	-	< 0.25	0.25-0.89	> 0.90
Солифлюкция	-	< 0.90	0.90-0.95	> 0.95
Неледеобразование	-	0.97-0.997	0.998-0.999	> 0.999

Обоснование предельно допустимого геотехнического (механического) воздействия на территорию или ландшафт должно подчиняться следующим основным принципам. На крайне неустойчивых территориях осуществление какой-либо хозяйственной деятельности, связанной с механическим воздействием на ландшафт, недопустимо. На весьма неустойчивых, умеренно устойчивых и устойчивых территориях при назначении норматива предельно допустимой величины механического воздействия на ландшафт необходимо исходить из основных лимитирующих экологических факторов и видов хозяйственной деятельности, о чем будет сказано ниже.

Более общим случаем в системе оценки устойчивости территорий является выявление устойчивости рельефа. По существующим в настоящее время представлениям на устойчивости геотопологических (геоморфологических) характеристик элементарных ландшафтов к внешним воздействиям базируется оценка устойчивости ландшафта в целом.

Под устойчивостью рельефа понимается способность геоморфологической системы не реагировать на возмущения или восстанавливать морфологическую структуру и динамическое равновесие без перехода всей системы в иное состояние. Механизмами устойчивости являются совокупность форм и элементов рельефа, а также рельефообразующие процессы. Устойчивость различна для разных форм рельефа: наиболее устойчивы структурные линии, наименее — элементарные морфологические поверхности.

Изменение топологии (морфологической структуры) рельефа может быть связано с саморазвитием и внешними воздействиями, которые вызывают нарушения динамического равновесия. Выделяется две основные группы геоморфологических систем по реакции на внешние воздействия. Первая группа характеризуется быстро реагирующими системами с коротким (относительно) временем релаксации в новое состояние. Она представлена руслами рек, придолинными зонами, уступами, морскими берегами. Вторая группа объединяет медленно реагирующие системы, характеризующиеся большим временем запаздывания или отклика, а также большим временем релаксации. Это междуречья, внутренние части плато и т. д.

Численные значения устойчивости, позволяющие проводить сравнение различных типов рельефа или участков ландшафта (местности), могут быть получены через отношение неустойчивости форм:

$$T = \frac{\text{среднее время релаксации}}{\text{среднее время частоты событий, вызвавших изменения}}$$

Если $T < 1.0$ — система считается стабильной; при $T > 1.0$ — система нестабильна и топология ее неустойчива. Для сравнения: склоны, как правило, характеризуются широким диапазоном значений неустойчивости форм — T меняется от 0.4-0.5 до 5.0; русла рек более устойчивы — $T = 0.01 \div 0.3$.

Геоморфологический аспект экосистемного нормирования заключается, прежде всего, в установлении нормативных показателей, связанных с обеспечением устойчивости рельефа при проведении различных видов хозяйственной деятельности и оценкой вероятности развития опасных процессов и явлений под влиянием техногенных факторов.

Некоторыми исследователями для оценки устойчивости геосистем предлагается использование математического аппарата теории надежности и ее важнейшего понятия — отказа. В общем виде отказ определяется как событие выхода системы из области допустимых значений ее переменных. В зависимости от типа системы и аспектов ее анализа область допустимых значений переменных может задаваться таким образом, что выход из нее (т. е. отказ) приводит либо к разрушению системы и ее качественному изменению, либо система в результате отказа выполняет свою функцию ниже порога эффективности. Условием отказа системы является выход из области z_0 , находясь в которой она может выполнять свою функцию не ниже некоторой критической величины. Оценкой устойчивости системы является вероятность невозникновения отказа в интервале времени Δt .

Понятно, что область допустимых значений геосистемы многомерна и

задачей исследователя является ее определение на основе концепции лимитирующего экологического фактора и особенностей реализуемой хозяйственной деятельности. Например, М.Д. Гроздинский (1987) при изучении устойчивости геосистем ранга «урочище» степной зоны к орошению выделяет в качестве отказов: засоление геосистемы, превышающее порог токсичности для почвы и растений, эрозионно-линейную деструкцию геосистемы, гидроморфизацию, т. е. повышение уровня грунтовых вод выше критической глубины залегания и т. д.

При данном подходе величина устойчивости является вероятностной характеристикой. В основе расчетов устойчивости должен лежать достоверный статистический материал, что требует большого объема мониторинговых наблюдений состояния среды и ее реакции на тот или иной вид воздействия. Данный подход наиболее эффективен в рамках природно-техногенных систем.

В соответствии со сформулированными в данном разделе целями существенным является вопрос использования величины устойчивости, как вероятности невозникновения отказа, для установления ПДВВ. Выше отмечалось, что оценка устойчивости таким способом проводится для биотических и абиотических компонентов ПТС на основе ряда мониторинговых наблюдений за их состоянием при определенных антропогенных нагрузках. Основным результатом подобного подхода к анализу устойчивости системы может стать установление или корректирование назначенного ранее уровня воздействия (ПДВВ) на основе полученных оценок с целью оптимизации условий функционирования ПТС.

19 Критерии и показатели установления предельно допустимого воздействия на экосистему

Критерии установления ПДВВ на экосистему рассматриваются применительно к тем показателям, которые были предложены выше в качестве базовых — ассимиляционная емкость геосистемы, геодинамический потенциал и вероятность невозникновения отказа в системе.

В основе обоснования норматива предельно допустимого вредного воздействия на природные геосистемы должны лежать критерии и показатели, отражающие «норму» состояния системы и степень отклонения от нее. К таким критериям, прежде всего, относятся общие показатели биоразнообразия (состояние основных звеньев трофических цепей, организмов-индикаторов, структурной целостности биоценоза), а также показатели перестройки экосистемы (снижение биомассы, уменьшение продуктивности, сокращение численности видов, замена доминирующих видов, колебание численности вида, сдвиги возрастных структур, появление признаков угнетения биоценозов, увеличение интенсивности биоаккумуляции и транспорта загрязняющих веществ в трофических цепях с возникновением пороговых уровней и т. д.).

Неприемлемыми эффектами на экосистемном уровне являются:

- разрушение экосистемы;
- статистически достоверные изменения величины продуктивности (в ту или иную сторону);
- уменьшение ассимиляционной емкости экосистемы и ее способности к самоочищению;
- сокращение видового разнообразия;
- выпадение из экосистемы видов-доминантов.

На уровне биоценоза неприемлемы следующие отклонения:

- статистически достоверные изменения величины продуктивности (в ту или иную сторону);
- упрощение трофической цепи;
- переход с пастбищного на детритный путь утилизации первичной продукции;
- изменение роли отдельных групп биоты.

Наиболее общим критерием установления ПДВВ на экосистему на основе расчета ассимиляционной емкости является биологическая оценка состояния среды, которая может быть проведена на разных уровнях системной организации: суборганизменном, организменном, популяционно-видовом и биоценоотическом. Изучение на суборганизменном и организменном уровнях производится чаще всего при лабораторных и стационарных исследованиях последствий техногенного воздействия. Полученные при этом результаты, базирующиеся, как правило, на методах биотестирования, не всегда можно адекватно применять к естественным природным популяциям, поскольку задействованные в них организмы не живут в естественном состоянии. Кроме того, токсикологические исследования на отдельных видах не могут, например, предсказать конкурентное вытеснение одних видов другими в условиях усиления антропогенного воздействия.

В максимальной степени представить интегральную картину качества среды с учетом кумулятивного эффекта всех форм антропогенного воздействия позволяют лишь исследования на популяционно-видовом и биоценоотическом уровнях. При этом используется комплекс показателей, характеризующих состояние биоценоза, т. к. поиск универсальных показателей вряд ли оправдан.

Например, при исследованиях состояния морской среды используются численные значения следующих биотических характеристик:

- количественный состав донных сообществ;
- видовое разнообразие или видовое богатство биоценозов;
- суммарная биомасса бентоса;
- типы топических и трофических группировок бентоса;
- групповой состав, суммарная плотность поселения и биомасса доминирующих и сопутствующих организмов;
- размерная и весовая структура популяций массовых видов;
- взаиморасположение кривых численности и биомассы для донного биоценоза в целом.

Выводы о тенденциях изменчивости считаются корректными лишь в том случае, если они основаны на нескольких показателях.

Применительно к лесным экосистемам критериями допустимости антропогенных нагрузок являются структурная целостность фитоценоза, т. е. ненарушение вертикальной (ярусной) и горизонтальной (парцилярной) структуры лесных сообществ, а также завершенность биогеохимического круговорота веществ и энергии.

К конкретным видам воздействий в качестве критериев состояния среды могут быть использованы целевые показатели, полученные в процессе экспериментальных и аналитических исследований и моделирования.

В теории экосистемного нормирования рассматриваются несколько общих подходов к состоянию экосистем. С целью нормирования антропогенных воздействий на экосистемы суши по критерию биоразнообразия используют зоологические показатели. По ним могут быть определены стадии процесса экологических нарушений территории. Зона риска выделяется, главным образом, по экологическим критериям начальной стадии нарушения — синантропизации, потеря стадного поведения, изменение путей миграции, реакция толерантности. Последующие стадии нарушения выделяются дополнительно по пространственным, демографическим и генетическим критериям. Зона кризиса характеризуется нарушением структуры популяций, групп и стай, сужением ареала распространения и обитания, нарушением продукционного цикла. Зона бедствия отличается исчезновением части ареала или местообитания, массовой гибелью возрастных групп, резким ростом численности синантропных и нехарактерных видов и т. д.

Зоологические критерии оценки нарушенности экосистем

Оценочные показатели	Классы состояния экосистемы			
	I – норма	II – риск	III – кризис	IV – бедствие
Частота антропозоонозных заболеваний	случайная	спорадическая	регулярная	массовая
Падеж домашних животных (в %)	случайно (< 10)	спорадически (10—20)	регулярно (20—50)	массово (> 50)
Биоразнообразие (на % от исходного)	менее 5	10 — 20	25—30	более 50
Плотность популяции вида-индикатора антропогенной нагрузки (в %)	менее 10	10—20	20—50	более 50

При разработке норматива ПДВВ на природные и природно-техногенные системы продуктивно использование концепции экологических модификаций. Показателями состояния среды в этом случае выступают типы экологических модификаций геосистем природно-территориальных комплексов, морских экосистем и т. д.

Применительно к морским экосистемам в теории экологических модификаций на основе анализа направленности экологических и метаболических

ческих процессов выделяются несколько стадий развития геосистем под воздействием человека. По результатам оценки состояния определяются количественные критерии поддержания экосистемы в соответствующей экологической модификации. Данный подход наиболее эффективен в условиях эвтрофикации, химического и органического загрязнения, развития других процессов, стимулирующих процессы экологического и метаболического прогресса или регресса морских экосистем.

Основы теории экологических модификаций базируются на следующих представлениях. В условиях нарастающего антропогенного воздействия на окружающую среду происходит глубокая перестройка биоценозов. Биоценоз реагирует на изменения в природной среде как единое целое. Существование биоценозов в широком диапазоне условий жизнеобитания возможно благодаря приспособительным изменениям биоценозов — экологическим модификациям. Фундаментальную основу существования биоценозов составляют процессы утилизации энергии и вещества, содержащихся в окружающей среде, а также извлечение и превращение энергии экзогенных процессов в биомассу биоценоза. Увеличение их интенсивности ведет к прогрессивному развитию метаболизма биоценоза, уменьшение — к метаболическому регрессу.

Метаболический прогресс вызывается антропогенным загрязнением и, прежде всего, поступлением биогенных веществ, что предопределяет развитие процессов эвтрофикации. Например, в эвтрофных озерах интенсивность фотосинтеза в 100-400 раз выше по сравнению с олиготрофными озерами. Это соответствует основному биоценологическому закону: уровень метаболизма определяется уровнем обеспеченности жизненными ресурсами. Метаболический прогресс идет по трем различным направлениям: к усложнению экологической структуры (экологический прогресс), к упрощению структуры (экологический регресс) и к перестройке экологической структуры, не ведущей ни к прогрессу, ни к регрессу (экологические модуляции).

Выделяется четыре основных стадии изменения экосистем под действием возмущающих факторов.

Первая стадия — экологические модуляции. Характерно изменение видовой структуры при сохранении уровня организации экосистемы. Эти изменения находятся в пределах нормального функционирования экосистемы.

Вторая стадия — экологический прогресс. Наблюдается увеличение разнообразия биоценоза, которое позволяет стабильно поддерживать высокий уровень метаболизма в широком диапазоне флуктуаций тех или иных факторов внешней среды. Среди основных признаков экологического прогресса отмечаются уменьшение энтропии внутри системы, увеличение устойчивости к внешним возмущениям, усложнение межвидовых связей, увеличение длины жизненных циклов. Если эти изменения вызваны антропогенным воздействием, то системы находятся в состоянии антропогенного возбуждения, сравнимого с легкой формой патологии.

Третья стадия — экологический регресс, сопровождаемый метаболическим прогрессом. Типично увеличение интенсивности обмена биогенными веществами между биоценозом и природной средой, рост

продукции органического вещества в процессе жизнедеятельности, увеличение отношения продукции к деструкции, уменьшение видового разнообразия и устойчивости, упрощение межвидовых отношений. Одновременно происходит рост энтропии в геосистеме. Примером являются высокопродуктивные сообщества эстуариев в умеренном поясе, характеризующиеся крайне низкими показателями видового разнообразия. Типичным явлением для таких систем следует отметить процесс эвтрофикации. Эта стадия отражает тяжелую патологию экосистемы. Предпосылками являются: поступление аллохтонного органического вещества, преобладание скорости продукции над деструкцией, отсутствие необходимости продуцировать ОВ из неорганических соединений.

Четвертая стадия — метаболический регресс при экологическом регрессе. Изменения окружающей среды выходят за рамки адаптационных механизмов биоценоза. Отмечается уменьшение биопродуктивности, снижение общей активности, т. е. суммы всех процессов продукции и деструкции вещества. Увеличивается воздействие токсических веществ, изменяются физические и химические свойства среды. Перечисленные выше особенности приводят к гибели биоценозов.

Характеристика и обоснование стадий изменения систем должна основываться на перечисленных выше показателях и их численных оценках.

В качестве критериальной базы оценки устойчивости и нормирования ПДВВ осуществляется деление всех акваторий на три категории: заповедные акватории, акватории испытывающие умеренную антропогенную нагрузку, и акватории с сильно преобразованной средой в составе ПТС. Для каждой из них необходимо использование собственных критериев установления ПДВВ:

1 категория — сохранение естественных условий обитания биоценозов — недопустимы никакие экологические модификации;

2 категория — сохранение минимального уровня воздействия — недопустимы экологические модификации, ведущие к экологическому регрессу;

3 категория — поддержание минимально необходимых условий существования экосистемы — недопустимы экологические модификации, ведущие одновременно к экологическому и метаболическому регрессу.

Наиболее сложным в системе экологического нормирования остается вопрос определения уровня воздействия, приемлемого для конкретной экосистемы. Решение этой задачи должно основываться, по-видимому, на проведении натурного экологического моделирования. В отличие от лабораторных экспериментов натурное моделирование позволяет в определенной степени учесть все многообразие условий и факторов функционирования экосистемы. Бесспорно, что в практике экологического нормирования его необходимо комбинировать с комплексными лабораторными исследованиями.

Критерием установления ПДВВ на основе расчета устойчивости среды через геодинамический потенциал территории может быть использована геодинамическая группа критериев состояния территории, которая применяется преимущественно для оценки рельефа и вероятности развития природных и техногенно активизированных опасных геологических процессов и явлений. В

данную группу входит показатель площади техногенного рельефа к площади территории (в %), по сути дела, отражающий результат интегрального воздействия, включая техногенную активизацию опасных геологических процессов. При этом используются четыре класса экологического состояния территории: норма, риск, кризис и бедствие. В качестве показателей предельно допустимого воздействия на территорию целесообразно использовать первый и второй класс, т. е. благоприятное (норма) и ограниченно благоприятное (риск) состояние территории, которое по данному признаку оценивается соответственно значениями 10% и 25%.

Таким образом, на умеренно устойчивых и устойчивых территориях (по геодинамическому потенциалу) при назначении норматива максимально допустимого механического воздействия на ландшафт в качестве критерия предельной величины рекомендуется принять значение 25%, т. е. максимальное увеличение пораженности территории теми или иными процессами за счет техногенной активизации не должно превышать 25% от исходной (природной) нарушенности. При нормировании воздействия на неустойчивых территориях следует придерживаться величины 10%.

Конечно, предложенные численные значения критериев носят ориентировочный характер и требуют более детального обоснования, исходя из конкретных условий территории и видов хозяйственной деятельности.

Использование величины устойчивости, как вероятности невозникновения отказа, при установлении ПДВВ для биотических и абиотических компонентов ПТС на основе ряда мониторинговых наблюдений предполагает проведение обоснования минимальной допустимой величины устойчивости. Ее значение может составлять 0.7. Принятие этого числа в качестве меры регулирования вытекает из анализа «функции желательности» (функции Харингтона): при балльной оценке 0.7 имеет место точка перегиба «функции желательности» с необратимым сохранением позитивных изменений при оценивании свойств конкретного объекта. В частности, она используется при оценке значительности воздействия промышленного производства на окружающую среду.

Важнейшим принципом экосистемного нормирования, в отличие от санитарно-гигиенического и производственно-ресурсного направлений, является принцип дифференцированности экологических нормативов, т. е. определение уровня воздействия на конкретно изучаемую экосистему. Это обусловлено, прежде всего, неповторимостью и оригинальностью любой экосистемы. Тем не менее, учитывая слабую обоснованность многих методологических положений экосистемного нормирования на современном этапе, в практике установления ПДВВ следует широко использовать расчетно-экспериментальные способы (по аналогии с методами разработки ПДК), которые предполагают экстраполяцию и интерполяцию результатов изучения близких по структуре и функциональности экосистем. В связи с этим по результатам разработки нормативов необходимо создавать и постоянно насыщать информацией базы геоэкологических данных, которые станут основой развития методологических принципов экосистемного нормирования.

20 Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга в Донбассе

Экосистемное нормирование является частью прикладного направления в экологии – нормирования уровня антропогенной нагрузки на окружающую среду. При внедрении в практику экосистемное нормирование основывается на использовании комплексных интегральных показателей вредности. Эти показатели в отдельности или в совокупности отражают степень устойчивости или сбалансированности экосистем различных масштабов. При обосновании количественных оценок устойчивости экосистем мы рассматривали резистентность отдельных компонентов природно-техногенных систем. В оценке качественного состояния растительных элементов ландшафта использовали принцип пороговости действия.

Установлено, что определение устойчивости природных экосистем тесно связано с фитоиндикационными показателями. Рассматривали показатели строения сорных растений как информативные критерии устойчивости экосистем к антропогенным нагрузкам.

Рабочая гипотеза такого прикладного направления: при трансформации экосистемы в сторону ее дисбаланса наблюдаются нарушения на структурных уровнях организации растительных организмов.

Важным звеном нормирования в природных экосистемах является установление сигнальных показателей – так называемых индикационных критериев, по которым можно с определенной долей вероятности судить об уровне трансформации или истощенности экосистемы, определять вещественный и энергетический балансы в локальных геосистемах.

При анализе растительного материала учитывали следующие показатели: внешний вид строения растений, жизненная форма; особенности архитектоники подземных органов; трансформации в корневых терминалях; изменчивость в побегообразовании, формировании соцветий; изменчивость проводящей системы в стебле растений; система формирования листового аппарата в различных формациях; вариативность структур поверхности листа; вариативность внутренних конформационных тканей листа; тератологические проявления в цветке; изменчивость в мужской генеративной сфере – дефектность пыльцы; изменчивость в женской генеративной сфере – дефектность семязачатков; генетическая гетерогенность семян; морфологическая разнокачественность плодов; гистохимическая разнокачественность плодов; выявление отклонений при прорастании семян; дезориентация жизненной стратегии. Критериями для установления степени нормальности экосистемы являются показатели индикационной ботанической экспертизы: информативные трансформации структур растений-индикаторов, размах их экологической амплитуды и реализация стратегий видов по новым адаптивным сценариям. Теоретическая важность этой идеи заключается в выявлении информативных связей между реально существующими потоками вещества и энергии в условиях развития экосистем с интенсивной эксплуатацией их ресурсов.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	
Объект и предмет изучения экологического нормирования.....	3
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ.....	4
1 Структура экологического нормирования.....	5
2 Стандартизация в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов.....	8
3 Основные механизмы экологического нормирования.....	10
4 Принципы экологического нормирования.....	13
5 Санитарно-гигиеническое нормирование.....	14
6 Виды вредных воздействий.....	15
7 Нормирование предельно допустимых концентраций вредных веществ	16
8 Предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе.....	25
9 Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде хозяйственно-питьевого назначения.....	27
10 Гигиеническая регламентация загрязнения почв.....	29
11 Допустимые остаточные количества вредных веществ в пищевых продуктах.....	31
12 Некоторые проблемы нормирования ПДК.....	33
13 Нормирование шумового загрязнения.....	35
14 Подходы к нормированию показателей качества компонентов окружающей среды.....	37
15 Механизмы нормирования безопасности производства.....	43
16 Нормирование предельно допустимых выбросов вредных веществ...	47
17 Основные принципы экосистемного нормирования.....	52
18 Некоторые подходы к установлению ПДВВ.....	56
19 Критерии и показатели установления предельно допустимого воздействия на экосистему.....	61
20 Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга в Донбассе.....	67
Содержание	68