

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт естественных наук  
Кафедра экологии и природопользования

# **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
для бакалавров и магистрантов направления  
подготовки «Экология и природопользование»

*Под редакцией доктора сельскохозяйственных наук*

*Е. А. Иванцовой*

Волгоград 2016

УДК 502.1(075.8)

ББК 20.18я73

Э40

Рекомендовано к опубликованию Учебно-методическим советом  
института естественных наук ВолГУ  
(протокол № 9 от 30.08.2016)

Авторский коллектив:

канд. с.-х. наук, доц. А. А. Матвеева, ст. преп. Е. А. Зализняк,  
д-р с.-х. наук, доц. Е. А. Иванцова, канд. геогр. наук, доц. А. В. Холоденко,  
канд. биол. наук, доц. Н. В. Онистратенко, ст. преп. Ю. С. Половинкина,  
канд. биол. наук, доц. И. В. Манаенков

Рецензенты:

акад. РАН *А. С. Рулев*;  
д-р с.-х. наук *И. В. Киричкова*

Э40 **Экологическая** безопасность [Текст] : учеб.-метод. пособие для ба-  
калавров и магистрантов направления подготовки «Экология и природо-  
пользование» / под ред. д-ра с.-х. наук Е. А. Иванцовой ; Федер. гос. авт.  
образоват. учреждение высш. образования «Волгогр. гос. ун-т», Ин-т ес-  
теств. наук, Каф. экологии и природопользования. – Волгоград : Изд-во  
ВолГУ, 2016. – 88 с.

В данном учебно-методическом пособии рассматриваются теоретические во-  
просы, связанные с основами экологической безопасности, выявлением специфики ее  
обеспечения на различных уровнях (региональном и локальном), механизмами и ме-  
тодами обеспечения экологической безопасности.

Пособие предназначено для студентов I–IV курсов бакалавриата, I–II курсов  
магистратуры по направлению подготовки «Экология и природопользование», для  
преподавателей вузов в качестве методических материалов.

УДК 502.1(075.8)

ББК 20.18я73



© Коллектив авторов, 2016  
© ФГАОУ ВО «Волгоградский  
государственный университет», 2016  
© Оформление. Изд-во Волгоградского  
государственного университета, 2016

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В последнее время в нашу жизнь вошло понятие «экологическая безопасность», которое можно охарактеризовать как процесс обеспечения защищенности жизненно важных интересов не только отдельного индивидуума, но и общества в целом, а также государства и природы от угроз, создаваемых антропогенным или естественным воздействием на окружающую среду. Научно-технический прогресс породил целый комплекс факторов, которые затрагивают все стороны хозяйственной деятельности человека, включая его здоровье.

Несмотря на проводимые государством или предприятиями природоохранные мероприятия, проблема обеспечения экологической безопасности по-прежнему остается актуальной. Это связано с типом экономического развития страны, слабой проработанностью информационного портрета экологического мониторинга, недостатками в методической базе определения показателей экологической безопасности некоторых компонентов окружающей среды, а также достаточно низким уровнем осведомленности населения в этой сфере.

В основу данного учебно-методического пособия была положена обобщенная теоретическая и практическая база полученных данных о механизмах и методах обеспечения экологической безопасности.

Данное пособие может быть использовано в качестве дополнительного материала при подготовке к профессиональному блоку дисциплин, изучаемых бакалаврами и магистрами по направлению «Экология и природопользование», а в целом способствовать формированию экологического мышления и образования у заинтересованных лиц в вопросах охраны окружающей среды.

# Раздел 1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

## 1. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Экологическое благополучие планеты, государства, региона – один из важнейших показателей жизнеобеспечения цивилизации в целом и ее территориальных групп в частности. Рациональное использование природных ресурсов, обеспечение экологической безопасности – неотъемлемое условие постоянного социо-эколого-экономического развития всех стран мирового сообщества.

Обеспечение национальной безопасности России в экологической сфере является одним из элементов государственной стратегии РФ по охране окружающей среды и обеспечению перехода к устойчивому развитию. Концепция национальной безопасности, закрепившая новую правовую категорию «национальная безопасность Российской Федерации в экологической сфере», утверждена указом Президента «Об утверждении Концепции национальной безопасности Российской Федерации» от 17 декабря 1997 г. № 1300. Ее основными положениями являются: техногенная безопасность окружающей среды (природных объектов); экологическая безопасность личности, общества и государства.

Чтобы осмыслить понятие экологической безопасности и выявить способ ее достижения на различных уровнях, надо познакомиться с основными категориями.

### **Основные терминологические понятия.**

**Безопасность** – это состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз.

**Экологическая безопасность** – это состояние защищенности жизненно важных экологических интересов человека, прежде всего, его прав на чистую, здоровую, благоприятную для жизни окружающую среду.

В то же время **экологическая безопасность** – это достижение условий и уровня сбалансированного сосуществования окружающей природной среды и хозяйственной деятельности человека, когда уровень нагрузки на среду не превышает ее способности к восстановлению; это система регулирования, комплекс упреждающих мероприятий, направленных на недопущение развития чрезвычайных ситуаций не только в пределах антропогенной деятельности, но и в условиях предсказуемости развития экстремальных ситуаций в самой природной среде.

Понятие «экологическая безопасность» включает в себя определение терминов «окружающая среда» и «опасность».

**Окружающая среда** – совокупность на данный момент абиотической, биотической и социальной сред, способных совместно, прямо или косвенно, немедленно или отдаленно, воздействовать на население и хозяйство, на флору и фауну, и др.

**Опасность** – возможность осуществления некоторых условий технического, природного, экономического или социального характера, при наличии которых могут наступить неблагоприятные события и процессы.

**Опасность** – это ситуация, постоянно присутствующая в окружающей среде, способная в определенных условиях привести к реализации в ней нежелательного события (возникновению опасного фактора).

Принято выделять виды опасных факторов:

– экологические – обусловлены причинами природного характера, неблагоприятными для жизни человека, животных, растений; климатическими условиями, а также функциональными характеристиками экосистем, природными бедствиями и катастрофами и т. д.;

– социально-экономические – обусловлены недостаточно развитыми социальными структурами, неэффективным кредитно-финансовым механизмом и т. д.;

– антропогенные – обусловлены хозяйственной деятельностью человека: чрезмерным вовлечением природных ресурсов в хозяйственный оборот, необоснованным отчуждением земель под хозяйственную деятельность и иными негативными процессами, актами и решениями;

– военные факторы – обусловлены работой ВПК.

Основными причинами экологической опасности в РФ являются технологический и экологический кризисы.

### **Технологический кризис.**

Со вступлением человечества в эпоху НТП, стремительного роста техносферы частота и масштабность ущерба от технологических катастроф стали сопоставимы с аналогичными показателями стихийных бедствий либо с потенциалом военного производства. Эти катастрофы могут вызвать негативные последствия, затрагивающие территории соседних государств и распространяющиеся по всей планете в целом. Однако существует понятие «тихий» техногенных катастроф, которые могут незаметно наносить ущерб компонентам окружающей среды (ежедневные выбросы, сбросы, размещение отходов производства и потребления от предприятий-природопользователей).

В РФ есть города и промышленные центры с превышением ПДК в 10 раз. Например, величина риска заболеваний нервной системы в зонах экологического неблагополучия превышает 60 %. В «алюминиевых» городах и других крупных индустриальных центрах наблюдаются патологии опорно-двигательного аппарата и зубов. Таких российских городов достаточно много, что подтверждает экологическую опасность для населения, страны и угрозу для генофонда.

Для ликвидации угрозы техногенных катастроф требуется скорейшая организация международной системы технологической безопасности, направленная на внедрение не только ресурсосберегающих, но и малоотходных процессов производства.

### **Экологический кризис.**

Экологический кризис является глобальной проблемой, которая была порождена всеми противоестественными взаимоотношениями общества и природы. Решение проблемы должно быть направлено на восстановление баланса, что представляет собой чрезвычайно сложную в глобальном отношении задачу, пока еще не до конца осознанную человеком.

Одним из комплексных универсальных инструментов является государство, которое должно быть основателем и главным инициатором функционирования гражданских и общественных организаций в деле защиты общества.

Таким образом, формулировка понятия объектов экологической безопасности включает в себя 3 составляющих:

– гео – геологический и географический компоненты, распространяющие уровень защиты на установленную в зависимости от уровня объекта протяженность по земной поверхности и на определенные ресурсы, имеющие принадлежность к земной коре;

– социо – компонент, относимый к существованию, деятельности и взаимоотношениям, возникающим в человеческом обществе;

– эко – компонент, включающий в себя все организмы на данном участке, взаимодействующие с физической средой.

**Система экологической безопасности** – совокупность законодательных, технических, медицинских и биологических мероприятий, направленных на поддержание равновесия между биосферой и антропогенными, а также естественными внешними нагрузками.

**Субъекты экологической безопасности** – индивидуум, общество, биосфера, государство.

**Объекты экологической безопасности** – жизненно важные интересы субъектов безопасности: права, материальные и духовные потребности личности, природные ресурсы и природная среда как материальная основа государственного и общественного развития. Система объектов экологической безопасности имеет свою иерархию, подразделяясь на уровни (рис. 1).

Глобальным объектом экологической безопасности является человек, самое ценное, уязвимое, но и наиболее опасное для себя и среды обитания существо.

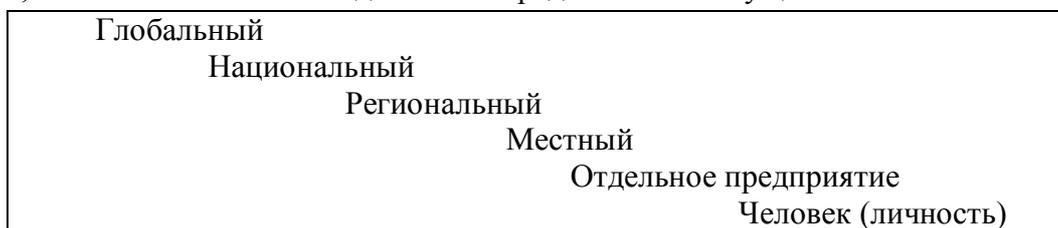


Рис. 1. Уровни объектов экологической безопасности

Обобщая все вышесказанное, можно сделать вывод: экологическая безопасность является важным компонентом национальной безопасности государства.

#### **Обеспечение экологической безопасности на федеральном уровне.**

Обеспечение экологической безопасности региона и страны в целом предполагает осуществление системы мер, связанных с нормативно-правовым, технологическим, экономическим управлением и контролем за состоянием отдельных объектов экологической безопасности. Такая система мер требует разработки стратегии обеспечения экологической безопасности. Деятельность по обеспечению экологической безопасности должна носить планомерный характер, но для осуществления данной стратегии необходимо несколько подходов:

- оборонительный – связан с укреплением экологической безопасности путем снижения уровня уязвимости геосоциоэкосистем от внешних воздействий;
- адаптивный – обусловлен развитием механизмов усиления приспособляемости геосоциоэкосистем;
- кооперативный – предполагает развитие взаимовыгодного международного сотрудничества для устранения (или снижения) опасности воздействия на окружающую природную среду.

Применяя любую из данных стратегических альтернатив, государство (регион) осуществляет систему мер для управления экологической безопасностью данного объекта.

#### **Основы управления экологической безопасностью.**

Государство в лице Президента РФ как его главы, органов законодательной, исполнительной и судебной ветвей власти, а также органов местного самоуправления в качестве инструментов общества в решении общих для него задач, в том числе связанных с регулированием качества окружающей среды, решают общие задачи в процессе осуществления своих функций от имени общества, ради общества и в интересах общества.

В основе управления экологической безопасностью лежат следующие принципы:

- принцип платности;
- принцип научной обоснованности;
- принцип экономической ответственности;
- принцип комплексности;
- принцип хозяйственного расчета.

В основе **принципа платности** лежит экономическая (стоимостная) оценка природных ресурсов. Более пятнадцати лет назад появились предложения оценивать земельные угодья в денежной (стоимостной) форме. Природные земельные фонды участвуют в процессе производства наряду с другими средствами производства – материально-техническими и трудовыми. Денежная оценка земли позволяет сопоставить ее роль в производстве с ролью других видов ресурсов. Как следствие, удается препятствовать необоснованному отводу ценных земель для несельскохозяйственных целей, а также более точно определять ущерб, причиняемый земельным угодьям при их нерациональном использовании. Установление платности пользования природными ресурсами направлено на решение важных социальных, экономических и экологических задач: повышение заинтересованности в эффективном использовании природных ресурсов, формирование дополнительных финансовых источников для воспроизводства ограниченных ресурсов окружающей природной среды.

**Принцип научной обоснованности** управления экологической безопасностью и охраной окружающей среды означает разумное, основанное на научных исследованиях, сочетание экологических и экономических интересов общества, обеспечивающих реальные гарантии прав человека на здоровую и благоприятную для жизни окружающую среду. Строгая научная обоснованность требуется при совместном использовании различных составляющих экономического механизма. Остро стоят проблемы научности экономической оценки природных ресурсов и ценообразования, а также расчетов экономического ущерба, причиняемого среде. Необходимы научные рекомендации при определении оптимального сочетания затрат на обеспечение экологической безопасности и охрану природной среды из различных источников – бюджетных, собственных средств предприятий, средств экологических фондов и других каналов.

**Принцип экономической ответственности** находит свое выражение в обязанности природопользователей возмещать ущерб, причиняемый природной среде, здоровью людей и имуществу физических и юридических лиц в результате совершения экологических правонарушений.

**Принцип комплексности** (другими словами, системности, всестороннего охвата ситуации) означает, в частности, стремление к многоцелевому использованию ресурсов, развитию малоотходных и безотходных производств, глубокой переработке сырья. Этому принципу должны соответствовать все элементы механизма управления экологической безопасностью. Именно отсутствие комплексности является одной из причин несовершенства такого механизма в реальных ситуациях.

**Принцип хозяйственного расчета** требует увязки экологизации производства на каждом конкретном предприятии с его экономической эффективностью, прибыльностью. Этот принцип должен стать основополагающим при формировании системы управления всей производственной сферой, так как он отвечает интересам хозяйствующих объектов и общества в целом. Нет проблем с выполнением экологических требований тогда, когда их выполнять выгодно.

Управление экологической безопасностью в нашей стране осуществляется с помощью структур, решающих специальные задачи в области экологического планирования, контроля и надзора. Эти структуры наделяются специальными полномочиями и, выполняя их, обеспечивают реализацию государственной политики в области обеспечения экологической безопасности.

Деятельность государственных органов в области управления экологической безопасностью требует решения ряда проблем, возникающих на разных объектах управления. Система органов, имеющих полномочия в сфере природопользования, охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности, на уровне Российской Федерации была реорганизована в 2004 г. в соответствии с Указом Президента РФ «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти» от 9 марта 2004 г. № 314. Этим указом установлено, что в систему федеральных органов исполнительной власти входят федеральные министерства, федеральные службы и федеральные агентства. Порядок взаимоотношений федеральных министерств и находящихся в их ведении федеральных служб и федеральных агентств, полномочия федеральных органов исполнительной власти, а также порядок осуществления ими своих функций устанавливаются в положениях об указанных органах исполнительной власти.

Указом Президента РФ «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти» от 09 марта 2004 г. № 314 в сфере управления экологической безопасностью образованы:

- Министерство природных ресурсов Российской Федерации;
- Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор);
- Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор);
- Федеральное агентство водных ресурсов;
- Федеральное агентство по недропользованию;
- Федеральное агентство лесного хозяйства.

Порядок взаимодействия федеральных органов в сфере управления экологической безопасностью отражает схема, представленная на рисунке 2.

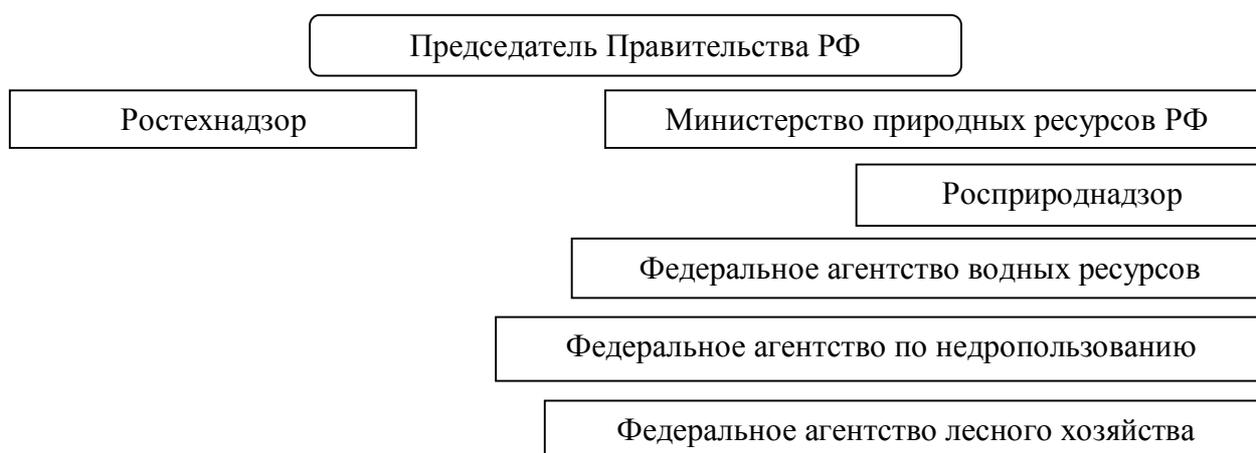


Рис. 2. Схема взаимодействия федеральных органов исполнительной власти в сфере управления экологической безопасностью

Министерство природных ресурсов Российской Федерации осуществляет функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере изучения, использования, воспроизводства, охраны природных ресурсов.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) осуществляет функции по принятию нормативно-правовых актов, контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды в части, касающейся ограничения негативного техногенного воздействия.

Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) осуществляет функции по контролю и надзору в области охраны, использования и воспроизводства объектов животного мира и среды их обитания (кроме объектов охоты и рыболовства), изучения, рационального использования и охраны недр, водного и лесного фонда, организации и функционирования особо охраняемых природных территорий.

Федеральное агентство водных ресурсов осуществляет функции по оказанию государственных услуг и управлению федеральным имуществом в сфере водных ресурсов.

Федеральное агентство по недропользованию осуществляет функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере изучения, оценки состояния и пользования недрами.

Федеральное агентство лесного хозяйства осуществляет функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере изучения, оценки состояния и использования лесных ресурсов.

Там, где создается система экологической безопасности, должны быть разработаны соответствующие управленческие решения по обеспечению экологической безопасности подведомственными органами государственной и исполнительной власти в сфере природопользования и охраны окружающей среды по каждому классу экологических факторов.

В РФ по-прежнему преобладает экологическая политика, направленная на использование биологических и санитарно-эпидемиологических подходов, поэтому необходимо сформировать единую экологическую политику с объединением усилий научно-исследовательских и производственных предприятий, а также специалистов, занимающихся проблемами обеспечения экологической безопасности.

Факторы, определяющие государственную политику в сфере обеспечения экологической безопасности на всех уровнях, выражаются в следующем:

- возрастание опасности и интенсивности угроз техногенного и природного характера;
- увеличение количества потенциально опасных объектов, многие из которых расположены в селитебной зоне крупных городов и населенных пунктов;
- физический и моральный износ природоохранного оборудования;
- снижение уровня образования и профессиональной подготовки специалистов в сфере экологии и природопользования;
- недостаточное финансирование деятельности по обеспечению экологической безопасности на особо опасных производствах;
- требования международных договоров и соглашений РФ в сфере обеспечения экологической безопасности.

#### **Показатели экологической безопасности.**

В качестве таких показателей могут выступать показатели, характеризующие состояние здоровья человека и окружающей среды. Поэтому целью процесса обеспечения экологической безопасности является достижение максимально благоприятных показателей здоровья человека и высокого качества окружающей среды.

Показателем здоровья является средняя продолжительность жизни, например, в РФ она составляет у мужчин 67 лет, у женщин – 77,3 (по данным Федеральной службы государственной статистики 2016 г.). Приведенные цифры складываются из биологических характеристик человека, то есть его надежности, заданной при рождении.

Необходимо определить также показатели, по которым можно было бы количественно оценивать состояние и качество окружающей среды. Одним из таких показателей является устойчивость экосистем, которая классифицируется в соответствии с показателями самовосстановления систем:

- естественное состояние – наблюдается фоновое антропогенное воздействие, биомасса максимальна, биологическая продуктивность минимальна;
- равновесное состояние – скорость восстановительных процессов выше или равна темпу нарушения, биологическая продуктивность больше естественной, биомасса начинает снижаться;
- кризисное состояние – антропогенные нарушения превышают по скорости естественно-восстановительные процессы, но сохраняется естественный характер экосистем, биомасса снижается, биологическая продуктивность резко повышена;
- критическое состояние – обратимая замена прежде существовавших экосистем под антропогенным воздействием на менее продуктивные, биомасса мала и снижается;
- катастрофическое состояние – труднообратимый процесс закрепления малопродуктивной системы, биомасса и биологическая продуктивность минимальны;
- состояние коллапса – необратимая потеря биологической продуктивности, биомасса стремится к нулю.

Помимо рассмотренной выше классификации, необходима и медико-социальная шкала по следующим градациям:

- благополучная зона (ситуация) – происходит устойчивый рост продолжительности жизни, заболеваемость населения снижается;
- зона напряженной экологической ситуации – ареал, в пределах которого наблюдается переход состояния природы от кризисного к критическому.

#### **Основные принципы обеспечения экологической безопасности:**

- социо-экономическое развитие общества, в ходе которого обеспечивается возрастающее качество жизни людей при сокращении или стабилизации отрицательного воздействия на природу, соблюдаются законы развития биосферы, природно-климатических зон;
- соблюдение установленных государством и субъектами РФ допустимых уровней воздействия на природную среду и человека;
- неистощительное природопользование, при котором ресурсное обеспечение в равной степени удовлетворяет интересы будущих и ныне живущих поколений;
- обязательность компенсации нанесенного здоровью человека и природной среде ущерба, взаимная ответственность административно-территориальных образований за состояние окружающей среды и трансграничный перенос поллютантов;
- своевременное выявление и восстановление нарушенных территорий (акваторий), экосистем и природных комплексов;
- сохранение биологического разнообразия;
- действие международного права, выполнение многосторонних договоров, регламентирующих природопользование и качество жизни населения.

## 2. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РИСКИ

Любой объект экологической безопасности подвергается угрозам, в том числе и экологическим.

**Экологические угрозы** – это прогнозируемые последствия или потенциальные сценарии развития событий катастрофического характера, которые обусловлены изменениями состояния окружающей среды и способны нанести вред жизненно важным интересам личности, общества, государства, мирового сообщества.

По отношению к конкретному объекту экологической безопасности экологические угрозы могут быть внешними и внутренними.

**Внешние угрозы** связаны с деятельностью конкретного государства, проявляющейся в виде трансграничного переноса вредных веществ, глобального изменения климата, разрушения озонового экрана, размещения токсичных и радиоактивных отходов на территории отдельного государства, производимого по предварительному согласованию с соответствующей компенсацией или без нее.

**Внутренние угрозы** обусловлены собственной деятельностью государства, его структур и хозяйствующих субъектов. Могут проявляться в виде хищнической эксплуатации природных ресурсов, создания производства без надлежащих природоохранных устройств, испытания образцов оружия массового поражения и т. п.

Для четкого понимания проблем экологической безопасности необходимо рассмотреть понятия «**риск**» и «**ущерб**».

В глоссарии Американского Агентства Охраны Окружающей среды (US Environmental Protection Agency – EPA) дано следующее определение риска: «Риск – есть вероятность повреждения, заболевания или смерти при определенных обстоятельствах».

В проекте словаря Организации экономического сотрудничества и развития и Международного проекта химической безопасности (1998) предлагается иная дефиниция: «Риск (risk) – вероятность неблагоприятного влияния данного агента в данных обстоятельствах на организм, популяцию или экосистему».

В статье 2 Федерального закона РФ «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ понятие риска формулируется следующим образом: «Риск – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда». Данное определение интегрирует несколько разноплановых дефиниций (причинение вреда здоровью граждан, причинение вреда окружающей среде, повреждение имущества), что соответствует совокупному риску.

**Риск для здоровья** – вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, обусловленных воздействием факторов среды обитания.

**Потенциальный риск** – риск возникновения неблагоприятного для человека эффекта, определяемый как вероятность возникновения этого эффекта при заданных условиях. Выражается в долях единицы (или в процентах). Расчет потенциального риска может быть использован для оценки качества окружающей среды.

Принято выделять три типа потенциального риска:

2) риск длительного или хронического воздействия, проявляющийся при накоплении достаточной для этого дозы в росте неспецифической патологии, снижении иммунного статуса и т. д.;

3) риск специфического действия, проявляющийся в возникновении специфических или канцерогенных заболеваний, заболеваний иммунной системы и других подобных эффектах.

**Реальный риск** – это количественное выражение ущерба общественному здоровью, связанному с загрязнением окружающей среды, в величинах дополнительных случаев заболеваний, смерти и др. Обычно определяется при оценке существующих ситуаций или при ретроспективных исследованиях.

**Анализ риска** (risk analysis) – процесс управления ситуациями, когда популяции или экосистемы могут подвергаться опасности (Guidelines, 1998).

Он включает три шага: оценку риска, управление риском и информацию о риске.

**Анализ риска** – процесс получения информации, необходимый для предупреждения негативных последствий для здоровья населения, состоящий из трех компонентов: оценка риска, управление риском, информирование о риске.

**Оценка риска** (risk assessment) – процесс, имеющий целью рассчитать или оценить риск для данной системы в результате воздействия данного вещества с учетом характеристик, присущих как веществу, так и самой системе. Процесс оценки риска включает четыре этапа: выявление опасности, оценку взаимосвязи «доза – эффект», оценку экспозиции, вычисление риска.

В связи с этим риск часто понимают как количественную меру опасности. Заметим, что количественной мерой возможности наступления события является вероятность.

В промышленной безопасности выделяют риски, которые выражаются только частотой возникновения (вероятностью). На уровне регионов и государств выделяют социально-экономические риски, выражающиеся общим числом смертей в год в расчете на 1 тыс. человек.

В финансовой и коммерческой сферах риск также обычно измеряется величиной среднеожидаемых потерь при возможном ухудшении конъюнктуры на соответствующих рынках.

Риск представляется и как мера опасности, и как вероятность неблагоприятного события, и как деятельность в условиях неопределенности, а также оценивается через величину возможных потерь (материальных, людских).

Однако в большинстве научных исследований в понятие риска наряду с вероятностью наступления неблагоприятного события вкладывается и другая, связанная с этим событием характеристика, – **размер наносимого ущерба**, под которым принято понимать фактические и возможные экономические потери и (или) ухудшение природной среды вследствие изменений в окружающей человека среде.

Только в одной из первых методик 1986 г. четко определяется показатель, оцениваемый в ней: под **ущербом** понимается сумма «затрат на предупреждение воздействия загрязненной среды на реципиентов и затрат, вызываемых воздействием на них загрязненной среды». В остальных методиках либо объекту подсчета вообще не дается определения, либо эти дефиниции неточные и нечеткие. Так, например, в «Методике определения предотвращенного экологического ущерба» дается следующее определение: «**Эколого-экономический ущерб окружающей природной среде** означает фактические экологические, экономические или социальные

потери, возникшие в результате нарушения природоохранного законодательства, хозяйственной деятельности, стихийных экологических бедствий, катастроф». Традиционно «экологический ущерб» определяется как повреждение природной среды.

В экономической справочной литературе ущерб определяется как «убытки, непредвиденные расходы, утрата имущества или денег, недополученная выгода; вред, наносимый деятельностью, действиями одного хозяйствующего субъекта другим субъектам или природе, окружающей среде, людям».

Принципиальные различия в дефинициях ущерба необходимо исследовать подробно, чтобы избежать таких ситуаций, когда ущерб, по-разному определенный содержательно, получает одинаковые методы количественной оценки.

Сами термины «экологический ущерб» и «ущерб окружающей среде», возможно, возникли как перевод английских терминов «ecological damage» и «environmental damage». Однако здесь слово «damage» означает не ущерб, а вред, наносимый окружающей среде. Последствия этого вреда в англоязычной литературе называются «cost of ecological damage», что буквально – стоимость вреда окружающей среде.

Оценка экологического вреда (ущерба) проводится в следующих целях:

- для квалификации административных правонарушений и преступлений;
- для определения размеров компенсационных платежей в качестве возмещения экологического вреда при планировании хозяйственной деятельности и оценке рисков конкретных инвестиционных проектов.

Структура ущерба, подлежащего возмещению согласно принятой международной практике и правовым нормам отдельных стран, включает следующие виды ущерба:

- ущерб жизни и здоровью;
- ущерб имуществу;
- ущерб окружающей природной среде (природным ресурсам и объектам).

Согласно статье 15 Гражданского кодекса РФ экологический ущерб может включать такие элементы убытков, как:

- расходы, связанные с восстановлением нарушенного состояния природной среды;
- стоимость утраченных или поврежденных природных ресурсов;
- упущенная выгода или неполученные доходы.

Оценка и возмещение экологического вреда (ущерба), причиненного окружающей природной среде, природным ресурсам, здоровью населения, а также различным субъектам правовых отношений и хозяйственной деятельности, регламентируется перечнем нормативно-методических документов, утвержденных на федеральном и региональном уровнях.

В конечном итоге величина риска определяется величиной ущерба даже в тех случаях, когда на это нет прямых указаний или это пересечение вероятности управления экологически неблагоприятными событиями и процессами и магнитуд экологического ущерба, связанного с этим событием и выражающегося в стоимостном измерении.

### **Классификация рисков.**

На сегодняшний день отсутствует завершенная, отвечающая современному уровню требований классификация риска вообще и экологического риска в частности. Тем не менее предпринимаются попытки создать классификацию экологического риска.

Под классификацией риска следует понимать распределение риска на конкретные группы по определенным признакам для достижения поставленных целей. Строгая класси-

фикационная система рисков, как и любых других понятий, должна включать классы, типы, виды и подвиды рисков.

В зависимости от источника воздействия предлагается различать три больших класса рисков (С.Г. Миронюк, 1998): антропогенный, антропогенно-природный и природный экологический.

По реципиентам воздействия экологические риски распределяются на четыре основных вида: риск для здоровья человека; риск для экосистем, риск потери природно-ресурсного потенциала; риск деградации или разрушения ландшафтов в целом.

По характеру проявления различаются перманентный и аварийный подвиды экологического риска.

При оценке рисков, связанных с воздействием техногенных систем на окружающую среду и здоровье населения, используют различные виды рисков – индивидуальный, популяционный, относительный, экологический, профессиональный и др.

Р. Коллурн выделяет пять разновидностей рисков (R. V. Kollurn, 1996):

- 1) риски, угрожающие безопасности (safety risks);
- 2) риски, угрожающие здоровью (health risks);
- 3) риски, угрожающие состоянию среды обитания (environmental risks);
- 4) риски, угрожающие общественному благосостоянию (public welfare/goodwill risks);
- 5) финансовые риски (financial risks).

Риски, угрожающие безопасности, обычно характеризуются малыми вероятностями, но тяжелыми последствиями; они проявляются быстро, к ним, в частности, могут быть отнесены несчастные случаи на производстве. Риски, угрожающие здоровью, напротив, обладают довольно высокой вероятностью и часто не имеют тяжёлых последствий, многие из них проявляются с определенной задержкой. Под рисками угрозы состоянию среды обитания Р. Коллурн понимает бесчисленное количество эффектов, множество взаимодействий между популяциями, сообществами, экосистемами на микро- и макроуровнях, при наличии весьма существенных неопределенностей как в самих эффектах, так и в их причинах. Риски, угрожающие общественному благосостоянию, обусловлены деятельностью данного объекта (промышленного, сельскохозяйственного, военного и т. д.) и тем, в какой степени эта деятельность связана с рациональным использованием природных ресурсов, как она отражается на состоянии окружающей среды. Финансовые риски связаны с возможными потерями собственности или доходов, неполучением страховой премии или прибыли от инвестиций (включая инвестиции в природоохранные мероприятия).

По-видимому, распределение рисков по перечисленным разновидностям является условным. Очень часто риски, сопряженные с угрозой состоянию среды обитания, одновременно являются рисками для жизни и здоровья людей.

Особое место в структуре рисков занимают **эколого-экономические риски**.

В общем виде эколого-экономические риски можно определить как риски экономических потерь, ущербов, которые могут быть у объектов различного уровня общественной организации вследствие ухудшения состояния (качества) окружающей среды (экологических нарушений). Такое ухудшение может иметь различный характер: относительно медленный (эволюционный) и быстрый (катастрофический). Изменения качества окружающей среды катастрофического характера называют также «возмущениями».

Эколого-экономическим рискам подвержены население и его отдельные индивидуумы, организации и предприятия, территориально-экологические (природные) комплексы и

территориально-производственные системы различного уровня, регионы, государства и мировое сообщество в целом.

Под окружающей средой понимают комплекс абиотической (не связанной по происхождению с жизнедеятельностью ныне живущих организмов) и биотической (обязанной своим происхождением ныне существующим организмам) сред, представляющих собой сочетание природных и природно-антропогенных элементов, которые оказывают непосредственное и опосредованное воздействие на человека и естественно-ресурсные экологические показатели функционирования народно-хозяйственных объектов различного уровня и народного хозяйства в целом в настоящем и будущем.

К важнейшим компонентам (составным частям) окружающей среды с точки зрения жизнедеятельности человека относятся атмосфера (воздух), гидросфера (вода), литосфера (земля, почва) и различные виды ресурсов (минеральные, органические, энергетические и т. п.). При этом запасы воздуха, воды и почвы могут также рассматриваться как ресурсы. Однако если любой ресурс оценивается, прежде всего, с позиции его народно-хозяйственной полезности и запаса, то у этих трех компонентов не менее значимой является характеристика их качества, отражающая способность к обеспечению существования различных форм жизни на Земле.

Качество окружающей среды обычно оценивают по степени отклонения ее фактических и других параметров от их «эталонных значений», характеризующих «нормальное» состояние среды. Такие отклонения рассматриваются как экологические нарушения.

Следует отметить, что четкую классификацию экологических нарушений построить практически невозможно, поскольку они различаются, во-первых, по своей природе и, во-вторых, по многочисленным неоднозначным эффектам в разных сферах природной среды. Вместе с тем эти нарушения часто группируются по типу воздействия:

- физические (радиоактивное, тепловое, шумовое, в том числе низкочастотная вибрация, излучение и др.);
- химические (газообразные производные углерода и жидкие углеводороды, моющие средства, пластмассы, пестициды и другие синтетические вещества, производные серы, производные лота, тяжелые металлы, фтористые соединения, аэрозоли, органические вещества, подверженные брожению, и т. п.);
- биологические (микробиологическое отравление дыхательных и пищеварительных систем живых организмов бактериями и вирусами, нарушение биологического равновесия в природе путем внедрения в нее растительных и животных видов);
- механические (нарушение пейзажей, видовое уничтожение растительности, образование отвалов и т. п.).

Таким образом, для каждого из объектов, по крайней мере теоретически, вероятность ущерба от экологического нарушения можно связать с его силой, выраженной величиной отклонения текущего состояния окружающей среды от нормативного.

При использовании оценки среднего риска необходимо учитывать следующие обстоятельства:

1. Для каждого объекта величина потерь, вызванная экономическими факторами, в течение заданного периода времени является случайной.
2. В отношении каждого из объектов можно говорить лишь об отдельных составляющих величины его собственного среднего риска или законе распределения его ущерба.

#### **Этапы риск-анализа.**

Риск-анализ как научная и управленческая деятельность представляет собой упорядоченную последовательность этапов научно-практических исследований, направленных на определение достоверных и обоснованных характеристик риска, а также на выявление эффективных мер по его сокращению.

Состав этапов риск-анализа в различных сферах деятельности (на объектах разного уровня) мало различается. Приведенный перечень этапов риск-анализа подразделяется на два блока: этапы оценки риска, конечной целью которой является определение количественных показателей риска, соответствующих различным сценариям развития неблагоприятных событий и стратегий защиты от них, и этапы развития управления риском, целью которых является сократить уровень риска до «приемлемой величины» и контролировать последствия их внедрения.

### **Оценка неопределенности.**

Отличительной особенностью исследований в сфере риск-анализа является наличие существенной неопределенности, с которой приходится сталкиваться на различных этапах этой деятельности. Эта неопределенность обусловлена неполнотой и неточностью информации относительно:

- возможности возникновения неблагоприятного события ожидаемой силы, особенностей развития;
- предполагаемой структуры наносимого этим событием ущерба и его величины по каждой составляющей этой структуры;
- влияния защитных мероприятий и других обстоятельств и факторов на величину вероятного ущерба.

Неопределенности отрицательно влияют на достоверность полученных на каждом этапе риск-анализа результатов и обоснованность вытекающих решений. Из-за них снижается активность мер по защите и управлению риском, растут издержки объектов, осуществляющих свою деятельность в условиях риска.

Согласно предложению норвежского экономиста К. Борха, необходимо отмечать следующие семь степеней неопределенности:

1. Нулевая степень. Строгая детерминированность ситуации, процесса, что предполагает возможность выбора решения на основе прямых расчетов эффективности.
2. Квазидетерминированная неопределенность. Развитие ситуации и процессов контролируется, но сроки проявления событий, их сила определены в некоторых диапазонах.
3. Стохастическая неопределенность классического типа. Известны законы распределения вероятностей ожидаемого негативного события. Неопределенность с известным распределением событий, но недостаточной выборкой для установления параметров.

### **Управление эколого-экономическими рисками.**

Заблаговременное предвидение риска и своевременное принятие мер по его снижению получило название **управления риском**, оно связано с проблемой обоснования критериев приемлемости (возможности) риска, то есть это процесс рационального распределения затрат на снижение различных видов риска, обеспечивающий достижение такого уровня безопасности населения и природной среды, который только достижим в данном обществе экономических и социальных последствий.

Управление эколого-экономическими рисками можно рассматривать как деятельность, направленную на снижение рисков экономических потерь объектов народно-хозяйственного уровня и всего общества в целом, что обусловлено ухудшением качества ок-

ружающей природной среды. В общем виде такая деятельность включает в себя определение перечня возможных управляющих мероприятий по уменьшению уровня риска, оценку их эффективности, внедрение некоторых из этих мероприятий в практику и контроль за результатами внедрения. Подходы могут быть разделены на ряд групп в зависимости от целей, которые предполагается достигнуть в результате их реализации.

Здесь следует иметь в виду, что каждый из перечисленных подходов действует в рамках определенной системы мер, регулирующих человеческую деятельность по снижению риска и условиям ее осуществления.

По своему составу они разделяются следующим образом:

– административные меры связаны с осуществлением контроля за результатами и финансовым обеспечением видов деятельности;

– экономические меры предполагают экономическое стимулирование деятельности по снижению рисков;

– технические меры определяют область возможных технических решений по снижению риска, связанных с проведением определенных работ.

Основу решения данной проблемы составляют также принципы управления риском:

1. Принцип оправданности практической деятельности (превышение выгоды, получаемой от деятельности природопользователя, над вызываемым ею ущербом).

2. Принцип оптимизации защиты (повышение комфортности жизнедеятельности людей).

3. Принцип интегральной оценки опасностей.

4. Принцип устойчивости экогеосистем (запрет на превышение предельно допустимых нагрузок в процессе воздействия на экогеосистемы).

Для решения проблем, связанных с процессом управления эколого-экономическими рисками, в мировой практике используются шкалы рисков, подразделенные на области допустимого, предельно допустимого и чрезмерного риска. На приемлемость факторов риска оказывают влияние различия в наступлении происходящих событий, значимость решаемых задач реализации того или иного проекта, а также доля субъективного восприятия наступления того или иного случая риска.

В случае возникновения возможности проявления природно-антропогенных процессов управление рисковыми ситуациями сводится к их снижению до предельно допустимых значений. Для достижения этой цели используются соответствующие защитные мероприятия, а при сохранении чрезмерно высоких уровней риска необходимо оценить возможность сокращения объемов производства до 50 % или полного закрытия предприятия.

Достижение целей экологической безопасности сопряжено со значительными материальными затратами и в условиях ограниченности природных ресурсов возможно лишь при научно обоснованной разработке и осуществлении комплекса взаимодополняющих друг друга правовых, экономических, экологических, социальных и политических мер.

Таким образом, научные основы регулирования экологической безопасности состоят в выборе приоритетных критериев безопасности и разработке комплексных первоочередных мер по снижению всех видов рисков.

### ***Контрольные вопросы***

1. Определение и принципы экологической безопасности.
2. Причины необходимости обеспечения экологической безопасности.

3. Экологическая безопасность на глобальном, национальном и региональном уровнях.
4. Проблемы техногенного и экологического кризисов.
5. Экологическая опасность: источники и последствия.
6. Внешние угрозы экологической безопасности РФ.
7. Концепция экологической безопасности России и пути ее реализации.
8. Классификация рисков. Почему она несовершенна? Свой ответ обоснуйте.
9. Эколого-экономический ущерб окружающей среды и его связь с концепцией экологического риска.
10. Эколого-экономические риски как объект риска.
11. Управление эколого-экономическими рисками.

### *Список рекомендуемой литературы*

1. Акимова, Т. А. Экология. Природа – Человек – Техника / Т. А. Акимова, В. В. Хаскин ; под ред. А. П. Кузьмина. – М. : Экономика, 2007. – 343 с.
2. Акимова, Т. А. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда : учеб. для студентов вузов / Т. А. Акимова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ, 2008. – 496 с.
3. Белов, П. Г. Техногенные системы и экологический риск / П. Г. Белов, К. В. Чернов. – М. : Изд-во Юрайт, 2016. – 366 с.
4. Бринчук, М. М. Экологическое право : учеб. для студентов вузов / М. М. Бринчук. – 4-е изд. – М. : Эксмо, 2010. – 670 с.
5. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба. – М., 1986. – Доступ из справ.-информ. портала «ГАРАНТ».
6. Временная методика определения предотвращенного ущерба. – М., 1999. – Доступ из справ.-информ. портала «ГАРАНТ».
7. Гражданский кодекс Российской Федерации от 30.11.1994 № 51-ФЗ : (ред. от 03.07.2016). – Доступ из справ.-информ. портала «ГАРАНТ».
8. Демографические показатели населения // Федеральная служба государственной статистики от 30.03.2016. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/#). – Загл. с экрана.
9. Касьяненко, А. А. Современные методы оценки рисков в экологии : учеб. пособие / А. А. Касьяненко. – М. : Изд-во РУДН, 2008. – 271 с.
10. Козлов, Ю. С. Экологическая безопасность автомобильного транспорта / Ю. С. Козлов, В. П. Меньшова, И. А. Святкин. – М. : Агар : Рандеву-АМ, 2000. – 176 с.
11. Комментарий к Федеральному Закону «Об охране окружающей среды». – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Норма, НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 560 с.
12. Концепция национальной безопасности Российской Федерации. – Доступ из справ.-информ. портала «ГАРАНТ».
13. Коробкин, В. И. Экология / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – Изд. 17-е, доп. и перераб. – Ростов н/Д : Феникс, 2011. – 602 с.
14. Природопользование, охрана окружающей среды и экономика: теория и практикум / под ред. А. П. Хаустова. – М. : РУДН, 2009. – 613 с.
15. Промышленная экология : учеб. пособие / под ред. В. В. Денисова. – М. ; Ростов н/Д : МарТ : Феникс, 2009. – 720 с.
16. Рациональное использование природных ресурсов и охрана природы : учеб. пособие для студентов вузов / под ред. В. М. Константинова. – М. : Академия, 2009. – 264 с.
17. Реймерс, Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.

18. Словарь-справочник экологических терминов, определений, понятий / А. А. Башкиров, С. С. Писаренко, Е. В. Лукина, О. М. Родионова. – Калуга : Изд-во КГПУ им. К.Э. Циолковского, 2005. – 145 с.
19. Федеральный закон РФ «О техническом регулировании» от 27 дек. 2002 г. № 184-ФЗ. – Доступ из справ.-информ. портала «ГАРАНТ».
20. Хоружая, Т. А. Методы оценки экологической опасности / Т. А. Хоружая. – М. : Экспертное бюро-М, 1998. – 224 с.
21. Хотунцев, Ю. Л. Экология и экологическая безопасность : учеб. пособие / Ю. Л. Хотунцев. – М. : Академия, 2004. – 480 с.
22. Чура, Н. Н. Техногенный риск : учеб. пособие для студентов вузов / Н. Н. Чура. – М. : КноРус, 2011. – 280 с.
23. Экология России : учеб. для студентов вузов / под ред. : А. В. Смурова, В. В. Снакина. – М. : Академия, 2011. – 352 с.
24. Экология : учеб. пособие для студентов вузов / под ред. В. В. Денисова. – М. : Ростов н/Д : МарТ, 2004. – 672 с.
25. Экономика природопользования / под ред. К. В. Папенова. – М. : ТЕИС, 2012. – 928 с.
26. Яковлев, В. В. Экологическая безопасность, оценка риска : моногр. / В. В. Яковлев. – СПб. : СПбГПУ, 2007. – 399 с.

### **3. МЕХАНИЗМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ И ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЯХ**

#### **3.1. Региональные аспекты обеспечения экологической безопасности**

В сфере охраны окружающей среды субъекты РФ должны ориентироваться на достижение общей цели программы «Охрана окружающей среды на 2012–2020 годы», направленной на повышение уровня экологической безопасности и сохранение природных систем. Одним из ожидаемых результатов реализации программы в качественном отношении является создание эффективной системы государственного регулирования и управления в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. Приоритеты региональной экологической политики субъектов РФ должны формироваться с учетом состояния окружающей среды территории. Программой предусмотрено совершенствование нормативно-правового обеспечения охраны окружающей среды и экологической безопасности в части полномочий субъектов Российской Федерации; формирование эффективной системы управления в области охраны окружающей среды и обеспечение экологической безопасности, включая повышение эффективности государственного экологического надзора, который осуществляется региональными органами государственной власти.

Понятие «экологическая безопасность региона» подразумевает безопасность совокупности естественных и искусственных экологических систем, включая население и техносферные объекты на территории региона.

В проекте «Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» к угрозам экологической безопасности на региональном уровне относятся:

– ускоренный, не всегда оправданный и не всегда учитывающий исторические, природно-климатические и иные особенности Российской Федерации переход на зарубежные экологические стандарты, вызывающий дезорганизацию национальной природоохранной системы управления;

– неуклонный рост числа экологических правонарушений и преступлений, обусловленный низкой эффективностью функционирования национальной природоохранной системы;

– высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, особенно в большинстве городских агломераций, превышающий по многим загрязняющим веществам санитарно-гигиенические нормативы;

– высокая энергоемкость и ресурсоемкость многих отраслей экономики, обуславливающая значительное воздействие на окружающую среду по всем звеньям технологических цепочек;

– неудовлетворительное качество воды в большинстве поверхностных водоемов, обусловленное сбросами неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод различного происхождения;

– нерациональное использование водных ресурсов, а также значительные потери в системах водоснабжения, являющиеся причиной возникновения дефицита питьевой воды и снижения ее качества даже в регионах с достаточным количеством водных ресурсов;

– неудовлетворительное состояние больших площадей земель сельскохозяйственного назначения, а также земель урбанизированных территорий, обусловленное неорганизованными строительными работами, химическим загрязнением и эрозией;

– большие объемы отходов производства и потребления, в том числе опасных химических и радиоактивных отходов, размещенные по всей территории Российской Федерации и по большей части в условиях, не отвечающих нормативным требованиям; отсутствие в государстве индустрии переработки (обезвреживания, утилизации) отходов;

– наличие разнообразных объектов прошлого (накопленного) экологического ущерба, возникших в результате функционирования предприятий различных отраслей экономики;

– устаревшая и экологически неэффективная техническая и технологическая база в большинстве отраслей экономики, изношенность основных производственных фондов;

– истощение лесных ресурсов из-за нерационального ими управления, а также из-за чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения (пожаров, нашествий лесных вредителей);

– снижение биологического разнообразия в наземных и водных экосистемах, потери генофонда растительных и животных сообществ;

– недостаточно эффективная организация работ по сохранению природных комплексов и объектов на особо охраняемых природных территориях;

– низкий уровень финансирования федеральных, региональных, отраслевых и корпоративных программ, направленных на решение природоохранных проблем и повышение уровня экологической безопасности.

Современная экологическая ситуация на территории Волгоградской области выступает существенным фактором, который оказывает влияние на экономическую, социальную и демографическую обстановку.

Волгоградская область относится к промышленно развитым регионам с крупными предприятиями топливно-энергетического, металлургического (черная и цветная металлургия), нефтехимического и химического, сельскохозяйственного и жилищно-коммунального комплексов, производства строительных материалов. На территории региона широко развита транспортная инфраструктура и проходит сеть магистральных нефте- и газопроводов. Волгоград является многоотраслевым промышленным центром с преобладанием отраслей обраба-

тывающих производств. Доля объема промышленной продукции Волгограда в общем объеме производства Волгоградской области составляет около 60 %.

В Едином государственном реестре юридических лиц по Волгограду на 1 января 2016 г. зарегистрировано 2779 промышленных предприятий. В структуре отгруженных товаров, выполненных работ и услуг промышленных видов деятельности Волгограда около 84 % приходится на обрабатывающий сектор. Производство кокса и нефтепродуктов является отраслеобразующим сектором промышленности Волгограда и имеет наибольший вес среди отраслей обрабатывающих производств (около 60 %). В 2015 г. металлургическое производство и производство готовых металлических изделий обеспечивает 5,6 % производства обрабатывающих видов деятельности, производство пищевых продуктов – 6,8 %, химическое производство – 5,1 %.

В целом экологическая ситуация на территории Волгоградской области характеризуется следующими показателями. Масса выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по Волгоградской области от стационарных источников в 2015 г. составила 159,9 тыс. т (на 4,1 % больше, чем в 2014 г.), из которых уловлено и обезврежено 57,1 % загрязняющих веществ по отношению к общему количеству выбрасываемых веществ от стационарных источников. Основной объем выбросов приходится на г. Волгоград и г. Волжский – 84,8 тыс. т выбросов (53,03 %). Необходимо отметить, что более 60 % в общем объеме выбросов по Волгоградской области составляют загрязняющие вещества, попадающие в атмосферу от автотранспорта. Общая масса образовавшихся отходов в 2015 г. по сравнению с 2011 г. увеличилась с 2133,8 тыс. т до 3529,2 тыс. т (в 2014 г. – 2954,9 тыс. т). Несмотря на функционирование в 2015 г. пяти объектов размещения ТКО, внесенных в государственный реестр объектов размещения отходов, в регионе продолжают эксплуатироваться свалки, участки под которые отведены органами местного самоуправления более полувека назад. Кроме того, сохраняется проблема несанкционированного размещения ТКО. В части охраны водных ресурсов отмечается снижение объемов водозабора и потерь при транспортировке, а также объемов сброса загрязненных сточных вод.

Обеспечение экологической безопасности региона – это сложный механизм, состоящий из следующих основных элементов.

#### **Правовой блок.**

На территории Волгоградской области действуют федеральные нормативные правовые акты, такие как Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ; «Лесной кодекс Российской Федерации» от 4 декабря 2006 г. № 200-ФЗ; «Водный кодекс Российской Федерации» от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ; «Земельный кодекс Российской Федерации» от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ; Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ; Федеральный закон «Об экологической экспертизе» от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ и др., а также правовые акты регионального уровня: Закон Волгоградской области «Об особо охраняемых природных территориях Волгоградской области» от 7 декабря 2001 г. № 641-ОД; Закон Волгоградской области «Об обеспечении радиационной безопасности населения Волгоградской области» от 30 октября 2001 г. № 617-ОД; Закон Волгоградской области «Об охране окружающей среды Волго-Ахтубинской поймы» от 17 апреля 1998 г. № 167-ОД; Закон Волгоградской области «Об экологической экспертизе на территории Волгоградской области» от 30 марта 2011 г. № 2165-ОД; Закон Волгоградской области «Об использовании лесов на территории Волгоградской области» от 7 апреля 2008 г. № 1650-ОД и др.

### **Административный блок.**

В решении региональных экологических проблем и обеспечении экологической безопасности принимают участие государственные органы, органы местного самоуправления, общественные организации и научно-исследовательские учреждения. Государственное регулирование допустимого воздействия на окружающую среду на территории области осуществляют в рамках своей компетенции Управление Росприроднадзора по Волгоградской области и Комитет природных ресурсов и экологии Волгоградской области. Комитет природных ресурсов и экологии Волгоградской области (далее – Комитет) является органом исполнительной власти Волгоградской области, уполномоченным в сфере охраны окружающей среды; охраны атмосферного воздуха; обращения с отходами производства и потребления; обеспечения экологической безопасности; недропользования; охраны, использования и воспроизводства природных ресурсов, в том числе водных объектов; организации, охраны и использования особо охраняемых природных территорий регионального значения; государственной экологической экспертизы на территории Волгоградской области; а также уполномоченным осуществлять государственное управление в области охраны, воспроизводства, использования объектов животного мира; охраны и воспроизводства среды их обитания на территории Волгоградской области (Постановление Администрации Волгоградской области «Об утверждении Положения о Комитете природных ресурсов и экологии Волгоградской области» от 24 ноября 2014 г. № 39-п).

Комитет осуществляет следующие полномочия:

- участвует в реализации федеральной политики в области экологического развития РФ и определении основных направлений охраны окружающей среды на территории Волгоградской области;
- осуществляет государственный экологический мониторинг, организует проведение экономической оценки воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду;
- устанавливает нормативы качества окружающей среды, ведет государственный учет объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду и подлежащих региональному государственному экологическому надзору;
- проводит региональный государственный экологический надзор при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, за исключением деятельности с использованием объектов, подлежащих федеральному государственному экологическому надзору;
- осуществляет иные полномочия в соответствии с законодательством.

Структурными подразделениями Комитета являются:

- в целях непосредственного исполнения полномочий Комитета в осуществлении государственного управления в сфере использования и охраны водного фонда – Отдел водного хозяйства (Приказ комитета природных ресурсов и экологии Волгоградской области от 1 марта 2016 г. № 177);
- в целях непосредственного исполнения полномочий Комитета по надзору (контролю) в сфере охраны окружающей среды; охраны атмосферного воздуха; обращения с отходами производства и потребления; обеспечения экологической безопасности; охраны, использования и воспроизводства природных ресурсов – Отдел государственного экологического надзора;

– в целях непосредственного исполнения полномочий Комитета в сфере охраны окружающей среды, а также проведением государственной экологической экспертизы – Отдел государственной экспертизы;

– в сфере регулирования отношений недропользования – Отдел недропользования;

– в сфере охраны окружающей среды, охраны атмосферного воздуха, обеспечения радиационной безопасности населения – Отдел организации мониторинга окружающей среды;

– в сфере государственной политики в области обращения с отходами – Отдел организации работы в сфере обращения с отходами (Приказ Комитета природных ресурсов и экологии Волгоградской области от 26 августа 2016 г. № 1195);

– в сфере охраны и использования животного мира и среды его обитания для обеспечения биологического разнообразия, устойчивого использования всех его компонентов, создания условий для устойчивого существования животного мира, охоты и сохранения охотничьих ресурсов – Отдел охотничьего хозяйства;

– в целях развития системы особо охраняемых природных территорий, разработки и осуществления экологического просвещения, природоохранных мероприятий, а также осуществления иных функций в сфере использования, воспроизводства и охраны природных ресурсов и окружающей среды, сохранения биологического разнообразия и обеспечения рационального природопользования – Отдел развития системы особо охраняемых природных территорий и экологического просвещения;

– в сфере федерального государственного надзора в области охраны и использования объектов животного мира и среды их обитания, в сфере федерального государственного охотничьего надзора на территории Волгоградской области – Отдел федерального государственного надзора за объектами животного мира.

На подведомственные Комитету организации возложены следующие задачи и функции:

1) осуществление функций государственного заказчика и застройщика объектов капитального строительства, реконструкции, капитального ремонта, технического перевооружения объектов водохозяйственного комплекса Волгоградской области (ГКУ ВО «Дирекция водохозяйственного строительства»);

2) сохранение природной среды, уникальных и эталонных природных ландшафтов и объектов, охрана редких и исчезающих растений и животных, разработка и внедрение научных методов сохранения биологического разнообразия и природных комплексов в условиях Волгоградской области, а также оценка и прогноз экологической обстановки (ГБУ ВО «Природный парк “Волго-Ахтубинская пойма”»; ГБУ ВО «Природный парк “Донской”»; ГБУ ВО «Природный парк “Нижнехоперский”»; ГБУ ВО «Природный парк “Усть-Медведицкий”»; ГБУ ВО «Природный парк “Цимлянские пески”»; ГБУ ВО «Природный парк “Щербаковский”»; ГБУ ВО «Природный парк “Эльтонский”»);

3) создание специальных коллекций растений в целях сохранения разнообразия и обогащения растительного мира, участие в научном обеспечении ведения Красной книги Волгоградской области, разработка планов, программ и стратегий исследования, сохранения и использования растительных ресурсов (ГБУ ВО «Волгоградский региональный ботанический сад»).

Комитет лесного хозяйства Волгоградской области осуществляет государственное управление в сфере использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, расположенных на территории Волгоградской области, государственное управление защитным лесораз-

ведением на территории Волгоградской области, а также сохранение и воспроизводство защитных лесных насаждений, расположенных на земельных участках сельскохозяйственного назначения (Постановление губернатора Волгоградской области от 24 ноября 2014 г. № 164). Структурными подразделениями Комитета лесного хозяйства являются следующие отделы: организации использования лесов; воспроизводства лесов; ведения государственного лесного реестра; федерального государственного лесного и пожарного надзора в лесах; охраны и защиты лесов. Подведомственными организациями являются Специализированное государственное бюджетное учреждение «Волгоградский лесопожарный центр» и районные лесничества Волгоградской области.

Территориальным органом Федеральной службы по надзору в сфере природопользования регионального уровня, осуществляющим отдельные функции Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (далее – Росприроднадзор), на территории Волгоградской области является Управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Волгоградской области (Приказ от 24 августа 2016 г. № 520). Структурными подразделениями Управления являются: Отдел государственной экологической экспертизы и нормирования; Отдел надзора в области охраны атмосферного воздуха, животного мира, ООПТ и обращения с отходами; Отдел геологического, водного и земельного надзора.

#### **Экономический блок.**

С одной стороны, основой данного блока является принцип платности природопользования, реализуемый через систему платежей за негативное воздействие на окружающую среду, пользование природными ресурсами и штрафные санкции за нанесение ущерба окружающей среде и несоблюдение природоохранного законодательства. С другой стороны, данный блок (для стабильного функционирования механизма обеспечения экологической безопасности региона) включает в себя финансирование региональных природоохранных программ и мероприятий. Отметим, что в действующей государственной программе «Охрана окружающей среды на территории Волгоградской области на 2014–2020 годы» предусмотренный объем финансирования программы составляет 9 629 944,70 тыс. рублей.

Необходимо отметить, что указанный объем финансирования на 15 % меньше, чем в соседней, Ростовской, области. Существенное значение имеют и источники финансирования. Так, если программа Волгоградской области предусматривает выделение средств из областного бюджета в размере, не превышающем 10 % от запланированного объема, и более 90 % предполагается привлечь за счет внебюджетных источников, то в Ростовской области из средств областного бюджета финансирование составит около 50 %.

#### **Экологическая безопасность промышленных объектов.**

На локальном уровне обеспечение экологической безопасности базируется на производственном экологическом контроле объектов, оказывающих негативное воздействие на все компоненты окружающей среды.

Общие требования в области охраны окружающей среды при эксплуатации предприятий установлены в главе 7 Федерального закона «Об охране окружающей среды» (далее – Закон). Законом определено, что эксплуатация предприятий и иных объектов, оказывающих прямое или косвенное негативное воздействие на окружающую среду, осуществляется в соответствии с требованиями в области охраны окружающей среды. При этом должны предусматриваться мероприятия по охране окружающей среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, обеспечению экологической безопасности. В соответствии с требованиями Закона юридические и физические лица, осуществляющие эксплуата-

цию предприятий, обязаны соблюдать утвержденные технологии и требования в области охраны окружающей среды; обеспечивать соблюдение нормативов качества окружающей среды на основе применения технических средств и технологий обезвреживания и безопасного размещения отходов производства и потребления, обезвреживания выбросов и сбросов загрязняющих веществ, а также иных наилучших существующих технологий, обеспечивающих выполнение требований в области охраны окружающей среды.

С 1 января 2015 г. установлен механизм дифференцирования предприятий по значимости воздействия на окружающую среду (далее – ОС) для применения к ним пропорциональных мер государственного регулирования.

Объектом, оказывающим негативное воздействие на ОС, является объект капитального строительства и (или) другой объект, а также их совокупность, объединенные единым назначением и (или) неразрывно связанные физически или технологически и расположенные в пределах одного или нескольких земельных участков.

Закон устанавливает 4 категории объектов, оказывающих негативное воздействие на ОС:

- объекты I категории – оказывающие значительное негативное воздействие на ОС и относящиеся к областям применения наилучших доступных технологий;
- объекты II, III и IV категорий – оказывающие соответственно умеренное, незначительное и минимальное негативное воздействие на ОС.

При распределении объектов по категориям будут учитываться уровень воздействия на ОС конкретного вида деятельности; уровень токсичности загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах; класс опасности отходов производства и потребления и т. д. Критерии, на основании которых осуществляется отнесение объектов к определенной категории, регламентированы Постановлением Правительства РФ «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» от 28 сентября 2015 г. № 1029. С 1 января 2019 г. организации и предприниматели, осуществляющие свою деятельность на объектах I-й категории, должны иметь комплексное экологическое разрешение; хозяйствующие субъекты, отнесенные ко II-й категории должны предоставлять декларацию о воздействии на ОС.

Для объектов I, III и IV категорий предоставление декларации о воздействии на ОС не требуется.

Для хозяйствующих субъектов с объектами III-й категории наряду с теми, кто эксплуатирует объекты I и II категорий, необходимо разрабатывать и утверждать программу производственного экологического контроля.

Целью производственного экологического контроля является обеспечение выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, соблюдению законодательно установленных требований в области охраны окружающей среды.

Программа производственного экологического контроля содержит сведения:

- об инвентаризации выбросов и сбросов загрязняющих веществ и их источников;
- об инвентаризации отходов производства и потребления и объектов их размещения;
- о подразделениях и (или) должностных лицах, отвечающих за осуществление производственного экологического контроля;
- о собственных и (или) привлекаемых испытательных лабораториях (центрах), аккредитованных в соответствии с законодательством Российской Федерации;

– о периодичности и методах осуществления производственного экологического контроля, местах отбора проб и методиках (методах) измерений.

Общие положения о производственном экологическом контроле (ГОСТ Р 56062-2014) введены в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июля 2014 г. № 711-ст. Например, программа производственного экологического контроля в сфере охраны атмосферного воздуха должна содержать регулярный контроль качественных и количественных характеристик и параметров, используемых при установлении нормативов ПДВ и ВСВ для организованных и неорганизованных, стационарных и передвижных источников загрязнения атмосферы; установок очистки газов; параметров и характеристик атмосферного воздуха на границе СЗЗ. Хозяйствующие субъекты обязаны разрабатывать и утверждать регламентирующую производственный экологический контроль документацию: программу контроля (разрабатывается на период не менее 1 года в зависимости от вида деятельности субъекта хозяйствования), план-график его проведения, должностные инструкции ответственных лиц и т. д. При разработке программы контроля должны быть учтены законодательные требования; параметры и характеристики хозяйственной и иной деятельности субъекта; специфика и масштаб негативного воздействия, оказываемого организацией; выполненные и планируемые мероприятия по охране ОС, рациональному использованию природных ресурсов и их восстановлению; установленные нормативы допустимого негативного воздействия; результаты контроля за предыдущие периоды; предписания органов государственного и муниципального контроля. Содержание программы производственного экологического контроля (ГОСТ Р 56061-2014) утверждено Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июля 2014 г. № 710-ст.

Создание экологической безопасности производственных процессов является, на наш взгляд, главной задачей любого предприятия, которое обеспечивает экономическую эффективность и стремится к устойчивому развитию. Добиться этого можно за счет широкого применения экологичных технологий (наилучших доступных технологий).

Наилучшая доступная технология – технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения.

Применение наилучших доступных технологий направлено на комплексное предотвращение и (или) минимизацию негативного воздействия на окружающую среду.

К областям применения наилучших доступных технологий (НДТ) могут быть отнесены хозяйственная и иная деятельность, которая оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду, и технологические процессы, оборудование, технические способы и методы, применяемые при осуществлении хозяйственной и иной деятельности.

Перечень областей применения наилучших доступных технологий:

1. Хозяйственная и (или) иная деятельность, которая оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду:

- добыча и обогащение железных руд, производство чугуна, стали и ферросплавов, производство изделий дальнейшего передела черных металлов;
- добыча и обогащение руд цветных металлов, производство цветных металлов;
- добыча нефти и природного газа;
- производство кокса и нефтепродуктов, переработка природного газа;
- добыча и обогащение угля и антрацита;

- производство электрической и тепловой энергии через сжигание топлива;
- утилизация и обезвреживание отходов, в том числе термическими способами;
- размещение отходов производства и потребления;
- производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона;
- производство основных органических химических веществ;
- производство продукции тонкого органического синтеза;
- производство полимеров;
- производство основных неорганических химических веществ – аммиака;
- производство неорганических кислот, минеральных удобрений;
- производство твердых и других неорганических химических веществ – оксидов, гидрооксидов, солей;
- производство специальных неорганических химикатов;
- производство прочих основных неорганических химических веществ;
- обработка поверхностей, предметов или продукции с использованием органических растворителей;
- нанесение покрытий на металлы и пластмассы с использованием электролитических или химических процессов;
- производство стекла, керамических изделий;
- производство цемента, извести, оксида магния, гидроксида магния, хлорида магния;
- производство текстильных изделий (промывка, отбеливание, мерсеризация);
- крашение текстильных волокон, отбеливание, крашение текстильной продукции;
- дубление, крашение, выделка шкур и кож;
- разведение свиней, сельскохозяйственной птицы;
- убой животных на мясокомбинатах, мясохладобойнях;
- производство пищевых продуктов, напитков, молока и молочной продукции;
- очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов;
- добыча и производство драгоценных металлов.

2. Технологические процессы, оборудование, технические способы и методы, применяемые при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности:

- сокращение выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов);
- системы обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности;
- промышленные системы охлаждения;
- обращение с вскрышными и вмещающими горными породами;
- очистка сточных вод и выбросов загрязняющих веществ при производстве продукции (товаров), проведении работ и оказании услуг на предприятиях;
- повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности;
- производственный экологический контроль и его метрологическое обеспечение.

С 1 января 2020 г. для объектов капитального строительства, оказывающих негативное воздействие на ОС и относящихся к областям применения НДТ, будет ограничена выдача разрешений на ввод в эксплуатацию. Ограничения применяются в случае, если на указан-

ном объекте используются технологические процессы с показателями, превышающими технологические показатели наилучших доступных технологий.

Важнейшими документами для перехода на НДТ являются информационно-технические справочники (ИТС) по наилучшим доступным технологиям.

Разработка ИТС ведется российским Бюро НДТ, созданным на функциональной основе подведомственного Росстандарту ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации материалов и технологий». Всего в 2015 г. подготовлены десять ИТС НДТ в сфере производства стекла, керамики, цемента и др.

Российские справочники НДТ – инструменты обеспечения экологической безопасности производств. Используя справочники, промышленные предприятия смогут оценить, насколько параметры выбросов и сбросов их предприятия соответствуют технологическим параметрам НДТ, и, если подобная система будет создана, получить сертификат соответствия. Он будет подтверждать экологическую безопасность производства и поможет продукции предприятия получить преимущества на рынке.

### ***Контрольные вопросы***

1. Нормативно-правовая основа обеспечения экологической безопасности на территории Волгоградской области.
2. Основные функции Комитета природных ресурсов и экологии Волгоградской области.
3. Объект, оказывающий негативное воздействие: понятие и принципы категоризации.
4. Содержание программы производственного экологического контроля.
5. Цели и задачи «Стратегии экологической безопасности Российской Федерации» на региональном уровне.

### ***Список рекомендуемой литературы***

1. ГОСТ Р 56062-2014. Производственный экологический контроль. Общие положения. – М. : Стандартинформ, 2014. – 6 с.
2. ГОСТ Р 56061-2014. Производственный экологический контроль. Требования к программе производственного экологического контроля. – М. : Стандартинформ, 2014. – 5 с.
3. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2015 году» / В. Е. Сазонов [и др.]. – Волгоград : СМОТРИ, 2016. – 300 с.
4. Постановление Правительства РФ «Об утверждении государственной программы Российской Федерации “Охрана окружающей среды” на 2012–2020 годы» от 15.04.2014 № 326. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Постановление Правительства РФ «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» от 28.09.2015 № 1029. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Постановление Правительства РФ «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» от 13.09.2016 № 913. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. Письмо Минприроды России «О плате за негативное воздействие от передвижных источников» от 10.03.2015 № 12-47/5413. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Постановление Правительства Волгоградской области «Об утверждении государственной программы Волгоградской области “Охрана окружающей среды на территории Волгоградской области” на 2014–2020 годы» от 04.12.2013 № 686-п : (ред. от 04.08.2016). – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.volgadmin.ru/> (дата обращения: 21.08.2016). – Загл. с экрана.

9. Постановление Администрации Волгоградской области «Об утверждении Положения о Комитете природных ресурсов и экологии Волгоградской области» от 24.11.2014 № 39-п. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.volgadmin.ru/> (дата обращения: 21.08.2016). – Загл. с экрана.

10. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования «Об утверждении Положения об Управлении Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора) по Волгоградской области» от 24.08. 2016 № 520. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

11. Проект «Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» : (по состоянию на 19.10.2016). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

12. Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Перечня областей применения наилучших доступных технологий» от 24.12.2014 № 2674-р : (ред. от 07.07.2016). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

13. Стратегия Волгограда 2030. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.volgadmin.ru/> (дата обращения: 20.04.2016). – Загл. с экрана.

14. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ : (ред. от 03.07.2016). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

### **3.2. Система экологического менеджмента на предприятии**

#### **Стандарты серии ISO 14000.**

На сегодняшний день во всем мире общепризнанной основой создания систем экологического менеджмента стали стандарты серии ISO 14000. Создание данных стандартов является серьезным фактором объединения разрозненных национальных подходов к решению экологических проблем. Стандарты серии ISO 14000 разработаны Техническим комитетом 207 (ТС 207) Международной организации по стандартизации, ISO. Основой для стандартов послужили британские стандарты BS 7750, которые были опубликованы в 1992 г. и международные стандарты по системам контроля качества продукции серии ISO 9000. Первые стандарты из серии ISO 14000 были приняты в 1996 году.

На 31 декабря 2014 г. по данным Международной организации по сертификации (ISO) в 170 странах мира осуществляли деятельность 324 148 компаний с сертифицированными системами экологического менеджмента. В России сертифицировано 1 263 компании. Количество сертифицированных компаний, как в России, так и во всем мире продолжает расти.

Основным понятием серии ISO 14000 является понятие «системы экологического менеджмента» (СЭМ) в организации. Поэтому базовым стандартом считается ISO 14001 – «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению». Все его требования в отличие от остальных стандартов являются «аудируемыми», то есть возможно однозначно проверить соответствие или несоответствие требованиям стандартов. Соответствие стандарту ISO 14001 и является предметом сертификации предприятия. Все остальные стандарты являются вспомогательными.

Стандарты ISO 14000 – добровольные. Они не заменяют национальных требований к воздействиям на окружающую среду, а предъявляют требования именно к системе управления предприятия. Это и обуславливает их применимость для организаций любых размеров и существующих в рамках любых национальных стандартов.

Организация может использовать стандарты серии ISO 14000 в своих целях, например, как модель СЭМ или требования внутреннего аудита СЭМ. Предполагается, что создание такой системы дает организации эффективный инструмент, с помощью которого она может управлять всей совокупностью своих воздействий на окружающую среду и приводить свою деятельность в соответствие с разнообразными внешними и внутренними требованиями. Стандарты могут использоваться и для внешних нужд – с целью продемонстрировать заинтересованным сторонам соответствие СЭМ современным требованиям. Наконец, организация может пройти сертификацию третьей стороной для получения независимой оценки того, что система соответствует ISO 14001. В качестве третьей стороны обычно выступает орган по сертификации, имеющий аккредитацию в одной или нескольких национальных системах.

Следует отметить, что стандарт в большей степени соответствует европейскому подходу к нормированию вредных воздействий на человека через оценку рисков. То есть подразумевается, например, что любая концентрация токсичных веществ оказывает негативное воздействие. Это положение бесспорно по отношению к радиоактивным и канцерогенным веществам, но вызывает полемику со стороны российских ученых по отношению к другим веществам, особенно тем, которые, так или иначе, присутствуют естественным образом в окружающей среде. В то же время следует учитывать влияние негативных факторов не только на человека, но и на различные части экосистем, которые подвергаются воздействию. С этой точки зрения подход западных ученых является более правильным, поскольку в сложных системах даже незначительное отклонение тех или иных характеристик может привести к необратимым последствиям. Наиболее верным на данном этапе будет интегрированный подход. При этом базовые национальные или международные нормативы (те же уровни ПДК) формируют начальный уровень требований, а дальше воздействия должны снижаться согласно принципам экономической целесообразности и технической достижимости под воздействием экономических и политических рычагов.

Важным достоинством стандарта является его гибкость - организация сама определяет существенные экологические аспекты, сама ставит для себя цели в области охраны окружающей среды. Более того, с точки зрения данных стандартов, следствием положений о «постоянном улучшении» и «предотвращении загрязнений» является то, что даже компания, уже соответствующая национальным требованиям по уровню оказываемого воздействия, должна продолжать совершенствовать свою СЭМ и сокращать загрязнения. Некоторые специалисты считают, что эта гибкость чрезмерна и предприятие может, снижая свои выбросы на ничтожную величину, формально соответствовать требованиям стандарта.

Подход, на котором основана система экологического менеджмента, базируется на концепции «Планировать – Выполнять – Проверять – Действовать» (ПВПД). Модель ПВПД описывает повторяющийся процесс, который используется организациями, чтобы достичь постоянного улучшения. Она может быть применена к системе экологического менеджмента и ее каждому отдельному элементу. Модель можно кратко описать следующим образом:

**Планировать:** устанавливать экологические цели и процессы, необходимые для получения результатов в соответствии с экологической политикой организации.

**Выполнять:** внедрять процессы согласно плану.

**Проверять:** осуществлять мониторинг и измерение процессов по отношению к экологической политике, включая ее заявления о приверженности, цели и операционные критерии, а также предоставлять отчетность о результатах.

**Действовать:** предпринимать действия для постоянного улучшения.

Базовыми элементами системы экологического менеджмента являются экологические аспекты, экологическая политика и экологические цели. На них мы остановимся подробнее.

#### **Экологические аспекты.**

Прежде чем приступить к созданию СЭМ организация должна определить, какое воздействие она оказывает на окружающую среду и какими элементами своей деятельности она может управлять. Для этого следует провести идентификацию и оценку своих экологических аспектов (то есть элементов деятельности организации, которые оказывают или могут оказать влияние на окружающую среду).

Идентификация существенных аспектов является одним из наиболее важных и в то же время проблемных вопросов. Это связано с тем, что от количества и состава существенных аспектов зависит область СЭМ, степень ее детализации, что в свою очередь значительно влияет на затраты ресурсов при внедрении системы.

По определению стандарта экологический аспект – это элемент деятельности организации, ее продукции или услуг, который может взаимодействовать с окружающей средой, а существенным экологическим аспектом является аспект, который оказывает или может оказать значительное воздействие на окружающую среду. В свою очередь, воздействие на окружающую среду – это любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом экологических аспектов организации. Такие определения несколько отличаются от общепринятых, что также следует принимать во внимание, поскольку знание сотрудниками экологических аспектов проверяется при сертификации.

Для выделения экологических аспектов целесообразно использовать схемы и описания процессов из системы менеджмента качества (обычно эта система уже внедрена или внедряется параллельно при освоении системы экологического менеджмента). Помимо этого, следует обратить внимание на аспекты, которые возникают при аномальных и аварийных условиях работы, а также при действиях подрядчиков.

К аномальным условиям работы можно отнести монтаж и демонтаж оборудования, ремонтные работы. В этих случаях воздействия на окружающую среду значительно отличаются от обычного режима работы, также образуются и другие отходы. В аварийных ситуациях воздействия бывают более существенными и совершенно отличными от обычных режимов. Включение аспектов, которые связаны с действиями подрядчиков, обусловлено особенностями требований стандарта ISO 14001, который возлагает на организацию ответственность за действия тех, кто работает от ее имени. Следует учитывать и прошлые воздействия всех видов деятельности на окружающую среду, включая деятельность самой организации и подрядчиков (почвы, загрязненные нефтепродуктами и др.). Таким образом, количество идентифицируемых аспектов значительно расширяется. Следует отметить, что при всей тщательности анализа выявить все экологические аспекты практически невозможно, поскольку все элементы деятельности организации оказывают воздействия на окружающую среду. Например, ночное освещение привлекает насекомых, а само наличие предприятия на данной территории уже не позволяет разместиться на ней природным экосистемам. Также существует мнение, что к перечню аспектов следует отнести все вещества, которые выбрасывает предприятие, однако в этом случае определение аспектов может свестись к прямому переписыванию томов ПДВ, что превратит работу над аспектами в рутинное низкоэффективное действие.

Для составления первичного перечня аспектов следует опираться на здравый смысл. Количество идентифицированных аспектов, безусловно, должно охватывать разные условия работы и действия подрядчиков, о которых говорилось выше, и в то же время быть ориентировано на действительно значимые воздействия, которыми возможно управлять.

После определения аспектов по требованию стандарта следует выделить существенные. Именно на управлении идентифицированными существенными аспектами строится система экологического менеджмента. Иногда возникает вопрос о том, так ли необходимо выделять существенные аспекты, поскольку в этом случае работа по внедрению СЭМ значительно упрощается. Однако если в стандарте сказано, что организация должна определить существенные аспекты, то это значит, что она обязана это сделать, поэтому хотя бы один существенный аспект обязательно должен быть определен.

Для идентификации аспектов организация самостоятельно определяет критерии. Однако, установив данные критерии, организация должна придерживаться их при оценке значимости аспектов. Рассмотрим, какие критерии можно применить. Во-первых, это требования законодательства – регулируется ли рассматриваемый аспект его требованиями. Управление всеми материалами (входящими и исходящими), которые контролируются законодательством, может быть отнесено к существенным аспектам, а также все процессы, требующие специальных лицензий (такие как удаление отходов) аналогично могут рассматриваться как существенные аспекты.

Затем можно рассмотреть виды воздействий: 1) оказывающие непосредственное влияние на окружающую среду и человека: выбросы в атмосферу, сбросы сточных вод, образование отходов, водопотребление, прошлое загрязнение почв, шум, вибрация, хранение сырья, материалов и реагентов; 2) оказывающие косвенное влияние на окружающую среду и человека: эффективность СЭМ, компетентность персонала, контроль и мониторинг воздействия на окружающую среду (наличие, достаточность, качество измерительного оборудования), потребление сырья, материалов, энергоресурсов и др.

За основу анализа можно взять следующие критерии:

- вероятность наступления;
- наличие системы мониторинга данного аспекта;
- постоянность или временность воздействия;
- влияние на мнение заинтересованных сторон (жителей, акционеров, сотрудников и др.);
- уровень издержек (имеющихся или потенциальных);
- наличие в мире лучших технологий по рассматриваемому процессу (как по экономической эффективности, так и по воздействиям);
- влияние на имидж организации и др.

Аспекты и критерии целесообразно свести в единый реестр, например, в виде таблицы, куда можно включить информацию о том, к какому процессу и подразделению относится данный аспект (это облегчит в дальнейшем формирование экологических программ по данным аспектам). Помимо этого, следует указать воздействия, связанные с этим аспектом. Удобно сделать такой реестр и вести его в виде таблицы Microsoft Excel.

Определяя существенность аспектов, следует учитывать, что существенный не значит масштабный и, называя аспект существенным, организация признает, что он должен контролироваться системой управления:

- по экологическим целям (если организация уверена, что может количественно улучшить воздействие);
- по операционному контролю (если организация не может внести улучшения, но способна поддерживать установленный уровень воздействия);
- по реагированию в аварийных ситуациях (если воздействие возникает только при аварийной ситуации и организация может разработать и внедрить план реагирования).

Следовательно, в соответствии с требованиями стандарта организация должна признавать существенными лишь те аспекты, которые она может контролировать и на которые способна оказывать влияние.

Часто используются технологии экспертной оценки аспектов с присвоением различных баллов критериям оценки. В дальнейшем существенными признаются аспекты, набравшие определенное количество баллов.

Также можно использовать весовые коэффициенты по каждому критерию и применять критерии уже нормированные по значимости для организации. Этот подход может решить проблему оценки, однако сам процесс расстановки весовых коэффициентов является весьма сложной задачей. Помимо этого, аспекты, определенные как существенные чисто математически, могут противоречить реальным приоритетам руководства и специалистов.

Целесообразна также идентификация приоритетных экологических аспектов, то есть аспектов, в отношении которых будут осуществляться действия в течение следующего цикла планирования. Именно эти аспекты, выбранные из существенных на основе политики, целей, методов, распространенности в организации, возможности контроля и эффекта от управления ими, будут учитываться при составлении экологических программ.

Описанные подходы к управлению экологическими аспектами позволят значительно сэкономить время и избежать ошибок при работе, что особенно актуально на ранних этапах становления системы экологического менеджмента организации.

#### **Экологическая политика.**

Экологическая политика предприятия является основополагающим документом, в котором отражается не только намерения руководства в области воздействий на окружающую среду, но и стратегические задачи, которые оно намерено решать в этой области.

Большое число международных, национальных правительственных и неправительственных организаций, промышленных и других ассоциаций разрабатывают общие руководящие принципы деятельности, такие же руководящие принципы разрабатываются и группами компаний. Однако политика должна быть строго индивидуализирована и учитывать специфику конкретной организации. Ответственность за формирование политики охраны окружающей среды лежит на высшем руководстве организации. Руководство организации ответственно за внедрение политики, за формирование и своевременную актуализацию политики. В связи с этим возникает возможность различных решений этой задачи. Требования ISO 14001 в области политики достаточно мягки и вполне выполнимы, что зачастую формирует отношение к ней, как к формальному документу. В минимальном варианте политика может быть сформулирована в одном предложении, и это не будет противоречить требованиям стандарта. Однако в таком случае эффективность этого документа будет очень низкой. Персоналу остаются неизвестными приоритеты и подходы руководства к управлению СЭМ и, как следствие, отсутствует возможность делегирования полномочий. Если в политике отсутствуют четкие стратегические цели, то это может привести к принятию нескоординированных противоречащих решений. Помимо этого, в политике очень важно отметить методы и

подходы, применяемые в организации, в противном случае при составлении экологических программ возникнут проблемы, связанные с конкретными технологиями достижения показателей. Например, как снизить воздействия, связанные с отходами? Можно снижать количество отходов, а можно расширять деятельность по их использованию. В каждом из этих случаев экологические программы будут совершенно различными, а использование по отношению к одному отходу двух таких подходов может быть абсурдным.

Для формулировки стратегических целей, методов и подходов, которые будут отражены в политике, предприятию придется провести достаточно серьезный анализ своего состояния, имеющихся проблем и возможностей. Фактически нужно будет осмыслить стратегию развития на ближайшее время с учетом специфики всех элементов деятельности. При этом не следует забывать об экономической целесообразности. Такая работа может быть непосильна для группы разработчиков СЭМ, поэтому им понадобится в первую очередь поддержка руководства. Кроме того, эта поддержка не должна носить формальный характер. Помимо высшего руководства к обсуждению политики целесообразно привлечь руководителей подразделений и сотрудников. Хотя данный процесс довольно трудоемкий, в дальнейшем он обеспечит более четкое понимание политики всеми сотрудниками, что является одной из главных составляющих успеха внедрения СЭМ на предприятии.

Текст экологической политики должен быть кратким, простым и понятным, однако в нем должны быть определены основные приоритеты. Излишняя детализация политики потребует и более частого пересмотра, поэтому при определении степени конкретизации эти издержки следует обязательно учитывать.

Экологическая политика должна быть доступна всем заинтересованным сторонам, включая подрядчиков организации. Это требование может быть выполнено разными методами. Самый распространенный – это размещение политики в подразделениях в виде бумажной копии. Но необходимо учесть, что это обеспечивает доступность политики только персоналу. Для подрядчиков и потребителей можно использовать буклеты о компании, которые будут включать политику. Наиболее простым способом обеспечения доступности является размещение политики перед проходной предприятия. Также для информирования о своей экологической деятельности могут широко использоваться публикации в местной прессе, что обычно весьма положительно отражается на имидже организации.

Наиболее удобная форма – это размещение политики на сайте компании. Там также можно расположить всю экологическую информацию, находящуюся в открытом доступе. Именно этот канал связи чаще всего применяют независимые экологические организации и заказчики. Использование сайта дает возможность быстро актуализировать информацию, что при правильном подходе может быть охарактеризовано внешним аудитом как положительная практика.

При внедрении СЭМ следует корректировать отношение сотрудников к экологической политике, начиная от руководства и заканчивая рядовыми служащими. Восприятие его как «мертвого» документа следует заменить пониманием не только представительских, но и рабочих функций этого документа.

#### **Экологические цели.**

Другим вопросом функционирования СЭМ являются экологические цели. Прежде всего, количественно определенные цели должны быть основаны на реальном мониторинге, включающим требования к точности измерений, в противном случае будут отсутствовать объективные доказательства их достижения. Если обеспечение мониторинга собственными силами невозможно или неэффективно следует привлекать для этого сторонние организации.

При определении целей важно учитывать то, что они могут быть поставлены не только в отношении экологических аспектов и воздействий, но и в отношении других элементов СЭМ, таких как обучение персонала.

Цели должны соответствовать экологической политике организации. При оценке целей организации принимаются в расчет результаты, полученные по данным предварительного анализа состояния окружающей среды, идентифицированные экологические аспекты деятельности организации и соответствующие воздействия на окружающую среду.

Задачи по охране окружающей среды формируются на основе поставленных целей в рамках определенного периода времени.

Когда обозначены цели и задачи, организация должна выявить измеряемые показатели экологичности. Такие показатели могут давать информацию как для экологического управления, так и для функционирующих производственных систем. Цели и задачи ставятся для организации в целом или в более узком смысле для отдельных подразделений, имеющих свою специфику, а также для соответствующих уровней управления. Цели и задачи должны периодически пересматриваться и уточняться, при этом важно учитывать мнения заинтересованных сторон.

Цели могут быть направлены на:

- сокращение количества отходов и экономию ресурсов;
- снижение или исключение выбросов (сбросов) загрязнителей в окружающую среду;
- проектирование изделий с минимальным воздействием на окружающую среду при производстве, использовании и утилизации;
- управление уровнем воздействий на окружающую среду исходного сырья;
- способствование росту экологического сознания среди работников организации и общественности.

При определении экологических целей необходимо принимать во внимание возможные колебания данных. Особенно в ситуации сложившегося кризиса, когда за короткий промежуток времени объемы производства могут значительно меняться. В этом случае желательно нормировать показатели экологической результативности в соответствии с объемами производства, чтобы избежать погрешностей, связанных с расширением производства или его спадом.

Для реализации экологические цели должны быть декомпозированы по подразделениям и, возможно, по сотрудникам. Процесс декомпозиции достаточно сложен, особенно с учетом того, что формулировки и количественные показатели могут существенно меняться. Поэтому в системе планирования важно четко определить, где и до какого уровня необходима декомпозиция целей. Иначе это может привести как к нежелательным перекосам в СЭМ, так и к перегрузке ее документами. Декомпозиция может быть реализована в экологических программах или включена в виде отдельных показателей в обобщенные планы подразделений или сотрудников.

Организация должна постоянно реагировать на изменяющиеся требования охраны окружающей среды и обеспечивать непрерывное совершенствование системы. Для достижения поставленных целей организация должна ориентировать и настраивать людей, стратегию, ресурсы таким образом, чтобы в полной мере соответствовать меняющейся ситуации и новым требованиям.

Для успешного внедрения экологической политики и достижения поставленных целей организация должна определить и обеспечить доступность кадровых, материальных и финансовых ресурсов.

Имеющиеся ресурсы и структура системы управления организации могут создать определенные ограничения на внедрение экологической политики. Для смягчения таких ограничений необходимо, чтобы планирование велось не только в направлении сверху вниз. Уточнение имеющихся ресурсов требует создания эффективной системы коррекции планов снизу вверх. Это связано с тем, что только сотрудники, выполняющие конкретные задачи, в полной мере осведомлены об имеющихся ресурсах и возможных рисках. Использование этой более достоверной информации позволит руководству значительно повысить точность планирования и сделать его более реалистичным. Помимо этого, необходимо сокращать периоды планирования на всех уровнях. Это позволит быстрее реагировать на меняющиеся условия.

### **Функционирование.**

Для реализации поставленных экологических целей организация должна обеспечить свои процессы соответствующими ресурсами. Основным ресурсом организации является персонал, который для реализации экологической политики должен обладать необходимыми компетенциями в области СЭМ. Поэтому нужно определить требуемый уровень компетенций, запланировать и провести обучение персонала, а также проанализировать, насколько проведенное обучение позволило достигнуть требуемой компетенции.

Для взаимодействия с внутренними и внешними сторонами должны быть созданы системы внутреннего и внешнего информирования. Их структура зависит от политики и целей информирования. Особо следует уделить внимание информации, поступающей от внешних заинтересованных сторон, в том числе жалобам. Кроме этого, для повышения эффективности управления следует развивать систему обратной связи внутри организации, что позволит повысить эффективность планирования и будет способствовать предупреждению несоответствий.

Одним из важных инструментов управления является документационное сопровождение деятельности, вследствие чего в местах использования актуализация документов должна проводиться своевременно, предотвращая таким образом использование устаревших документов. Этому может способствовать система идентификации документов, в которой могут быть задействованы кодирование и маркировка. В последнее время внедрение электронных методов документооборота позволяет существенно облегчить и систематизировать эту работу.

Для правильного осуществления операций организация должна определить рабочие критерии каждого процесса и обеспечить их соблюдение за счет соответствующей системы мониторинга. Соответственно, работники, участвующие в реализации процесса, должны быть осведомлены о данных критериях и обеспечить их соблюдение. Именно строгое следование рабочим критериям является залогом безаварийного функционирования предприятия.

Особое внимание в стандарте отводится готовности к аварийным ситуациям. Организация должна оценить риски потенциальных аварийных ситуаций, разработать и реализовать меры по их предупреждению и предотвращению. Основным инструментом повышения готовности предприятия к аварийным ситуациям – проведение учений, где персонал тренирует именно практические навыки действий, что чрезвычайно важно при реальном наступлении событий. Такие учения необходимы, поскольку довольно трудно запомнить порядок дейст-

вий, которые никогда не приходилось выполнять. При аварийной ситуации сотруднику, находящемуся в состоянии стресса, при отсутствии практических навыков воспроизвести теоретические знания практически невозможно.

### **Оценка, анализ, улучшение.**

Для соответствия предъявляемым к организации требованиям должны быть идентифицированы внешние требования, включая требования законодательства, контрактов и др. Необходимо создать систему контроля выполнения данных требований. В качестве такого механизма контроля может выступать внутренний аудит.

Отличительной особенностью систем менеджмента на основе стандартов ISO является наличие системы внутреннего аудита, когда предприятие регулярно проверяется собственными сотрудниками. В ходе таких проверок выявляются и устраняются несоответствия внешним и внутренним требованиям, выполняются действия по снижению рисков возникновения несоответствий. Работа над обнаруженными несоответствиями приводит не только к устранению самих несоответствий (коррекция), но и к выявлению и устранению причин их возникновения (корректирующие действия). Также в процессе аудитов идентифицируются потенциальные несоответствия, и в дальнейшем проводятся мероприятия по снижению риска их возникновения (предупреждающие действия). Аудиты, наряду с системой мониторинга и анализом руководства, являются действенным механизмом постоянного совершенствования как СЭМ, так и всей системы управления предприятием.

Кроме того, одним из действий по улучшению СЭМ является анализ со стороны руководства. Иногда считается, что это некое мероприятие, которое следует проводить раз в год для общей оценки эффективности СЭМ. Однако такой подход можно считать крайне неэффективным и практически не реализуемым. Анализ руководством должен проводиться регулярно, иначе эффективного менеджмента выстроить не удастся. Другой вопрос состоит в том, с какой периодичностью нужно осуществлять анализ и какие вопросы должны быть рассмотрены. Действия по выявленным несоответствиям могут рассматриваться по мере их обнаружения, соблюдение сроков выполнения планов, например, раз в месяц, достижение целей – раз в квартал, пересмотр политики – не реже раза в год. В реальности эффективные руководители ежедневно ведут анализ деятельности своего предприятия и принимают решения, направленные на повышение эффективности его работы. СЭМ просто должна встраиваться в имеющуюся систему управления.

В последней версии стандарта основные изменения касаются ориентированности на управление рисками и тренда по улучшению непосредственных экологических показателей. Измененная структура стандарта в большей мере способствует его интеграции с другими системами менеджмента, построенными на основе стандартов ISO. Это позволит предприятиям успешней создавать интегрированные системы менеджмента, которые учитывают требования сразу нескольких стандартов. Такие интегрированные системы менеджмента будут способствовать росту конкурентоспособности предприятий.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что регламентируется стандартом ISO 14001?
2. Как организация может использовать стандарт ISO 14001?
3. Что представляет собой модель ПВПД?
4. Что такое экологические аспекты и как они определяются?
5. На основе каких критериев могут быть выделены существенные экологические аспекты?

6. Понятие экологической политики предприятия.
7. На основе чего формируются экологические цели?
8. Зачем нужно практическое освоение навыков действия в аварийных ситуациях?
9. Что входит в анализ со стороны руководства?
10. С какой частотой можно пересматривать экологические цели?

### *Список рекомендуемой литературы*

1. Александров, А. В. Формирование конкурентного преимущества предприятия на основе развития экологического менеджмента / А. В. Александров, С. А. Мироседи // Российское предпринимательство. – 2010. – № 3, Вып. 2 (155). – С. 47–54.
2. Бабина, Ю. В. Сертификация систем экологического менеджмента / Ю. В. Бабина // Экология производства. – 2004. – № 3. – С. 32–40.
3. Бабина, Ю. В. Экологический менеджмент / Ю. В. Бабина, Э. А. Варфоломеева. – М. : Перспектива, 2002. – 176 с.
4. Бобошко, В. И. Экологический менеджмент в деятельности малых предприятий / В. И. Бобошко // Менеджмент в России и за рубежом. – 2008. – № 5. – С. 131–135.
5. Виханский, О. С. Стратегическое управление / О. С. Виханский. – М. : Гардарика, 1999. – 296 с.
6. Габова, И. Я. Экологический аудит : учеб. пособие / И. Я. Габова, Е. Б. Перельман, В. А. Третьяков. – Екатеринбург ; М. : Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 80 с.
7. Гуияр, Ф. Ж. Преобразование организации / Ф. Ж. Гуияр, Дж. Н. Келли. – М. : Дело, 2000. – 376 с.
8. Друкер, П. Задачи менеджмента в XXI веке / П. Друкер. – М. : Вильямс, 2000. – 272 с.
9. Манаенков, И. В. Планирование в системе экологического менеджмента / И. В. Манаенков // Эколого-экономические оценки регионального развития : материалы круглого стола. Волгоград, 30 марта 2009 г. – Волгоград ; М. : Изд-во ВолГУ, 2009. – С. 53–59.
10. Манаенков, И. В. Экологическая сертификация : учеб. пособие / И. В. Манаенков. – Волгоград ; М. : Изд-во ВолГУ, 2009. – 105 с.
11. Системы экологического менеджмента для практиков / под ред. С. Ю. Даймана. – М. : Изд-во РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2004. – 248 с.
12. Трифонова, Т. А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для высш. шк. / Т. А. Трифонова, Н. В. Селиванова, М. Е. Ильина. – М. Академический Проект : Мир, 2003. – 320 с.
13. Управление современной компанией : учеб. / под ред. Б. Мильнера и Ф. Лиса. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 586 с.
14. Экологический менеджмент на предприятии / С. Е. Дерягина, О. В. Астафьева, М. Н. Струкова, Л. В. Струкова. – Екатеринбург : ИПЭ УрО РАН, 2007. – 144 с.
15. ISO 14001:2015. Environmental management systems. – Requirements with guidance for use 02.03.2015. – Electronic text data. – Mode of access: <https://www.iso.org>. – Title from screen.

## **Раздел 2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ, ВЫЗВАННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТОКСИКАНТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Основными аспектами экологической опасности химического загрязнения окружающей среды являются:

- прямая токсикологическая опасность воздействия на организмы неблагоприятных для них веществ;
- опасность изменения физико-химических условий среды, важных для нормального протекания в природных средах биохимических реакций с участием экзометаболитов;
- опасность нарушения химической коммуникации и опосредованных экологическими хемомедиаторами взаимодействий организмов.

Экотоксикологическое значение ксенобиотиков определяется их токсичностью, способностью к биодegradации и скоростью поступления этих поллютантов в экосистемы. Если скорость поступления разлагаемых поллютантов превышает скорость их естественной биодegradации, то это может вызвать нарушения в составе и структуре экосистем.

### **1. ОСНОВНЫЕ ТОКСИКАНТЫ В ПРИРОДНЫХ СРЕДАХ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ**

**Тяжелые металлы (ТМ).** По токсичности и способности накапливаться в пищевых цепях приоритетными загрязнителями биосферы с сильно выраженными токсическими свойствами при самых низких концентрациях являются: ртуть, свинец, кадмий, медь, ванадий, хром, мышьяк, олово, цинк, молибден, кобальт, никель. В агроландшафтах наиболее распространены цинк, свинец, ртуть, кадмий, хром.

Тяжелые металлы являются генетическими ядами, поскольку аккумулируются в организме с отдаленным эффектом действия, проявляющимся в наследственных заболеваниях, умственных расстройствах, обладают эмбриотропным и канцерогенным свойствами, вызывают сердечно-сосудистые расстройства, тяжелые формы аллергии и т. д. Поступившие в организм человека ТМ способны к накоплению главным образом в почках и печени, поэтому продукция растениеводства даже на слабозагрязненных почвах способна вызвать кумулятивный эффект с постепенным увеличением содержания ТМ в организме теплокровных животных и человека.

ТМ попадают в окружающую среду вместе со сбросами промышленных предприятий, в результате работы автотранспорта, с орошаемыми сточными водами, пестицидами и агрохимикатами. Опасные уровни загрязнения почвы токсичными тяжелыми металлами могут наблюдаться в следующих зонах: вокруг металлургических предприятий в радиусе до 10–12 км; вдоль крупных железнодорожных магистралей и автотрасс в полосах шириной 100 м; в агроландшафтах, где средства химизации применялись бесконтрольно на протяжении длительного времени. Почвы являются природными накопителями ТМ в окружающей среде и основным источником загрязнения сопредельных сред, включая высшие растения. В отличие от других поллютантов, способных разлагаться в почве под действием физико-химических и

биологических факторов, ТМ сохраняются в ней длительное время даже после устранения источника загрязнения.

Нормирование тяжелых металлов в компонентах окружающей среды сводится к разработке их предельно допустимых концентраций (ПДК), при которых гарантируется получение экологически безопасной продукции. Объединенная комиссия ФАО/ВОЗ по пищевому кодексу включила кадмий, свинец, ртуть, мышьяк, медь, стронций, цинк, железо в число компонентов, содержание которых контролируется при международной торговле продуктами питания. В РФ подлежат контролю дополнительно еще такие ТМ, как сурьма, никель, хром, фтор, йод, а при наличии показаний и др.

**Кадмий** – один из самых опасных токсикантов внешней среды, период полувыведения его из почвы – около 1100 лет. Основным источником загрязнения почв, поверхностных и грунтовых вод – промышленные выбросы, сточные воды, выбросы автотранспорта, агрохимикаты (ежегодный прирост содержания кадмия в почвах за счет применения фосфорных удобрений – 0,15 %). Кадмий обладает мутагенным и канцерогенным свойствами и представляет генетическую опасность. Установленное ВОЗ допустимое поступление кадмия для взрослых людей – 500 мкг в неделю, допустимая суточная доза (ДСД) – 1 мкг/кг массы тела.

**Цинк** и кадмий являются сопутствующими элементами: чем больше в почве цинка, тем больше и кадмия. Источники поступления цинка – выбросы и отходы черной и цветной металлургии, сжигание топлива, осадки промышленных и коммунальных сточных вод. Влияние высоких концентраций цинка на здоровье человека проявляется в синергетическом действии, усиливая эффект других загрязнителей, имеются сведения о поражении органов дыхания, печени и почек. Поступление цинка в организм человека в дозе 6 г/сутки может привести к летальному исходу.

**Ртуть** – малораспространенный элемент в окружающей среде, но наиболее опасный для живых организмов. Источниками загрязнения являются выбросы промышленных предприятий, сточные воды и осадки сточных вод химических предприятий. Продолжительность жизни ртути в атмосфере невелика (около 10 дней), однако в почве и в воде время ее жизни составляет сотни тысяч лет. Ртуть накапливается в почве, мигрирует по пищевым цепям, принимает участие в биологических процессах, вызывая специфические отравления и заболевания у человека и животных. Высокой токсичностью обладают пары ртути и ее соединения, которые поступают в организм через дыхательные пути, слизистые оболочки, кожные покровы. Пары ртути поражают нервную систему, вызывая быструю утомляемость, повышенную возбудимость, головные боли, дрожание конечностей и др. Допустимое недельное поступление ртути в организм человека не должно превышать 0,3 мг, что эквивалентно 0,005 мг/кг массы тела за неделю.

**Хром** – один из биогенных элементов, который постоянно находится в тканях растений и животных, широко распространен в земной коре. Источники загрязнения окружающей среды – выбросы металлургических предприятий, осадки сточных вод кожевенных заводов, коммунальные стоки. Снижение содержания хрома в продуктах питания приводит к уменьшению его количества в крови, затормаживанию роста, увеличению объема холестерина в крови, а повышение содержания хрома в продуктах питания приводит к онкологическим и аллергическим заболеваниям органов дыхания. Летальной для человека является концентрация 3–8 г/сутки, токсичной – 200 мг/сутки.

**Свинец** используется в химическом машиностроении, атомной промышленности, при производстве пластмасс, хрустала, эмалей, замазок, лаков, спичек, электрических кабелей,

свинцовых аккумуляторов и т. д. Поступление свинца в окружающую среду происходит также при производстве свинецсодержащих боеприпасов, нанесении свинцовых покрытий и других специальных работах. В результате производственной деятельности в природные воды ежегодно попадает 500–600 тыс. т свинца, а через атмосферу на поверхности земли оседает около 400 тыс. т этого металла. В воздух большая часть свинца выбрасывается с выхлопными газами автотранспорта, меньшая – при сжигании каменного угля. Наибольшее количество свинца содержится в почве на расстоянии до 50 м от автомобильной дороги, однако высокое содержание данного металла отмечается и на расстоянии до 300 м. В организм человека более 90 % свинца попадает с пищей и около 10 % – респираторным путем, причем в городской местности в организм человека свинца поступает на 30% больше, чем в сельской. Наиболее опасен свинец, поступающий в организм респираторным путем. Избыток свинца в крови человека подавляет деятельность центральной нервной системы, мозга, мышц, почек и т. д. Для человека токсичными являются суточные дозы свинца свыше 3 мг в неделю, ДСД – около 0,007 мг/кг массы тела.

**Мышьяк** встречается почти во всех почвах и пресных водах, присутствует в большинстве пищевых продуктов. Применяется в металлургии, химической промышленности при производстве красящих веществ, стекла и эмалей. При попадании в организм человека накапливается главным образом в печени, селезенке, почках и крови, волосах и ногтях. Мышьяк – высокотоксичный кумулятивный яд, поражающий нервную систему; может вызывать как острые, так и хронические отравления, онкологические заболевания. ДСД мышьяка 0,05 мг/кг массы тела, что для взрослого человека составляет около 3 мг/сутки. Смертельная доза – 200 мг. Хроническая интоксикация наблюдается при потреблении 1–5 мг мышьяка в сутки.

**Медь** – один из первых металлов, которые человечество начало использовать в чистом виде. Производство меди в мире превышает 6 млн. т. Около половины используется в электротехнической и теплотехнической промышленности, для изготовления водопроводных и отопительных систем, сварочного оборудования, в сельском хозяйстве и фармакологии. Широко известны сплавы меди с другими элементами (бронза и др.).

В организм медь поступает в основном с пищей. В некоторых овощах и фруктах (бобовые, капуста, картофель, крапива, кукуруза, морковь, шпинат, яблоки) содержится от 30 до 230 мг меди. Суточная потребность взрослого человека в меди – 2–2,5 мг, то есть 35–40 мкг/кг массы тела. Повышенное содержание соединений меди в организме человека вызывает функциональные расстройства нервной системы, нарушение функции печени и почек, аллергодерматозы. Воздействие пыли и окиси меди может приводить к слезотечению, раздражению конъюнктивы и слизистых оболочек, чиханию, жжению в зеве, головной боли, слабости, болям в мышцах, желудочно-кишечным расстройствам. Летальной для человека является концентрация меди 0,175–0,250 г/сут. Гигиеническими требованиями к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов предусматривается обязательный контроль за содержанием этого элемента в пищевых продуктах.

Анализ результатов лабораторных исследований пищевой продукции на содержание ТМ за последние годы показывает, что в среднем по России гигиеническим нормативам не отвечает около 3 % проб. По ряду регионов количество неудовлетворительных результатов доходит до 6 % и более. По содержанию ТМ пищевую продукцию классифицируют на «чистую» (содержание ТМ ниже ПДК); условно-годную (содержание ТМ выше ПДК, но не более 2 ПДК) и непригодную для пищевых целей (содержание ТМ более 2 ПДК).

Основным мероприятием, кардинально решающим проблему и предупреждающим загрязнение почв ТМ, является совершенствование технологии производства. Способы восстановления почв, загрязненных ТМ: глубокая вспашка почвы с целью ее перемешивания с нижними слоями (биологическое разбавление); известкование кислых почв; внесение органических удобрений; регламентированное внесение пестицидов и агрохимикатов, особенно фосфорных удобрений; подбор сельскохозяйственных культур, устойчивых к загрязнению, для выращивания на участках с повышенным содержанием ТМ. На загрязненных ТМ полях нельзя выращивать кормовые и овощные культуры, используемые на корм скоту и для производства продуктов питания. На сильнозагрязненных полях следует выращивать технические культуры для получения крахмала или спирта, эфиромасличные культуры для получения растительных масел и сырья для парфюмерной промышленности.

### **Нитраты, нитриты и нитрозосоединения.**

**Нитраты** – соли азотной кислоты с радикалом ( $\text{NO}_3$ ), широко распространенные в окружающей среде, главным образом в почве и воде. Во многих регионах нашей страны в питьевой воде обнаружен избыток нитратов вследствие попадания органических, минеральных удобрений, бытовых отходов в водоемы. Нитраты входят в состав удобрений, а также являются естественным компонентом пищевых продуктов растительного происхождения. Основные источники поступления нитратов в организм – продукты растительного происхождения, нитратные пищевые добавки, вводимые в мясные, колбасные, рыбные изделия, сыры и др. для улучшения их органолептических показателей и подавления размножения некоторых патогенных микроорганизмов. Из нитратов, ежедневно попадающих в организм взрослого человека, 70 % поступает с овощами, 20 % – с водой и 6 % – с мясом и консервированными продуктами. Нитраты и нитриты способны изменять активность обменных процессов в организмах теплокровных животных и человека. При увеличении нитратного азота в организме человека снижается иммунный статус, а также наблюдаются значительные изменения в развитии детей. При потреблении в повышенных количествах нитраты в пищеварительном тракте частично восстанавливаются до нитритов (соли азотистой кислоты  $\text{NO}_2$ ), а последние при поступлении в кровь могут вызвать метгемоглобинемию, приводят к угнетению процессов тканевого дыхания и нервной системы. Кроме того, из нитритов в присутствии аминов могут образоваться канцерогенные N-нитрозоамины (вещества с высокой реакционной способностью, у которых нитрозогруппа ( $> \text{N} - \text{N} = \text{O}$ ) связана с атомом азота). Уровень содержания нитрозоаминов в пищевой продукции – один из важнейших показателей ее безопасности. С суточным рационом человек получает ориентировочно 1 мкг нитрозосоединений, с питьевой водой – 0,01 мкг, с вдыхаемым воздухом – 0,3 мкг. Нитрозоамины, известные как компоненты табачного дыма и некоторых алкогольных напитков, могут содержаться в эмульсиях, некоторых пестицидах, медикаментах, косметических средствах, обнаруживаются в воздухе урбанизированных территорий.

ДСД нитратов – 5 мг/кг массы тела человека, 500 мг считается предельно допустимой дозой, 600 мг/сутки – доза, токсичная для взрослого человека. ДСД нитритов – 0,2 мг/кг, острое отравление – при однократной дозе в 200–300 мг, летальный исход – при 300–2500 мг. Безопасная суточная доза нитрозоаминов для человека составляет 10 мкг/сутки или 5 мкг/кг пищевого продукта.

С целью исключения накопления нитратов в сельскохозяйственной продукции применяют комплекс селекционно-генетических, агрохимических и технологических мероприя-

тий. Снижению нитратов способствует технологическая и кулинарная обработка продуктов (консервирование, квашение, соление, маринование и др.).

**Пестициды.** По разным оценкам в мире насчитывается более 1000 химических соединений, на основе которых выпускают десятки тысяч препаративных форм пестицидов. Основные средства защиты, используемые в сельском хозяйстве против вредителей, болезней и сорняков – инсектициды, фунгициды и гербициды.

Пестициды отличаются способностью уничтожать живое, следовательно, они обладают биологической активностью и могут вызывать нарушения жизнедеятельности не только тех живых организмов, против которых их применяют, но и других, в том числе теплокровных животных и человека. Однако степень нарушения жизнедеятельности разных организмов одним и тем же веществом различна, что определяется избирательностью их действия, или избирательной токсичностью.

При обработке растений создаются концентрации, способные уничтожить вредителей, но они могут быть опасными для живой природы и здоровья людей. Серьезную экологическую проблему представляют не только пестициды и их метаболиты, но и присутствующие в них примеси. Среди примесей встречаются соединения, относящиеся к группе повышенной токсичности. Их токсичное действие проявляется при очень низких концентрациях, от 20 до 70 мкг/кг. К соединениям такого рода относятся диоксины, токсичность которых в 1000 раз превышает токсичность высокоопасных пестицидных препаратов. Опасность диоксина как экотоксиканта усиливается его высоким кумулятивным свойством. Он обладает повышенной персистентностью: с компонентами почвы образует прочные комплексы и из-за слабой растворимости в воде сохраняется в почве довольно долго, до 10–12 лет, в зависимости от погодных условий. В пестицидных препаратах в качестве инертных ингредиентов обнаруживаются четыреххлористый углерод, бензол, хлорбензол, толуол и другие соединения, также способные оказывать на человека токсичное действие.

По токсичности для человека и теплокровных животных пестициды делятся на: 1) сильнодействующие – ЛД<sub>50</sub> до 50 мг/кг живой массы; 2) высокотоксичные – ЛД<sub>50</sub> до 200 мг/кг; 3) среднетоксичные – ЛД<sub>50</sub> до 1000 мг/кг; 4) малотоксичные – ЛД<sub>50</sub> более 1000 мг/кг.

Различают острое и хроническое отравление. Острое отравление организма пестицидом возникает при разовом воздействии пестицида и выражается в нарушении жизнедеятельности организма с возможным смертельным исходом. Оно сопровождается бурным развитием заболевания. Хроническое отравление организма возникает в результате многократного воздействия относительно малых количеств пестицида и выражается в медленно развивающемся нарушении нормальной жизнедеятельности.

Мировая практика применения пестицидов свидетельствует о том, что они несут в себе потенциальную опасность.

Процесс воздействия используемых пестицидов подчиняется следующей схеме: пестициды – вся экосистема. В экосистеме могут наблюдаться следующие экологические воздействия:

1. Демозэкологические: 1) высокая токсичность – непосредственные токсические воздействия; 2) хроническая интоксикация – вторичное отравление (трофические цепи); 3) снижение биотического потенциала.

2. Биотические: 1) исчезновение видов, служащих пищей; 2) исчезновение видов-хозяев (среды обитания); 3) исчезновение конкурирующих видов; 4) исчезновение хищников и паразитов; 5) появление резистентных популяций вредителей.

Систематическое применение пестицидов является прямым воздействием на биоценозы и ведет к частичному уничтожению насекомых-опылителей, муравьев, отрицательно влияет на рыб, водных беспозвоночных и птиц, наблюдается побочное влияние на животных и человека. Возрастает вероятность отдаленных последствий, связанных с патологическим и генетическим действием ряда препаратов на биоту. Остаточные количества пестицидов аккумулируются и биоконцентрируются в пищевых (трофических) цепях. Имеет место вынос остаточного количества пестицидов за пределы обрабатываемой территории.

Будучи биологически активными веществами, стойкие пестициды могут отрицательно влиять не только на беспозвоночных, против которых они в основном и применяются, но и на теплокровных животных. Кроме непосредственного их уничтожения, пестициды могут привести к хроническому отравлению, что проявляется в потере веса, снижении оплодотворяемости, уменьшения количества яиц в кладке, физиологических изменениях крови. В организм теплокровных пестициды могут попадать различными путями: при непосредственной работе (в период хранения и использования); с пищей, содержащей остатки пестицидов; с водой из загрязненных водоемов; с загрязненным воздухом. Пестициды могут вызывать острые и хронические отравления человека, поражая его органы и системы, нарушая процессы обмена веществ, усугубляя течение имеющихся ранее заболеваний. Отравления пестицидами могут быть профессиональными и бытовыми. В целях профилактики профессиональных отравлений следует строго выполнять правила работы, хранения и транспортировки пестицидов, правильно использовать подобранные индивидуальные средства защиты, соблюдать установленные сроки выхода на обработанные поля.

Существуют следующие мероприятия по повышению безопасности химического метода защиты растений: совершенствование ассортимента пестицидов с целью уменьшения их токсичности для человека и полезных животных, снижение персистентности, повышение избирательности действия; использование оптимальных способов применения препаратов (предпосевная обработка семян, искореняющие ранневесенние и позднеосенние обработки в саду, ленточные или полосные обработки, использование гранулированных препаратов); оптимизация использования пестицидов с учетом экономической целесообразности и необходимости их применения (с учетом ЭПВ для каждого вида вредителя); строжайшая регламентация использования пестицидов в сельскохозяйственном производстве и других отраслях на основе всестороннего изучения их санитарно-гигиенических характеристик и условий обеспечения безопасности при работе с ними.

**Диоксины и фураны** – большая группа высокотоксичных веществ – полихлорированных дибензодиоксинов (ПХДД) и дибензофуранов (ПХДФ). Общая токсичность диоксинов и фуранов составляет  $3,1 \times 10^{-9}$  моль/кг; лишь минимальные летальные дозы ядов, вырабатываемых возбудителями ботулизма и дифтерии ( $3,3 \times 10^{-17}$  и  $4,2 \times 10^{-12}$ ), превышают токсичность диоксинов и фуранов.

В разных странах допустимая суточная доза и предельно допустимая концентрация существенно отличаются. Так, в США суточная доза установлена в 0,006 пг/кг массы тела человека, а в России – 10 пг/кг. ПДК в России для атмосферного воздуха составляет  $0,5 \text{ пг/м}^3$ , для питьевой воды – 20 пг/л.

Основные источники диоксинов и фуранов – химическая, целлюлозно-бумажная промышленность, автомобильный транспорт, мусоросжигательные заводы. Хлор высокотоксичен сам по себе, ядовиты все хлороорганические вещества (пестициды, растворители, полихлорированные бифенилы, поливинилхлориды и др.). Их получение, использование и утилизация приводят к появлению в окружающей среде еще более токсичных соединений – диоксинов и фуранов.

В организм человека диоксины попадают в основном с продуктами питания животного происхождения. Опасные концентрации диоксинов обнаруживаются в мясе, рыбе и молочных продуктах. При этом диоксины в большей степени накапливаются в коровьем молоке. Источником диоксинов являются также клубне- и корнеплоды, так как основная часть диоксинов аккумулируется в корневых системах растений. Согласно рекомендациям ВОЗ ДСД диоксинов для человека – 10 нг/кг.

**Радиоактивные элементы.** На живые организмы радиационное излучение оказывает прямое и опосредованное действие. Прямое действие состоит в радиационно-химических превращениях молекул в месте поглощения энергии излучения. Опосредованное действие сопровождается повреждениями молекул, мембран, органоидов, клеток вызываемыми продуктами радиолиза воды, количество которых в клетке при облучении резко возрастает. Биологическое действие ионизирующих излучений сводится к изменению структуры или разрушению различных органических веществ (молекул), из которых состоит человеческий организм. Это приводит к нарушению биохимических процессов, протекающих в клетках, или даже к их гибели, в результате чего происходит разрушение отдельных органов организма или его полное поражение.

Различают внешнее и внутреннее облучение организма. Источниками внешнего излучения являются космические лучи; естественные радиоактивные источники, находящиеся в различных средах; источники излучений, используемые в технике, медицине; аварии, происходящие в радиоактивных установках, и др. Причиной внутреннего облучения является попадание радиоактивных веществ внутрь человека через различные органы (дыхания, пищеварения, кожные покровы). Внутреннее облучение длится до тех пор, пока радиоактивное вещество не распадается или не выводится из организма в результате процессов физиологического обмена. Такая форма облучения особенно опасна, так как вызывает долго не заживающие раны и злокачественные опухоли. Под влиянием ионизирующих излучений у человека возникает лучевая болезнь, имеющая три степени развития: первая (легкая), вторая и третья (тяжелые). Нижний уровень развития легкой формы лучевой болезни возникает при эквивалентной дозе облучения около 1 Зв. Наблюдается общее недомогание, головные боли, нарушение сердечно-сосудистой деятельности. Тяжелая форма лучевой болезни, при которой погибает половина всех облученных, наступает при эквивалентной дозе облучения 4,5 Зв. Поражается центральная нервная система, органы внутренней секреции, появляется вероятность развития злокачественных образований. Если эквивалентная доза облучения равна 5,5–7,0 Зв, то наблюдается стопроцентный смертельный исход.

Под влиянием антропогенных факторов естественный радиационный фон постоянно увеличивается. Один из главных источников его повышения – испытание ядерного оружия. Потенциальный источник радиации – весь комплекс предприятий атомной энергетики. Изменение радиационного фона Земли повышает опасность облучения всего населения планеты; при длительном облучении даже при невысоких дозах (5 мЗв) возможны проявления мутагенеза через 70 поколений.

Основным способом снижения радиоактивного загрязнения почвы является применение минеральных удобрений, под влиянием которых радиоактивные элементы переходят в нерастворимое состояние. Радиозащитные средства, используемые в медицинской практике, уменьшают количество свободных радикалов, ионизированных молекул, образующихся при воздействии на организм ионизирующего излучения, а также повышают устойчивость ферментов, которые блокируют реакции радиационных процессов.

**Микотоксины.** Многие виды грибов микромицетов, вызывающие болезни растений, в процессе жизнедеятельности продуцируют различные токсические вещества (микотоксины), вызывающие у человека и животных микотоксикозы. Среди них наиболее опасны виды рода *Aspergillus* и *Penicillus*, продуцирующие афлатоксины, и представители рода *Fusarium*, образующие нивалевол, дезоксиниваленол, зеараленон и другие фузариотоксины.

У высших растений афлатоксины ингибируют прорастание семян и развитие проростков, нарушают синтез хлорофилла, снижают питательную ценность растений и калорийность продуктов. Серьезную опасность они представляют для людей и животных. Афлатоксины обладают канцерогенным, мутагенным и тератогенным действием, нарушают иммунную систему и жировой обмен, поражают печень, почки, селезенку, нервную систему.

По данным ФАО, около 30 % мирового сбора зерновых и зернобобовых культур заражено токсикогенными грибами и загрязнено микотоксинами. ВОЗ считает, что максимально допустимое содержание афлатоксинов в продуктах – 0,03 мкг/кг.

При использовании зерновых культур большую угрозу для человека и животных на увлажненных территориях представляют токсины рода *Fusarium*. Массовое поражение колосьев зерновых культур фузариозом обуславливает снижение урожая, резкое ухудшение химико-технологических качеств зерна, падение содержания белка, клейковины и в целом качества муки. У людей и животных фузариотоксины вызывают отравление, поражают кровеносные органы и иммунокомпетентные органы, ингибируют синтез белка, нарушают нервную деятельность и воспроизводительные функции, вызывают некрозы кожи. Все изученные фузарио- и афлатоксины отличаются высокой термостабильностью, не разрушаются при промышленной переработке загрязненного ими сельскохозяйственного сырья и при приготовлении пищи в домашних условиях.

#### **Воздействие токсикантов на биологические объекты.**

Все химические вещества обладают токсичностью, поэтому их контакт с биологическими системами может иметь пагубные последствия для последних. В общей форме можно определить токсичность либо как способность химических веществ, действуя на биологические системы немеханическим путем, вызывать их повреждение или гибель, либо (применительно к организму человека) как свойство, провоцирующее нарушение работоспособности, заболевание или гибель.

Вещества существенно отличаются по степени токсичности. Чем в меньшем количестве вещество способно вызывать повреждение организма, тем оно токсичнее. Теоретически не существует веществ, лишенных токсичности. При тех или иных условиях обнаружится биологический объект, реагирующий повреждением, нарушением функций, гибелью на действие вещества в определенных дозах. Токсичность веществ, полностью инертных в отношении биологических объектов, может быть количественно обозначена как стремящаяся (но не равная) к нулю. Действие веществ, приводящее к нарушению функций биологических систем, называется **токсическим действием**. В основе токсического действия лежит взаимодействие вещества с биологическим объектом на молекулярном уровне. Химизм взаимодей-

ствия токсиканта и биологического объекта на молекулярном уровне называется механизмом токсического действия. Следствием токсического действия веществ на биологические системы является развитие токсического процесса. Проявления токсического процесса определяются уровнем организации биологического объекта (молекулярным, молекулярных систем, субклеточным, клеточным, органным, целостного организма, популяционным, биогеоэкологическим).

Действие токсикантов на молекулярные системы может сопровождаться избирательным повреждением отдельных субклеточных комплексов. Токсический процесс, развивающийся в многоклеточном организме, непременно связан со структурно-функциональными нарушениями клеток хотя бы одного типа. На клеточном уровне токсический процесс проявляется в обратимых структурно-функциональных изменениях клетки (изменение формы, подвижности и т. д.); в преждевременной гибели клетки; в мутациях (генотоксичность). Со стороны органа или системы токсический процесс проявляется в функциональных реакциях (спазм гортани, кратковременное падение артериального давления, учащение дыхания, усиление диуреза, лейкоцитоз и т. д.); в заболеваниях органа; в неопластических процессах.

На уровне целостного организма токсический процесс проявляется в болезнях химической этиологии (интоксикация, отравление); в транзиторных токсических реакциях – быстро и самопроизвольно проходящих состояниях, сопровождающихся кратковременной утратой дееспособности (явление раздражения глаз, дыхательных путей, седативно-гипнотические состояния, психодислептические состояния и т. д.); в аллобиозе – стойких изменениях реакций организма на воздействие физических, химических, биологических факторов окружающей среды, а также психических и физических нагрузок (аллергия, иммуносупрессия, повышенная утомляемость и т. д.); в специальных токсических процессах – развивающихся лишь у части популяции, как правило, в особых условиях (действие дополнительных веществ; наступление определенного периода жизнедеятельности организма и т. д.) и характеризующихся продолжительным скрытым периодом (канцерогенез, эмбриотоксичность, нарушение репродуктивных функций и т. д.).

Из всех форм проявления токсического процесса наиболее изученной и в наибольшей степени привлекающей внимание врача является интоксикация. В зависимости от продолжительности взаимодействия химического вещества и организма интоксикации могут быть острыми, подострыми и хроническими. Острая интоксикация некоторыми веществами (иприты, люизит, диоксины, галогенированные бензофураны, паракват и др.) может сопровождаться развитием длительно текущего (хронического) патологического процесса. В зависимости от локализации патологического процесса интоксикация может быть местной и общей. Если какой-либо орган или система по сравнению с другими органами имеют низкий порог чувствительности к токсиканту, то при определенных дозовых воздействиях возможно избирательное поражение этого органа или системы. Чаще общее действие ксенобиотика сопровождается развитием патологических процессов со стороны нескольких органов и систем. В большинстве случаев интоксикация носит смешанный (как местный, так и общий) характер. В зависимости от интенсивности воздействия токсиканта интоксикация может быть тяжелой, средней и легкой степени тяжести. **Тяжелая интоксикация** – угрожающее жизни состояние, крайней формой которого является смертельное отравление. **Интоксикация средней степени тяжести** – интоксикация, при которой возможны длительное течение болезни, развитие осложнений, необратимые повреждения органов и систем, приводящие к инва-

лидности или обезображиванию пострадавшего (химический ожог лица). **Легкая интоксикация** заканчивается полным выздоровлением в течение нескольких суток.

Транзиторные токсические реакции наиболее часто развиваются вследствие раздражающего и седативно-гипнотического действия токсикантов. Раздражение слизистой дыхательных путей, глаз, кожи отмечается при остром воздействии многими веществами – альдегидами, кетонами, галогенами и т. д. Не являясь заболеванием, это состояние, тем не менее обращает на себя внимание, поскольку тяжело воспринимается пострадавшим и нарушает профессиональную работоспособность. При действии наркотических средств, множества лекарств, органических растворителей, пищевых продуктов (спирт) в малых дозах проявляется их седативно-гипнотическое действие (опьянение). Транзиторные токсические реакции могут стать следствием только острого действия химических веществ. Увеличение дозы токсиканта приводит к превращению реакции в отравление: опьянение перерастает в кому; явление раздражения – в воспалительный процесс и т. д. Токсические реакции могут угрожать жизни пострадавшего, так и не трансформировавшись в болезнь (рефлекторная смерть от остановки сердечной деятельности и дыхания при ингаляции аммиака в высоких концентрациях).

Экотоксический процесс на уровне популяции проявляется в росте заболеваемости, смертности, числа врожденных дефектов развития; в уменьшении рождаемости, нарушении демографических характеристик популяции, падении средней продолжительности жизни членов популяции, их деградаци.

По мере совершенствования организации живой материи возрастает многообразие ее форм, появляются все новые структурные элементы, вспомогательные системы, обеспечивающие жизнедеятельность; одновременно увеличивается количество способов, с помощью которых возможно повреждение биологических систем токсикантами; спектр веществ, способных оказывать неблагоприятное действие на организм высших животных и человека, значительно богаче, чем токсикантов, действующих на растения и примитивные одноклеточные и многоклеточные организмы.

## **2. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТОКСИКАНТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Процесс оценки рисков воздействия токсикантов на окружающую среду включает в себя:

- идентификацию опасности (сбор и анализ данных о месте события, выявление потенциально опасных веществ);
- оценку воздействия токсикантов (определение содержания в окружающей среде, выявление пострадавшего населения, идентификация потенциальных путей воздействия, оценка концентраций и доз поллютанта, действующего различными путями, оценка количества токсикантов, поступающих в организм);
- оценку токсичности поллютантов (сбор количественных и качественных характеристик токсичности);
- характеристику риска (оценка возможных неблагоприятных эффектов действия поллютантов и фактора неопределенности, суммирование данных о возможном риске).

Система расчета экологического риска от воздействия токсиканта на окружающую среду предполагает использование уравнения:

$$R = [1 - \exp(-UR \times C)], \quad (1)$$

где  $R$  – риск возникновения неблагоприятного эффекта, определяемый как вероятность (в долях единицы) возникновения этого эффекта при заданных условиях;  $C$  – реальная концентрация или доза вещества, оказывающего воздействие, мг/м<sup>3</sup>;  $UR$  – единица риска, определяемая как фактор (коэффициент) пропорции роста риска в зависимости от значения действующей концентрации (дозы).

В основу методологии расчета риска взята информация о значениях пороговых концентраций, которые определяются в ходе экспериментальных исследований с целью разработки регламентов предельного содержания вредных веществ в объектах окружающей среды; при этом в качестве пороговых концентраций принимаются минимальные из них, вызывающие эффект токсического действия с вероятностью не менее 16 %.

Пороговые концентрации  $C_{\text{пор}}$  связаны с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) следующим уравнением:

$$\text{ПДК} = \frac{C_{\text{пор}}}{K_3}, \quad (2)$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса, зависящий от класса опасности вещества.

При принятии этого допущения формула (1) приобретает вид:

$$R = 1 - \exp\left(\frac{\ln 0,84}{\text{ПДК} \times K}\right) \times C. \quad (3)$$

Для предупреждения развития немедленных токсических эффектов разрабатываются минимально разовые ПДК ( $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ ), которые предназначены для регламентирования максимальных уровней приземных концентраций загрязняющих веществ.

Вероятность воздействия токсического вещества  $P_{\text{rob}}$  при оценке кратности превышения  $\text{ПДК}_{\text{мр}}$  определяется в соответствии с классом опасности. При этом пересчет  $P_{\text{rob}}$  в величину риска  $R$  осуществляется в соответствии с уравнением нормального вероятностного распределения либо с помощью соответствующих компьютерных программ.

Риски для неканцерогенных эффектов воздействия токсикантов характеризуются соотношением действующей дозы вредного экологического фактора с его референтной дозой.

$$IER = \frac{D}{D_p}, \quad (4)$$

где  $IER$  – индивидуальное отношение экспозиции;  $D$  – доза токсиканта;  $D_p$  – референтная доза токсиканта.

$IER$  показывает, насколько действующая доза токсического вещества превосходит безопасный уровень, что соответственно коррелирует с вероятностью вредного воздействия. При расчете дозы учитывается концентрация, выраженная в мл/л питьевой воды на м<sup>3</sup> воздуха и на грамм почвы или пищи, а доза имеет размерность мг/кг/сутки:

$$D = \frac{Cm \times \Pi}{m} \text{ (мг/кг)}, \quad (5)$$

где  $Cm$  – концентрация токсиканта, мг/м<sup>3</sup>;  $\Pi$  – потребление воздуха человеком, м<sup>3</sup>;  $m$  – масса тела человека, кг.

При отсутствии референтной концентрации в качестве ее эквивалента возможно применение предельно допустимых концентраций.

### ***Контрольные вопросы***

1. Загрязнение окружающей среды. Источники поступления токсических веществ в окружающую среду.
2. Основные токсиканты в природных сферах и сельскохозяйственной продукции.
3. Классы опасности химических соединений.
4. Регламентированное содержание токсикантов.
5. Общие закономерности воздействия токсикантов на живые системы.
6. Действие токсикантов на молекулярные системы.
7. Действие токсикантов на уровне целостного организма.
8. Действие токсикантов на уровне популяции.
9. Формы проявления токсического процесса.
10. Влияние экотоксикантов на экосистему.
11. Оценка экологических рисков при воздействии токсикантов на окружающую среду.
12. Целесообразные пути и меры снижения вредного влияния токсикантов.
13. Способы восстановления почв, загрязненных ТМ.
14. Мероприятия по повышению безопасности химического метода защиты растений.

### ***Список рекомендуемой литературы***

1. Баширова, Р. М. Основы экотоксикологии : учеб. пособие / Р. М. Баширова, Г. Г. Максимов, Л. А. Ахметова. – Уфа : РИЦ БашГУ, 2009. – 120 с.
2. Джирард, Дж. Е. Основы химии окружающей среды / Дж. Е. Джирард. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 640 с.
3. Зеркалов, Д. В. Экологическая безопасность : учеб. пособие / Д. В. Зеркалов. – Киев : Основа, 2009. – 513 с.
4. Иваненко, Н. В. Экологическая токсикология: учеб. пособие / Н. В. Иваненко. – Владивосток : Изд-во ВГУЭС, 2006. – 90 с.
5. Каплин, В. Г. Основы экотоксикологии / В. Г. Каплин. – М. : КолосС, 2007. – 232 с.
6. Контроль состояния окружающей среды и защита от антропогенных загрязнений / Л. А. Коваленко, А. К. Макаров, В. Т. Медведев, В. В. Скибенко. – М. : МЭИ, 2010. – 448 с.
7. Незнамова, Е. Г. Экологическая токсикология / Е. Г. Незнамова. – Томск, 2007. – 133 с.
8. Тарасова, Н. П. Химия окружающей среды / Н. П. Тарасова, В. А. Кузнецов. – М. : Академкнига, 2007. – 228 с.
9. Садовникова, Л. К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении / Л. К. Садовникова, Д. С. Орлов, И. Н. Лозановская. – М. : Высш. шк., 2008. – 336 с.
10. Ступин, Д. Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления. / Д. Ю. Ступин. – СПб. : Лань, 2009. – 432 с.
11. Хаханина, Т. И. Химия окружающей среды : учеб. пособие / Т. И. Хаханина, Н. Г. Никитина, Л. С. Суханова. – М. : Юрайт, 2013. – 215 с.
12. Экология : учеб. пособие для практ. занятий / Е. А. Литвинов, В. Ф. Лобойко и др. – Волгоград : Нива, 2007. – 258 с.
13. Экологическая безопасность : учеб.-метод. пособие / Е. В. Суркова, А. И. Мельченко, А. Г. Сухомлинова, Т. П. Францева. – Краснодар : Изд-во КубГАУ, 2014. – 98 с.

## **Раздел 3. МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

### **1. БИОИНДИКАЦИЯ И БИОТЕСТИРОВАНИЕ**

Санитарно-гигиенические и экологические нормативы определяют качество окружающей среды по отношению к здоровью человека и состоянию экосистем, но не указывают на источник воздействия и не регулируют его деятельность.

Д.А. Криволюцким с соавторами предложены три возможных подхода к экологическому нормированию:

1. Требование сохранности устойчивости экосистемы в целом, рассматривая ее как систему взаимосвязанных подсистем. Свойства биоценозов таковы, что при токсических воздействиях, наносящих поражение отдельным звеньям системы, возникает компенсация за счет других элементов, и ценоз продолжает функционировать. Несмотря на сохранность биоценоза как функционирующей системы, происходящие изменения не всегда можно считать допустимыми, поскольку они могут привести к нежелательным изменениям условий существования некоторых видов, которые являются ценными или уникальными.

2. Требование сохранности каждой популяции. При этом имеется в виду прямое токсическое действие на организмы, составляющие популяцию, и их потомство, а также косвенное воздействие, осуществляемое через систему трофических связей. Например, воздействие на консументы низших порядков может привести к недостаточности кормовой базы для консументов более высокого порядка.

3. Необходимость учета диапазона естественных колебаний основных экологических параметров, определяемых по многолетним наблюдениям за функционированием отдельных звеньев или биоценоза в целом.

Существующие санитарно-гигиенические нормативы (ПДК, ОДК, МДУ и др.) и рассчитываемые на их основе допустимые уровни воздействия ориентированы в основном на человека; они недостаточны для мониторинга нормального функционирования экосистем, не учитывают одновременного совместного действия ксенобиотиков и природных веществ, экологических факторов внешней среды (инсоляция, температура, влажность воздуха и почвы и др.). Осуществляются первые подходы к определению пороговых, летальных, предельно допустимых концентраций токсических веществ по отношению к высшим растениям.

К наиболее актуальным проблемам эколого-гигиенического нормирования относится выбор интегральных показателей нормирования, объективно отражающих состояние экосистем. В частности, к таким показателям могут быть отнесены биоразнообразие и продуктивность экосистем, численность, продолжительность жизни, возрастной состав популяций, активность организмов, изменение их окраски и кариотипа, питание, дыхание, выделение, размножение, скорость эмиссии экосистемой углерода, кислорода и азота. Микроорганизмы служат показательными объектами для оценки последствий загрязнения и изменения состояния экосистемы.

Анализ влияния факторов среды на экосистему можно проводить на основе оценки численности отдельных видов и их состояния. Конкретными показателями состояния среды могут быть: содержание химических веществ в различных тканях организмов на разных уровнях трофических цепей, скорость роста деревьев, энергия фотосинтеза, микробиологи-

ческая активность почв, рост лишайников, развитие различных организмов. Эти данные могут быть дополнены данными по изменению структуры биогеоценозов, данными по их пространственным и функциональным изменениям. Можно оценивать не все показатели, а лишь некоторые из них.

В целях контроля над состоянием биологических систем следует придерживаться определенных правил в выборе показателей: отбирать показатели, относящиеся только к процессам с гомеостатическими механизмами (например, металлоустойчивость растений и механизмы ее регулирования в пределах гомеостаза отдельных растительных сообществ); отдать предпочтение показателям, характеризующим неспецифический отклик на воздействующий фактор (так, для каждого биологического вида характерны формы с повышенной и пониженной способностью к концентрированию химических элементов, могут возникать виды – яркие концентраторы микроэлементов, но данных о том, как они возникают, до сих пор нет); отбирать интегральные показатели (так, при эколого-биогеохимических исследованиях оценку территории следует проводить по интегрированным параметрам аккумуляции химических элементов с использованием не только растений-космополитов, ландшафтных растений-биоиндикаторов, но и фитоэкогрупп).

Нормирование нагрузки на отдельные биогеоценозы может быть осуществлено через регламентацию состояния отдельных популяций или их сообществ, отнесенных к критическим звеньям соответствующих биогеоценозов. Большое значение придается биологическим методам, которые в ряде ситуаций позволяют оперативно оценивать качество окружающей среды и наличие некоторых загрязнений, не обнаруживаемых химическими методами. К биологическим методам контроля относятся **биоиндикация** и **биотестирование**.

#### **Биоиндикация: основные понятия.**

В современной практике оценки состояния окружающей среды ведущая роль отводится физическим и химическим методам экологического контроля.

Суть их сводится к сравнению показателей загрязненности химическими веществами или параметрического воздействия на отдельные компоненты природной среды с соответствующими ПДК или ПДУ. Однако действующая сегодня система регламентации антропогенного воздействия на природную среду неидеальна и приводит к неадекватной оценке степени антропогенного воздействия на окружающую среду.

При выявлении загрязняющих веществ и физических параметров, превышающих нормы и требующих коррекции в ходе природоохранных мероприятий, аналитический подход более приоритетный: он позволяет определить границы пораженной территории, нуждающейся в специальных природоохранных и восстановительных процедурах. В то же время этот подход имеет и ряд недостатков:

- сложность и высокая стоимость анализов;
- невозможность учета в практической деятельности синергического и антагонистического эффектов поллютантов;
- сложность сравнительной оценки токсического влияния поллютантов на различные экосистемы;
- неразрешимость проблемы оценки влияния на токсичность поллютантов всех разнообразных природных факторов, оказывающих совместное действие;
- невозможность получения информации о кумуляции и вторичных эффектах действия поллютантов, вызванных их накоплением и преобразованием в трофической сети.

Анализ последствий антропогенного воздействия на окружающую природную среду невозможен без использования приемов биологической индикации, которая дает прямую информацию о реакции организмов на стрессорные факторы.

**Биоиндикация** – это обнаружение и определение биологически значимых нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ в среде их обитания.

Таковыми биологически значимыми нагрузками являются и все виды антропогенных загрязнений. Основная задача биоиндикации – разработка системы методов и критериев, которые могли бы адекватно отражать уровень антропогенных воздействий с учетом комплексного характера загрязнения и диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ. Организмы или сообщества организмов, жизненные функции которых тесно коррелируют с определенными факторами среды и могут применяться для их оценки, называются **биоиндикаторами**. Биоиндикаторы обладают признаками, свойственными системе или процессу, на основании которых производится качественная или количественная оценка тенденций изменений, определение или оценочная классификация состояния экологических систем, процессов и явлений. Методы биоиндикации определяют именно ответную реакцию. Биосистема реагирует на интегральное воздействие среды, а не только на отдельные факторы, причем амплитуда колебаний физиологической толерантности определяется внутренними характеристиками системы – полом, возрастом, условиями питания, генетически контролируемой устойчивостью. В настоящее время можно считать общепринятым, что основным индикатором устойчивого развития в конечном итоге является качество среды обитания.

Методами биоиндикации с использованием подходящих индикаторных организмов в определенных условиях может осуществляться качественная и количественная оценка (без определения степени загрязнения) антропогенного воздействия на окружающую среду, а также особенностей естественных процессов. Преимуществом методов биоиндикации и биотестирования перед физико-химическими методами можно назвать обобщающий характер ответных реакций организмов, которые:

- суммируют все биологически важные данные об окружающей среде и характеризуют ее состояние в целом;
- выявляют наличие в окружающей природной среде всего имеющегося комплекса загрязнителей;
- позволяют судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы и человека;
- могут реагировать на очень слабые воздействия в силу кумулятивного эффекта (реакции проявляются при накоплении некоторых критических значений суммарных дозовых нагрузок);
- фиксируют скорость происходящих в окружающей среде изменений;
- позволяют судить о степени вредности любых синтезируемых человеком веществ для живой природы и для него самого, причем дают возможность контролировать их действие;
- указывают источники поступлений и места скоплений различного рода загрязнений в экологических системах и вероятные пути попадания этих веществ в организм человека;
- помогают нормировать допустимую нагрузку на экосистемы, различающиеся по своей устойчивости к антропогенному воздействию, так как одинаковый состав и объем за-

загрязнений может привести к различным реакциям природных систем в разных географических зонах;

- делают необязательным применение дорогостоящих, трудоемких физических и химических методов для измерения биологических параметров;
- вскрывают тенденции развития природной среды.

Живые организмы постоянно присутствуют в окружающей человека среде и реагируют на кратковременные и залповые выбросы поллютантов, изменение параметров окружающей среды, в том числе качества почв, и многие другие показатели. В настоящее время биоиндикация загрязнений находит все большее применение в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Различают две **формы отклика организмов-биоиндикаторов – специфическую и неспецифическую**. В первом случае происходящие изменения связаны с действием одного какого-либо фактора. При неспецифической биоиндикации с помощью реакции индикатора оценивается спектр антропогенных воздействий.

В зависимости от **типа ответной реакции** биоиндикаторы подразделяют на **чувствительные** и **кумулятивные**. **Чувствительные биоиндикаторы** сигнализируют о стрессе значительным отклонением от жизненных норм, а **кумулятивные** накапливают антропогенное воздействие, превышающее нормальный уровень в природе, без видимых изменений.

#### **Требования к биоиндикаторам.**

В качестве биоиндикаторов могут быть использованы представители всех царств живой природы. Биоиндикаторами могут быть живые организмы, обладающие хорошо выраженной реакцией на внешнее воздействие: различные виды бактерий, водорослей, грибов, растений, животных и т. д. Важным свойством биоиндикаторов является чувствительность.

В зависимости от времени развития реакций можно выделить **6 типов индикационной чувствительности**.

- **I тип**: дает одноразовую реакцию спустя некоторое время и тут же теряет чувствительность;
- **II тип**: как и в первом случае, реакция сильная и внезапная, длится определенное время, затем резко исчезает;
- **III тип**: сохраняет постоянную чувствительность в течение длительного времени;
- **IV тип**: после немедленной сильной реакции наблюдается сначала быстрое, а затем более медленное затухание;
- **V тип**: при появлении нарушающего воздействия реакция нарастает до максимума, а затем постепенно затухает;
- **VI тип**: неоднократное повторение реакции V типа.

К чувствительным биоиндикаторам относятся организмы, стоящие на более ранних этапах эволюционного развития – лишайники, мхи, почвенные и водные микроорганизмы (водоросли, бактерии, микроскопические грибы). Чувствительность этих индикаторов обусловлена слабой степенью адаптации к новым агрессивным воздействиям окружающей среды, эволюционным «отставанием» биохимических и физиологических механизмов редукации ущерба, наносимого организмам.

В качестве биоиндикаторов могут выступать отдельные ткани, органы растений: например, ассимилирующие органы (хвоя голосеменных, листовые пластинки цветковых, пыльца).

Среди животных также выделяются группы организмов, положительно или отрицательно реагирующие на различные формы антропогенной трансформации среды (ракообразные, моллюски, личинки ручейников, поденок, веснянок и др.).

Чувствительными биоиндикаторами могут служить как отдельные процессы в клетке и организме (изменение ферментативной активности, изменение в пигментном комплексе), так и морфологические изменения (изменения формы и размера листовой пластинки, адаптивное изменение УППЛ – удельной поверхностной плотности листа, уменьшение продолжительности жизни хвои).

Важной характеристикой любого индикатора является его достоверность. Единых общепринятых способов оценки достоверности не разработано. В ботанических и геоботанических исследованиях с этой целью используются различные шкалы, оценивающие степень сопряженности (совместной встречаемости) индикатора и объекта индикации.

Одним из широко распространенных методов биоиндикации является метод эталонов. Суть его заключается в сравнении изучаемых экосистем с фоновой системой, принятой за образец по исследуемым параметрам.

Этот метод особенно востребован при оценке степени антропогенного прессинга на экосистемы, сравнимые по своим характеристикам с неизменными природными системами.

Чрезвычайно важен верный выбор биоиндикатора. При биоиндикации загрязнений оптимальным индикатором считается организм, показывающий линейную корреляцию между уровнем загрязнения (степенью изменения) среды и аккумуляцией загрязнителя либо реакцией организма. Для унификации процесса сбора, обработки и представления информации в различных районах исследования необходимо иметь общий, компактный и универсальный перечень видов-биоиндикаторов.

**Основные требования**, предъявляемые к организмам, используемым в целях биоиндикации:

- участие объектов биоиндикации в исследуемой экосистеме в большом количестве;
- выровненность биоиндикационной группы по физиологическим, морфологическим, возрастным и поведенческим параметрам, однообразию потребляемой ресурсной базы;
- широкое представительство организма-биоиндикатора в различных местах обитания и широкое географическое распространение;
- отсутствие ограничений к использованию организмов (например, краснокнижных);
- легкость идентификации и доступность в получении материала;
- отсутствие сезонных отличий в доступности и использовании биоиндикатора;
- наличие специфической легко фиксируемой ответной реакции организма на воздействии окружающей среды;
- наличие распознаваемой корреляции между реакцией организма и уровнем воздействия стрессора на экосистему.

**Объектами биоиндикации**, в зависимости от конкретных задач экологического мониторинга, могут являться разные группы живых организмов – животные, растения и микроорганизмы.

**Животные-биоиндикаторы** имеют особое практическое значение как объект, физиологически близкий человеку. По развитию реакции животного на воздействие можно конкретизировать последствия загрязнений в отношении человека. Одной из основных сложно-

стей при использовании животных-биоиндикаторов является их подвижность. Способность животных перемещаться на значительные расстояния, выходя из зоны действия исследуемых факторов и аккумулируя токсиканты из других источников, вынуждает искать виды, отличающиеся мелкими размерами и оседлым образом жизни. Также подвижность животных затрудняет их подсчет, отлов и замер параметров.

Наиболее корректными можно считать биоиндикационные данные, полученные с использованием животных, таксономически (и, следовательно, биохимически, физиологически) приближенных к человеку. Вот некоторые критерии пригодности различных видов млекопитающих для биоиндикационных исследований:

- принадлежность к разным звеньям трофической цепи – растительноядным, насекомоядным, хищным млекопитающим;
- оседлость или отсутствие больших миграций;
- высокая эвритопность (таким образом, исключаются эндемичные виды);
- принадлежность к естественным сообществам (синантропные виды неадекватно характеризуют состояние антропогенно измененной среды ввиду своей приспособленности к влиянию деятельности человека);
- высокая численность вида;
- простота учета и добычи животных используемых видов.

**Микроорганизмы** – наиболее чувствительные биоиндикаторы, быстро реагирующие на изменения окружающей среды. Их развитие и активность находятся в прямой связи с составом органических и неорганических веществ в среде, так как, с одной стороны, именно микроорганизмы наиболее чувствительны к воздействию токсикантов даже в малых дозах, с другой – способны разрушать соединения естественного и антропогенного происхождения. На этом основаны принципы биоиндикации с использованием микроорганизмов. Именно микроорганизмы чаще всего применяются в экотоксикологии.

**Растения** в связи с автотрофным характером метаболизма чутко реагируют на загрязненность экосистемы, проявляя высокую чувствительность, особенно к действию газообразных токсикантов, а также тяжелых металлов. Сложность биохимических процессов, наличие пигментов, изменяющих свой химизм в зависимости от изменений окружающей среды, упрощают регистрацию происходящих изменений. В отличие от животных растения, как наземные, так и многие водные, ведут прикрепленный образ жизни, что облегчает задачу учета факторов, действующих на растительный организм, и позволяет широко использовать растения в целях фитоиндикации и контроля загрязненности воздушной среды, почвы и гидросферы.

Выделяют три основных группы морфологических изменений растительного организма, имеющих биоиндикационное значение:

- 1) усиление или торможение нормальных процессов роста (гигантизм и нанизм – карликовость);
- 2) деформация органов – корней, стеблей, листьев, цветков и соцветий, плодов;
- 3) возникновение новообразований (к этой группе аномалий роста относятся также опухоли).

Например, избыток в почве меди вдвое уменьшает размеры калифорнийского мака, повышенное содержание бора в почве приводит к образованию солеросом подушковидных форм (характерно для озера Эльтон), а избыток свинца приводит к карликовости смолевки.

Биоиндикационную значимость имеют следующие деформации растительных организмов:

- фасциация (лентовидное уплощение и сращение стеблей, корней и цветоносов);
- махровость цветков в результате развития тычинок в лепестки;
- пролификация (прораствание цветков и соцветий);
- асцидия (воронковидные, чашевидные и трубчатые листья у растений с пластинчатыми листьями);
- редукция (обратное развитие органов растений, вырождение);
- нитевидность (нитчатая форма листовой пластинки);
- филлодий тычинок (обратное онтогенетическое развитие их в плоское листовидное образование).

Вместе с тем, ввиду автотрофности и прикрепленности большинства растений к субстрату, они являются важной составляющей любого биогеоценоза, максимально подвергающейся воздействию локальных и глобальных загрязнений, что также важно для их успешного применения в биоиндикации.

Важным элементом биомониторинга является **симбиотическая биоиндикация**. Наличие четкой реакции двух организмов-симбионтов можно считать достоверным сигналом изменения окружающей среды. Чаще всего такие организмы являются стенобионтами, расширившими свою экологическую нишу за счет тесного взаимодействия друг с другом. Их высокая чувствительность обуславливает нарушения жизнеспособности организмов уже при малой степени воздействия, а разрушение симбиотических связей приводит к заметной и четко регистрируемой реакции сообщества. Ярким примером использования симбиотических ассоциаций в качестве биоиндикаторов является использование мадрепоровых кораллов (симбиоз водорослей и кишечнорастворимых) в оценке загрязнения океана. Для анализа воздействия на наземные экосистемы используется реакция различных лишайников. Это направление достаточно подробно проработано и получило название **лихеноиндикации**.

#### **Различные уровни биоиндикации.**

Биоиндикация может проводиться на различных уровнях организации живого: макромолекул, клетки, организма, популяции, сообщества и экосистемы.

Биоиндикация на разных уровнях организации жизни:

- 1) клеточный и субклеточный;
- 2) тканевый и организменный;
- 3) популяционно-видовой;
- 4) биоценотический;
- 5) экосистемный;
- 6) биосферный.

Повышение уровня организации биосистем приводит к усложнению их связей с элементами окружающей среды и, соответственно, к усложнению самих биологических систем

Обычно для низшего уровня организации биологических систем характерны прямые специфические виды биоиндикации, описывающие воздействие определенного фактора. На высшем же уровне организации биосистем осуществляется косвенная индикация комплекса воздействий.

Общий или близкий химизм процессов жизнедеятельности биологических систем на разных уровнях организации позволяет предположить сходный биохимический ответ на стрессоры у таксономически близких организмов. На организменном и надорганизменном

уровнях реакции на стресс зачастую видны невооруженным глазом. На клеточном и субклеточном уровнях воздействие стрессоров чаще всего скрыто от наблюдения. Для их обозначения используются понятия «физиологические повреждения», «латентные повреждения», «повреждения тонких структур». Эти повреждения закономерно приводят к макропроявлениям – морфологическим нарушениям, уродствам, изменениям физиологических показателей (снижение продуктивности и др.). Именно биоиндикация на субклеточном уровне является средством ранней диагностики изменений и способом оперативного реагирования на развивающиеся первичные процессы антропогенной контаминации окружающей среды. За химические процессы внутри клетки и за биохимические реакции организма «несут ответственность» ферментные системы, управляющие процессами синтеза белковых макромолекул, преобразования жиров, белков, углеводов, функционирования нуклеиновых кислот. Стрессоры, прежде всего, воздействуют на активность и количество ферментов. Результатом такого воздействия становится изменение количества ферментов, их соотношения и активности. На организменном уровне это проявляется в замедлении либо ускорении синтеза тех или иных веществ, снижении энергетического баланса, изменении определенных показателей (например, температуры тела), трансформации скорости физиологических процессов, ускорении старения организма.

#### **Клеточный уровень.**

1. Химический состав клетки. Большая часть веществ, поглощаемых организмом, включается в метаболизм и преобразуется в биогенные соединения. Однако повышенное содержание загрязнителей приводит к нарушениям гомеостаза. Накопление в клетке веществ-загрязнителей является характерным признаком антропогенного стресса и характеризует качественный состав поллютантов.

2. Состояние органоидов. Важными показателями являются: изменения размеров клетки – увеличение клеток крови, уменьшение клеток эпидермиса листьев; строение и состав клеточной оболочки, выполняющей множество функций; изменение внутриклеточных структур – органоидов и безмембранных элементов клетки; состояние лизосом (рост их численности и активности сигнализирует об усиленном разложении поллютантов и их метаболитов, дальнейший рост численности лизосом ведет к апоптозу – «самоперевариванию» клетки); отложение кристаллических включений в органоидах клетки (в пластидах, вакуолях и др.); плазмолиз – отслаивание плазмы от клеточной стенки.

3. Хромосомные aberrации. Стрессорные воздействия могут непосредственно влиять на генетический аппарат, вызывая нарушения в нуклеотидных последовательностях, уничтожая элементы вторичного и третичного строения хромосом, останавливая процессы репликации или препятствуя естественному процессу клеточного деления (например, многие цитостатики разрушают микрофибриллы веретена деления в метафазе, что приводит к образованию ди- и полиплоидной клеток).

#### **Организменный уровень.**

К биоиндикационным показателям организменного уровня относятся:

- изменение окраски листьев (хлороз, пестролистность, краснолистность) у растений и тела у животных («индустриальный меланизм»);
- трансформация размеров растений, животных, морфологические аномалии, уродства;
- преобразование динамики физиологических процессов (ускорение или замедление роста и полового созревания животных и растений; варьирование интенсивности питания; нарушение дыхательного цикла; изменение плодовитости);

- сдвиг в поведении животных;
- нарушение процессов онтогенеза;
- изменение (преимущественно сокращение) продолжительности жизни.

#### **Популяционный и видовой уровни.**

В индикаторных целях используют такие показатели, как рост и структура популяции (возрастная, половая, генеративная); распределение и обилие особей. Эти показатели и их динамика выражаются чаще всего с помощью показателей численности и биомассы. Внутри природных популяций зачастую просматривается наличие нескольких экотипов – групп особей, приспособленных к разным условиям среды. Экотипы обеспечивают выживаемость популяций в меняющихся условиях. Распространение устойчивых к антропогенным нагрузкам экотипов и элиминация неустойчивых являются важным биоиндикационным признаком возросшей степени антропогенного прессинга в условиях исследуемой экосистемы.

#### **Биоценотический уровень.**

К макробиодиагностическим признакам относятся общая численность, видовое богатство и разнообразие, видовая структура, экологическая структура (спектры жизненных форм, стратегический спектр), динамика этих показателей. Главными тенденциями таких изменений являются упрощение сообществ, выпадение специализированных видов-стенобионтов, преобладание эврибионтов. Изменение стратегического спектра характеризуется рудеральностью и синантропностью.

#### **Экосистемный уровень.**

Изменения в динамике вещества и энергии в экосистеме выражаются в перестройке трофической структуры. Данные изменения крайне разнообразны, зачастую для них характерно упрощение «трофической сети», ослабление вплоть до выпадения одного из блоков обменной модели (продуцентов, консументов или редуцентов) и последующее разрушение экосистемы. Этот процесс проходит несколько стадий сукцессионных изменений, которые сами по себе также являются объектами биоиндикации.

#### **Биосферный уровень.**

На этом уровне комплекс изменений приводит к преобразованию биосферы, обусловленному изменением климата, рельефа, деградацией почв, загрязнением среды и т. д.

Определение видов-биоиндикаторов – особый этап биомониторинга. Выбор основан на результатах многолетних (а часто – многовековых) наблюдений за природой. На основании предварительных предположений принимается решение о проверке сопряженности биоиндикатора и индицируемого признака. Частота положительной реакции в условиях стопроцентной подтвержденности признака характеризует биоиндикационную ценность вида. Так, для выбора растения-биоиндикатора закладывается площадка, на которой индицируемый признак заведомо обнаруживается или искусственно реализуется. Для расчета показателя достоверности берут определенное число эталонных участков (или площадок), где обязательно имеется индикатор. Среди них есть такие, где индикатор встречается вместе с объектом индикации. Процентное соотношение этих участков и участков с индикатором, но без объекта индикации служит количественным показателем достоверности индикатора. Так, если из 100 обследованных участков с обнаружением растения-индикатора неглубокого залегания грунтовых вод вода была найдена только на 95 участках, а на пяти нет, то достоверность индикатора составляет  $95 / 5 = 19$ . Если сопряженность превышает 90 %, а показатель достоверности больше 9, то индикатор считается надежным. Удовлетворительным индикатор будет в том случае, если сопряженность

равна 60–75 %, а показатель достоверности находится в пределе от 3 до 1,5. Сомнительным индикатор считается, когда сопряженность составляет 60 %, а показатель достоверности равен 1,5. Когда сопряженность менее 60 %, а показатель достоверности менее 1,5, индикация невозможна.

Итогом биоиндикационных исследований становится заключение о степени антропогенного воздействия на экосистему и выработка предложений по снижению техногенного прессинга, возмещению нанесенного ущерба и подбору механизмов по контролю процесса восстановления природной среды.

Особым частным разделом биоиндикации является геологическая биоиндикация, или биоиндикация полезных ископаемых, которая исторически послужила «прародителем» экологической природоохранной биоиндикации.

### **Биотестирование.**

Логическим развитием практики биоиндикации, переводом ее в рамки аналитического «лабораторного» эксперимента стало биотестирование. Система приемов биотестирования предполагает использование в контролируемых условиях биологических объектов в качестве средства выявления суммарной токсичности среды. Биотестирование представляет собой методический прием, основанный на оценке действия фактора среды, в том числе и токсического, на организм, его отдельную функцию или систему органов и тканей.

Исторически система биоиндикации развивалась как средство поиска и добычи естественных ресурсов (воды, полезных ископаемых), биотестирование – как способ определения безопасности тех или иных ресурсов и технологий (проверка съедобности неизвестных объектов на животных, на людях – к примеру, шуты, проверявшие блюдо своего господина на предмет наличия яда в Средние века). Отдельные методы биотестирования были предложены в начале XX в. и стали использоваться для оценки токсичности промышленных отходов и степени загрязнения природных экосистем, однако интенсивно биотестирование стало развиваться только во второй половине прошлого века. В Советском Союзе (позже – в России) и ряде ведущих стран мира было разработано большое количество разнообразных биологических методов, контролирующих загрязнение природной среды. В большинстве западных стран биотестирование широко внедряется организациями и ведомствами, осуществляющими охрану и контроль за состоянием окружающей среды. Разработаны стандарты для различных биотестов. Созданы достаточно надежные научно-методические основы для применения биологических методов в практике биомониторинга.

**Биотестирование – процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов.**

Для оценки параметров среды используются стандартизированные реакции живых организмов, отдельных их органов, тканей, клеток или молекул. Существует два основных направления в биотестировании – использование обитателей природной среды и стендовые методы. В организме, обитающем определенное время в условиях загрязнения, происходят изменения систем: физиологических, биохимических, генетических, морфологических или иммунных. Объект извлекается из среды обитания и исследуется в лабораторных условиях. Во втором случае живой организм тестируется в спе-

циальных камерах или на стендах, где создаются условия изучаемого загрязнения. Стендовые методы позволяют выявить и уточнить значимость того или иного компонента воздействия (загрязнителя, параметра), а также его количественного показателя, или комплекса загрязнений.

Биотестирование осуществляется на уровне молекулы, клетки или организма и характеризует возможные последствия загрязнения окружающей среды для биоты, биоиндикация же – на уровне организма, популяции и сообщества и характеризует, как правило, результат загрязнения.

Таким образом, применение методов биотестирования предполагает использование специфических приспособительных реакций организма на биохимическом, клеточном, тканевом и организменном уровнях для выявления степени воздействия условий обследуемого объекта на биотическую составляющую экосистемы. В ходе исследования широко применяются экспериментальные методы, средства химического анализа, микроскопическое и анатомическое исследования тест-объектов, математическая обработка полученных аналитических и статистических результатов.

Методология биотестирования в целом основана на исследовании эффективности механизмов поддержания гомеостаза биосистемы и поиске регистрируемых изменений в работе этих механизмов как сигнализатора степени выраженности неблагоприятных факторов среды. Биотестирование позволяет уловить наличие значимого стрессирующего воздействия раньше, чем многие химико-аналитические методы.

#### **Стратегия выбора универсальных тест-организмов.**

Необходимость разработки универсальной системы тестирования определила потребность в списке простых, легко воспроизводимых методов испытаний, а также в широкой доступности тестовых комплексов, дающих легко унифицируемую реакцию, которая будет «оцифровывать» их. Только такая единая система тестирования обусловит использование результатов мониторинга в производстве и юридической практике, в прогнозировании и проектной деятельности.

Возможность создать универсальный стандарт биопроб, которые позволяют оценить общую токсичность среды, обуславливаются тем, что вследствие влияния различных токсикантов патологическое состояние организма зависит от интенсивности неспецифической реакции на стресс. Стереотипизация этой реакции у достаточно высокоорганизованных животных предопределяет значительное единообразие в их реакции на действия токсинов различной природы, что позволяет оценить общую токсичность среды при помощи универсальных (интегральных) критериев, установленных в соответствии с изменениями различных функций.

Таким образом, методы определения токсичности окружающей среды с помощью биотестирования можно разделить на две группы:

- методы оценки общей токсичности;
- методы отображения загрязняющих веществ, таких как фенолы, тяжелые металлы и т. п.

Методы оценки общей токсичности среды основаны на процессах, характеризующих интенсивность стресс-реакции тест-организмов. В биопробах, предназначенных для установления наличия в экосистемах ксенобиотиков или их комплексов, токсичность целесообразно оценивать по изменению параметров функционирования какого-либо специфически чувствительного к воздействию определяемого токсиканта органа, ткани или системы органов

тест-организма, так называемой мишени или биомаркера. В данном случае в качестве тест-организма может использоваться любой достаточно чувствительный биологический объект, важно только, чтобы реакции «мишени» были легко обнаружимы и не маскировались изменениями, происходящими в других анатомо-физиологических системах организма. Легче всего достичь этого посредством использования в качестве тест-организмов относительно просто организованных организмов, таких как простейшие (инфузории), плоские черви, мшанки и т. п.

Стратегия выбора оптимальных тест-организмов для определения общей токсичности среды должна быть основана на том, что в целом токсичность может быть установлена только в соответствии с изменением функционального состояния организма, которое вызвано взаимодействием его основных анатомических и физиологических систем. Из этого следует, что для определения общей токсичности может быть использован только тест-организм, обладающий теми же основными системами, нарушения функционирования которых могут приводить к развитию стресса, как и у организмов, на которых предполагается распространять результаты тестирования. Например, если вы хотите установить общую токсичность воды питьевого назначения, другими словами, результаты биологических испытаний предполагается распространить на человека и сельскохозяйственных животных, является неуместным использование в качестве тест-организмов таких низкоорганизованных животных, как кишечнополостные, мшанки, черви, также недопустимо использование простейших и бактерий.

Многие позвоночные животные не могут быть оптимальными тест-организмами для оценки общей токсичности лечения, хотя их организация является наиболее близкой к организации высших животных и человека. Причина нежелательности использования позвоночных животных в качестве тест-организмов заключается в том, что в лабораторных условиях у них ярко проявляются стрессовые реакции на проведение манипуляций с ними, что может маскировать ответ на оцениваемые токсические факторы и, следовательно, приведет к снижению точности и достоверности результатов. Прежде всего, это касается рыб, изъятых из природных популяций.

Еще одним важным вопросом, возникающим при разработке методов биотестирования, является выбор оптимальных сроков эксперимента.

Кроме того, необходимо определить наиболее показательные критерии оценки функционального состояния исследуемого организма. При выборе оптимального тест-организма также важно учитывать его чувствительность и устойчивость к токсическим воздействиям окружающей среды. Как известно, чувствительность организма определяется такими минимальными концентрациями токсичных веществ, под воздействием которых могут быть зарегистрированы какие-либо реакции исследуемого организма. Наоборот, толерантность определяется максимальной концентрацией токсикантов, под воздействием которой организм еще может выжить. В совокупности чувствительность и устойчивость исследуемого организма определяют диапазон токсичности, в рамках которого возможна ее оценка.

Выбор тест-организмов может быть удачным только при учете естественной среды обитания вида и является одним из важнейших факторов, которые определяют возможность использования конкретного вида для биотестирования.

Анализ основных закономерностей процесса адаптации живых организмов, физиологических, поведенческих и экологических особенностей гидробионтов дает возможность

сформулировать ряд положений о тест-организмах и тест-операциях, которые могут способствовать разработке стандартизированных универсальных биологических методов для оценки общей токсичности среды. Оптимальные тест-организмы должны удовлетворять следующим требованиям:

1) используемые для тестирования особи должны быть генетически однородными, что обеспечит сходство их чувствительности и сопротивляемости, а также равномерность реакции на воздействия токсических агентов, что гарантирует высокую воспроизводимость результатов тестирования и возможность стандартизации метода;

2) функциональная активность тест-организма не должна быть подвержена сезонной периодичности, что позволит получить сводимые результаты независимо от времени года;

3) виды, которые используются в качестве тест-организмов, должны иметь высокую скорость метаболизма, что обеспечит быстрое проявление их реакции на действие токсикантов и, следовательно, ускорит проведение биотеста;

4) тест-организмы должны проявлять стрессоустойчивость к связанным с процедурой тестирования операциям, то есть их нахождение в экспериментальной камере и необходимые наблюдения и измерения не должны сами по себе вызывать у них четко определенные стрессовые реакции.

Выполнение всех этих требований может быть достигнуто только в случае получения чистой культуры тест-организмов в стандартных, «экологически чистых», оптимальных для данного вида условиях.

При создании чувствительных экспрессных биотестов наиболее перспективным является использование в качестве тест-функций поведенческих реакций животных. Поскольку биотестирование может дать надежные результаты только при учете нескольких независимых факторов (тест-функций), выбранные тест-организмы должны обладать способностью к реализации в условиях эксперимента достаточно широкого набора легко регистрируемых поведенческих реакций.

Практика применения методов биотестирования на промышленных, сельскохозяйственных объектах, в системе городского хозяйства, а также в блоке государственного экологического мониторинга обеспечена теоретическими исследованиями по данной тематике. Перечень утвержденных тестовых организмов и систем, проработанная методология и аппаратное обеспечение позволяют дифференцированно подходить к исследуемым факторам, оперируя набором средств и методик, позволяющих раскрыть степень и пути воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды.

Кроме выбора биотеста, важную роль играет выбор тестовой реакции – изменения параметра организма, который измеряется при тестировании.

Предпочтение отдается более информативным интегральным параметрам, характеризующим общее состояние живой системы соответствующего уровня. Для отдельных организмов к интегральным параметрам обычно относят показатели выживаемости, роста, плодовитости. Физиологические, биохимические, гистологические и прочие параметры относят к частным. Для популяций интегральными параметрами являются численность и продуктивность (биомасса), энергетический баланс, а для экосистем – видовой состав, активность и направленность процессов продукции и деструкции органического вещества.

Рост интегральности показателей обычно повышает близость результатов к экологическим реалиям, но снижает оперативность анализа.

### **Требования к методам биотестирования.**

Для того, чтобы быть пригодными для решения комплекса современных задач, методы биотестирования, используемые для оценки среды, должны соответствовать следующим требованиям:

- использование для оценки любых экологических изменений среды обитания живых организмов;
- способность характеризовать наиболее общие и важные параметры биоты;
- обладание достаточным уровнем чувствительности для выявления даже начальных обратимых экологических изменений;
- адекватность при контакте с любыми видами существ и при испытывании различных воздействий;
- доступность не только для лабораторного моделирования, но также и для научных исследований в природе;
- простота и небольшая стоимость для широкого использования.

Группы методов, характеризующих сходные процессы, происходящие с тест-объектами под влиянием антропогенных факторов, обычно называют подходами. Выделяют биохимический, генетический, морфологический, физиологический, иммунологический, биофизический подходы.

Одним из важнейших требований в оценке среды является чувствительность используемых методов. Нужда в таких методах особенно возросла в тот момент, когда из-за повышенного внимания к природоохранным проблемам в связи с разработкой мер по охране окружающей среды становится необходимым оценивать не только и не столько существенные, как правило, уже необратимые изменения в среде, сколько первоначальные незначительные отклонения, когда еще возможно вернуть систему в прежнее нормальное состояние. Еще одно важное требование выдвигается в отношении универсальности способов физической, химической или биологической оценок воздействия типов экосистем и видов живых существ, по отношению к которым проводится такой анализ. Система должна быть относительно простой и доступной, пригодной для широкого использования. Сейчас ряд современных молекулярно-биологических тестов окружающей среды малоприспособлены для широкого применения ввиду сложности и дороговизны.

Таким образом, сохраняется потребность в выработке комплекса доступных и простых тест-систем, позволяющих оперативно организовывать мониторинг различных сред по интересующим параметрам.

### ***Контрольные вопросы***

1. Чем отличается организм-биоиндикатор от тест-объекта?
2. Что такое тест-функция?
3. Является ли толерантный к воздействию организм устойчивым?
4. В каком сезоне целесообразно проводить биомониторинг загрязненности почв пойменного леса?
5. Кем бы вы предпочли быть – биоиндикационным организмом или тест-объектом? Почему?
6. Может ли *Daphnia magna* быть тест-объектом в ходе мониторинга качества городских почв?
7. Могут ли домовые мыши быть организмами-биоиндикаторами?
8. Понятие импактного мониторинга.
9. Понятие токсичности.
10. Будет ли приемлемым биоиндикатором устойчивый к химическим поллютантам вид?

11. Что такое летальная доза?
12. Что такое кумулятивный эффект и какое значение он имеет для биоиндикации?
13. Генетический подход в биотестировании оценивает:
  - а) частоту и качество физиологических нарушений;
  - б) изменение яркости биолюминесценции;
  - в) степень мутационных изменений;
  - г) изменение содержания в организме специфических стрессорных веществ.

### *Список рекомендуемой литературы*

1. Актуальные проблемы водной токсикологии / под ред. Б. А. Флерова. – Борок, 2004. – 247 с.
2. Андреев, Д. Н. Методы исследования антропогенной трансформации природной среды в лаборатории экологической диагностики / Д. Н. Андреев // Антропогенная трансформация природной среды. – 2014. – № 1. – С. 35–41.
3. Башмаков, Д. И. Биоиндикация и методы биотестирования: методы полевых экологических исследований / Д. И. Башмаков. – Саранск ; Пушта, 2014. – С. 271–323.
4. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / под ред. Р. Шуберта. – М. : Мир, 1988. – 348 с.
5. Биоиндикация: теория, методы, приложения / под ред. Г. С. Розенберга. – Тольятти : Интер-Волга, 1994. – 266 с.
6. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие / под ред. О. П. Мелеховой и Е. И. Егоровой. – М., 2007. – 288 с.
7. Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов / под ред. В. М. Захарова, Д. М. Кларк. – М.: Моск. отд. Междунар. фонда «Биотест», 1993. – 68 с.
8. Влияние промышленных предприятий на окружающую среду / под ред. Д. А. Криволицкого. – М. : Наука, 1987. – 350 с.
9. Егорова, Е. И. Биотестирование и биоиндикация окружающей среды : учеб. пособие по курсу «Биотестирование» / Е. И. Егорова, В. И. Белолипецкая. – Обнинск : ИАТЭ, 2000. – 80 с.
10. Желтов, В. А. Применение метода биотестирования в экотоксикологических исследованиях / В. А. Желтов, Л. А. Сидорова, Т. А. Горюшкина // Ветеринарный врач. – 2007. – № 4. – С. 8–10.
11. Методические указания. МВИ интегрального уровня загрязнения почвы техногенных районов методом биотестирования. РД 52.18.344-98. – М. : Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1993. – 49 с.
12. Методы биотестирования качества водной среды / под ред. О. Ф. Филенко. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – 124 с.
13. Микроорганизмы и охрана почв / под ред. Д. Г. Звягинцева. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 256 с.
14. Плохинский, Н. А. Математические методы в биологии / Н. А. Плохинский. – М. : Изд-во МГУ, 1978. – 265 с.
15. Смурое, А. В. Экологическая диагностика: биологический и информационный аспекты / А. В. Смурое. – М. : Ойкос, 2003. – 123 с.
16. Стрельцов, А. Б. Региональная система биологического мониторинга / А. Б. Стрельцов. – Калуга : Изд-во Калужского ЦНТИ, 2003. – 238 с.
17. Холоимова, А. С. Биологические методы экологической диагностики как эффективный способ оценки качества природной среды / А. С. Холоимова // Вестник Московского университета. Серия 16 Биология. – 2013. – № 4. – С. 33–37.
18. Экологический мониторинг. Методы биомониторинга : в 2 ч. / под ред. Д. Б. Гелашвили. – Нижний Новгород : НН ГУ, 1995. – 272 с.

## 2. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

При оценке антропогенной нагрузки на территорию необходимо учитывать не только общие природные закономерности, но и региональную специфику. Каждая территория представляет собой комплекс из техно-, агро-, урбо и др. систем и соответствующих типов природопользования. Антропогенная нагрузка давно рассматривается как один из ключевых параметров ее состояния, в том числе с точки зрения поддержания экологической устойчивости. При этом состояние окружающей среды является функцией природно-ресурсного потенциала территории, включая его ассимиляционный потенциал, и социально-экономических параметров развития региона (территориально-отраслевая специфика и др.).

Каждый подход к оценке антропогенной нагрузки отличается спецификой учета региональных особенностей развития территориальных систем, природно-экологических условий и факторов социально-экономического развития. Основные различия можно сгруппировать следующим образом:

- выбор основного критерия оценки;
- формирование и подход к расчету коэффициентов, учитывающих региональные особенности;
- степень универсальности подхода к определению нагрузки для разных регионов;
- комплексный (интегральный) характер оценки.

Эффективное территориальное управление тесно связано с определением оптимальных параметров, характеризующих состояние территории. Это может быть реализовано посредством соотнесения оценок текущего состояния исследуемых территориальных систем с параметрами, удовлетворяющими условиям комфортности среды для человека. Выделяются три основных подхода к проведению комплексной оценки состояния территориальных систем:

1. Оценка состояния окружающей природной среды в границах административно-территориального деления (Ф.Н. Мильков, 1973). В этом случае территорию административного или муниципального района (в зависимости от целей исследования) рассматривают как однородную по природным, техногенным и социальным условиям систему. И в рамках этой единицы на основе сопоставления разнообразных характеристик определяют степень хозяйственного освоения антропогенной преобразованности и территории.

2. Оценка состояния окружающей природной среды в границах ландшафтных комплексов различного ранга (Ф.Н. Мильков, 1986) Этот подход в большей степени оперирует природно-экологическими условиями. Его реализация сопряжена с масштабными исследованиями природно-экологических условий территории (ландшафтное картографирование, изучение динамики и эволюции ландшафтов территории), и необходимостью при обработке исходного материала учитывать его соответствие элементам ландшафтной структуры территории.

3. Бассейновый подход, обоснованный и апробированный рядом авторов (Р.Е. Хортон, 1948; Ф.Н. Мильков 1978) его применение к природно-антропогенному районированию, основанному на степени преобразованности геосистем, базируется на возможности выделять природно-антропогенные территориальные системы, в формировании и функционировании которых решающую роль играют приводные факторы. Этот принцип применим ко всем уровням организации территории, и особенно актуален для регионального

(Ю.А. Нестеров и др, 1999). Специфика применения этого подхода к антропогенной нагрузке на территории состоит в невозможности учета воздействия процессов, не совпадающих по направлению с поверхностным стоком. Исследование их вклада в преобразование территории необходимо учитывать другими способами (например, с применением биоиндикаторов).

При оценке экологического состояния территории необходимо принимать во внимание не только природные и ландшафтно-экологические особенности, но и специфику территориально-производственного комплекса, так как он является основным фактором воздействия на природу и качество жизни населения.

Каждый регион отличается своей спецификой организации, а также исторической обусловленностью сформировавшейся структуры хозяйства и отраслевой специализации, природно-ресурсного потенциала, экологической устойчивостью природных систем и т. д. С точки зрения реализации концепции устойчивого развития природно-экологические и социально-экономические параметры развития тесно взаимосвязаны. Поэтому необходима актуализация методического подхода к оценке антропогенной нагрузки, так как это один из ключевых параметров эффективного управления на региональном уровне. Измерение антропогенной нагрузки – необходимый инструмент эффективного развития, поскольку служит основой для принятия управленческих решений, связанных со всеми сферами жизнедеятельности человека и общества, является основой для разработки и осуществления программ социально-экономического развития и планов по реализации природоохранных мероприятий.

Определение экологической нагрузки является неотъемлемой частью экодиагностики и экологической оценки территорий. При этом важное значение имеет возможность отражения количественных характеристик интенсивного антропогенного воздействия на территорию. Хотя термин «антропогенная нагрузка» достаточно широко используется в научной литературе, однозначного его понимания до сих пор не удалось выделить. Одним из наиболее удачных определений термина можно считать взгляды А.Г. Исаченко (2003), который под антропогенной нагрузкой понимает количественную меру воздействия на геосистему или ее компоненты, выраженную в относительных или абсолютных показателях и соотнесенную с периодом стабильного воздействия. При этом нужно четко осознавать, что изменения в состоянии окружающей природной среды не происходят под воздействием какого-либо конкретного фактора. Любое воздействие на окружающую среду носит комплексный характер и, как правило, представлено совокупностью природных и антропогенных факторов, оказывающих разное воздействие одновременно, таким образом обеспечивая некий совокупный эффект. Причем окончательный эффект, являющийся мультипликативным, от влияния совокупности факторов редко проявляется в виде простой суммы воздействий. Факторы, воздействующие на геосистемы, неравноценны по силе, масштабу воздействия, длительности, характеру воздействия. Принято выделять ведущие и сопутствующие группы факторов. В настоящее время остаются актуальными разработки методик оценки антропогенного воздействия. Значительная их часть посвящается поиску количественных показателей отклика природных систем на воздействие того или иного фактора. Однако наибольшее внимание привлекает поиск интегральных характеристик антропогенной нагрузки на территорию, особенно применительно к региональному уровню. Результатами подобных исследований являются различные варианты балльных оценок территории, позволяющих ранжировать ее экологическое состояние. Так, например, А.В. Антипова

(2001) выделяет пять категорий экологического состояния территории, полученных на основе качественной оценки изменения состояния природных, хозяйственных и общественных показателей (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели экологического состояния территорий (по А.В. Антиповой, 2001)**

Категория состояния	Показатели состояния				Меры по улучшению состояния
	природа	хозяйство	общество	здоровье человека	
Условно нормальная	Норма	Норма	Норма	Норма	Не требуются
Напряженная	Деградация отдельных компонентов	Некоторое усложнение деятельности	Начало осознания экологических проблем	Отдельные признаки ухудшения состояния здоровья населения	Стабилизация хозяйственной деятельности и совершенствование системы природопользования
Критическая	Существенная деградация	Существенное снижение эффективности	Признаки социального недовольства	Ухудшение здоровья отдельных групп населения	Структурная перестройка хозяйства и внедрение новых технологий природопользования
Кризисная	Угрожающие процессы деградации	Экономический спад	Социальное недовольство как один из важных факторов общественного развития	Повсеместное ухудшение здоровья населения. Рост детской смертности	Крупные природоохранные инвестиции и значительные затраты на структурную перестройку хозяйства
Катастрофическая	Необратимые процессы деградации	Кризис и остановка производства	Социальное недовольство полностью определяет общественное развитие	Сокращение продолжительности жизни населения, вымирание населения	Изменение основ экономических отношений и приоритетов природопользования, коренная структурная перестройка хозяйства

Таблица 1 демонстрирует, что наиболее острые экологические ситуации и проблемы характерны для территорий, где степень антропогенной нагрузки явно превышает их природные возможности и приводит к глубокой антропогенной трансформации естественных природных систем и их компонентов.

Целесообразно рассмотреть несколько методических подходов интегральной оценки антропогенной нагрузки на природную среду.

Наиболее универсальный характер носит система интегральной оценки в рамках эколого-хозяйственного баланса (ЭХБ) территории, разработанная Б.И. Кочуровым (1999). Суть ЭХБ заключается в совершенствовании структуры землепользования на основе соответствия структурных элементов ландшафта и видов применения земель с ориентацией на постоянное расширение природных систем жизнеобеспечения человека. Особое внимание уделяется повышению устойчивости за счет эффективной управляемости интенсивно используемых чело-

веком ландшафтов, природно-антропогенных систем, в которых оптимизировано сочетание направленности природных и социально-экономических процессов посредством применения экологически приемлемых и природосовместимых технологий. Для определения ЭХБ территории используются следующие критерии: распределение земель по их видам и категориям, площадь природоохранных территорий, площадь земель по видам и степени антропогенной нагрузки, напряженность эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) территории, интегральная антропогенная нагрузка, естественная защищенность и экологический фонд территории.

Анализ антропогенной нагрузки на ландшафты имеет огромное значение при выявлении экологических проблем и поиске оптимальных путей решения. Антропогенная нагрузка на ландшафт оценивается по видам использования земель и характеру заселенности территории через плотность городского и сельского населения. Вид использования земель рассматривается Б.И. Кочуровым как с экологической (техногенное воздействие на природу), так и с природно-хозяйственной точки зрения (сочетание территории и технических систем). Использование земель строится на основе схемы экологического ранжирования отдельных видов территории и акватории. Для территории схема включает 4 крупные категории, различающиеся по характеру и степени антропогенного воздействия: застроенные, возделываемые, используемые в естественном виде и неиспользуемые земли. Для акваторий аналогично выделены следующие категории: производственного использования, водохозяйственные, используемые в естественном виде и неиспользуемые.

Плотность населения рассматривается на 4-х уровнях:

1. Территории с плотностью населения менее 1 чел./км<sup>2</sup> – малоосвоенные земли с большим участием естественных ландшафтов.
2. Плотность 1–200 чел./км<sup>2</sup> – территории со средней интенсивностью использования при преобладании одного вида использования.
3. Плотность 200–1000 чел./км<sup>2</sup> – интенсивно освоенные земли.
4. Плотность 1000 чел./км<sup>2</sup> и более – территории, на которых преобладают застроенные земли.

При оценке антропогенной нагрузки на региональном уровне в зависимости от специфики региона и масштаба исследований может выделяться от 10 и более видов использования земель и аналогичное количество рангов плотности населения.

Для определения степени антропогенной нагрузки земель вводятся экспертные балльные оценки. Каждому виду земель присваивается соответствующий балл, после чего земли объединяются в однородные группы (табл. 2).

Таблица 2

**Классификация земель по степени антропогенной нагрузки (Б.И. Кочуров, 1999)**

Степень антропогенной нагрузки	Балл	Виды и категории земель
Высшая	6	Земли промышленности, транспорта, городов и поселков, инфраструктуры; нарушенные земли
Очень высокая	5	Орошаемые и осушаемые земли
Высокая	4	Пахотные земли; ареалы интенсивных рубок; пастбища и сенокосы, используемые нерационально
Средняя	3	Многолетние насаждения, рекреационные земли
Низкая	2	Сенокосы; леса, используемые ограниченно
Очень низкая	1	Природоохранные и неиспользуемые земли

Данные группировки земель позволяют оценить антропогенную преобразованность территории в сопоставимых показателях. Этими показателями являются коэффициенты абсолютной и относительной напряженности эколого-хозяйственного состояния территории (ЭХС). Они представляют собой отношение площади земель с высокой антропогенной нагрузкой к площади земель с низкой антропогенной нагрузкой.

При значении коэффициента относительной напряженности ЭХС близком или равном 1,0, напряженность ЭХС территории оказывается сбалансированной по степени антропогенной нагрузки и потенциалу устойчивости территории.

Таким образом, оценка антропогенной нагрузки строится на анализе как природных (ландшафтная дифференциация территории, потенциал устойчивости ландшафтов к антропогенным воздействиям), так и антропогенных (вид использования территории и степень антропогенной нагрузки) факторов.

Еще один подход к комплексной оценке антропогенной нагрузки на природно-антропогенные системы основывается на исследовании степени антропогенной трансформации природных геосистем под воздействием хозяйственной деятельности. Интенсивность протекания экологических процессов при характеристике антропогенной нагрузки определяется количественным учетом ряда аспектов: число элементов в системе и связей между ними, число возможных и реализованных состояний элементов, число возможных и реализованных экологических событий, число возможных и реализованных экологических процессов. При оценке антропогенной нагрузки А.В. Антипова (2001) выделяет пять категорий экологического состояния территорий, учитывающих качественное изменение состояния природы, хозяйства, общества и здоровья человека (см. выше: табл. 1). Процесс оценки экологического состояния территории включает в себя несколько этапов. На первом этапе выделяются конкретные пространственные геосистемы на основе естественной гидрографической сети и ландшафтной структуры территории. На втором этапе для выделенных водосборных бассейнов различного ранга проводится оценка антропогенной нагрузки, основанная на учете структуры землепользования. Оценка видов использования земель выражается в виде интегрального показателя нарушенности территории, эффективно отражающем степень преобразования природной основы ландшафта. Выделяется не менее 20 видов использования земель, каждому из которых соответствует ранг нарушенности (от 0 для неиспользуемых земель, включая резервные леса и заповедники, и до 20 – для полигонов промышленных и радиоактивных отходов). В результате в пределах каждой природной территориальной единицы существующие геосистемы разделяются на пять основных типов по степени их антропогенного преобразования с соответствующим значением среднего балла интегрального показателя нарушенности: незначительная (средний балл 0–4,0); слабая (средний балл 4,1–7,0); средняя (средний балл 7,1–10,0); сильная (средний балл 10,1–13,0); очень сильная (средний балл более 13). На третьем этапе для каждой пространственной единицы определяется набор конкретных показателей, которые отражают состояние этой территории по группам изменения компонентов природно-антропогенной системы. Примерами таких групп могут быть: загрязнение атмосферы (химическое, механическое, тепловое, шумовое и др.), деградация естественных кормовых угодий, эрозия почв, деградация лесных массивов, истощение недр, снижение рекреационных свойств ландшафта, радиоактивное загрязнение территории и т. д. Определяясь региональной спецификой, количество таких групп в среднем может достигать 25–30. Такой подход дает возможность выявить наиболее уязвимые к антропогенному воздействию компоненты геосистем. В дальнейшем происходит группировка выявленных от-

клонений от нормы значений по выделенным группам. Эти отклонения фиксируются в виде трех направлений: санитарно-гигиеническое, эколого-ресурсное, ландшафтно-генетическое. Такая группировка проблем в сочетании с оценкой степени изменения природных экологически значимых свойств ландшафта на следующих этапах картографируется и анализируется на предмет определения степени остроты проявления региональной экологической проблематики. Однако представление об уровне антропогенной нагрузки, оцененное только по видам хозяйственного использования земель, не является полным. Необходимо учитывать плотность населения как фактор присутствия человека на конкретной территории. Анализ связи этого показателя и вида использования земель, проведенный на основе картографического материала, по мнению автора, позволит не только делать заключения об уровне общей антропогенной нагрузки на отдельных территориях, но и выделить пространственные ядра экологических ситуаций различной остроты. Итоговые результаты оценки складываются по двум параметрам (см. табл. 3):

1. Виды использования земель, различающиеся по форме и силе антропогенного воздействия на окружающую среду.

2. Плотность населения, проранжированная от территорий пионерного освоения (1 чел./км<sup>2</sup>) до густозаселенных территорий (более 1000 чел./ км<sup>2</sup>).

Общая антропогенная нагрузка определяется как сумма баллов оценки группы использования земель и плотности населения. Экспертным путем устанавливаются семь основных уровней антропогенной нагрузки в баллах: ничтожный – до 2, очень низкий – 2, низкий – 3, средний – 4, высокий – 5, очень высокий – 6, наивысший – 7.

Таблица 3

**Балльная оценка общей антропогенной нагрузки на территорию  
(по А.В. Антиповой, 2001)**

Основные группы использования земель	Баллы нагрузки в зависимости от плотности населения, чел./км <sup>2</sup>			
	менее 1	до 200	200–1000	более 1000
Неиспользуемые земли	0	1	2	3
Земли, используемые как естественные угодья	1	2	3	4
Возделываемые земли	2	3	4	5
Застроенные земли	3	4	5	6
Индустриальные территории	4	5	6	7

Усилия многих исследователей в области разработки методик оценки антропогенного воздействия направлены на поиски интегральных показателей геосистем в ответ на разнообразные воздействия, однако единого, удовлетворительного по всем параметрам, решения пока не найдено.

Более узким является подход к оценке антропогенной нагрузки через определение факторов и механизмов поддержания устойчивости ландшафтов. В его основе лежат представления о природно-антропогенных ландшафтах. Исходя из определения устойчивости как способности оставаться относительно неизменными или меняться в пределах своего структурно-функционального инварианта за период их жизненного цикла или цикла внешнего воздействия. Устойчивость является естественным свойством геосистем и может оцениваться в разных аспектах. На современном этапе наиболее актуальным является изучение устойчивости к антропогенным воздействиям. По отношению к антропо-

генной устойчивости Л.К. Казаков (2004) предлагает рассматривать три основных вида устойчивости геосистем, в основе которых лежат различные механизмы и параметры их функционирования.

Так, одним их основных является инерционная или статическая устойчивость ПТК, которая представлена их неизменностью относительно структурно-функционального инварианта в пределах характерного временного цикла развития. Этот вид устойчивости определяется следующими связями свойств природных комплексов с устойчивостью геосистем к антропогенным нагрузкам:

1. Гравитационный или денудационный потенциал территории – его величина обратно пропорциональна устойчивости геосистем к эрозии, механическим нагрузкам и токсикантам.

2. Уклоны поверхности – также дают обратную зависимость к устойчивости из-за увеличения скорости материальных потоков, однако при уклонах менее  $1^\circ$  устойчивость также уменьшается ввиду снижения способности ландшафтов к самоочищению от загрязнителей.

3. Длина склонов – чем она больше, тем устойчивость ниже.

4. Механический состав почвогрунтов – наиболее устойчивы грунты легкого и среднего механического состава (легкие суглинки и супеси).

5. Климатические характеристики – оптимальная устойчивость характерна для геосистем с гидротермическим коэффициентом и коэффициентом увлажнения, близким к 1.

6. Почвенный покров – мощность гумусового горизонта, содержание и качественный состав гумуса, емкость и насыщенность ППК основаниями способствуют повышению устойчивости ПТК.

7. Биота – наибольшей устойчивостью отличаются модифицированные растительные сообщества в средней высокопродуктивной стадии сукцессии.

В целом наибольшей устойчивостью отличаются ПТК: с повышенным разнообразием и повторяемостью структур; расположенные в ядрах зональной и региональной типичности; преимущественно трансаккумулятивные; с большей масштабностью по площади и веществу; более высоких иерархических уровней.

Второй вид устойчивости геосистем основан на динамических механизмах преодоления кризисных состояний, направленных на стабилизацию ПТК в окружающей среде и их дальнейшее развитие. В отличие от первого вида, в котором основа поддержания устойчивости – инертность, основанная на повышенной устойчивости масштабных по площади или принадлежащих к высоким иерархическим уровням геосистем. Сущность динамических механизмов поддержания устойчивости состоит в различных видах адаптивной изменчивости структуры и функций геосистем, находящихся в состоянии кризиса. Основными критериями поддержания устойчивости будут являться следующие:

– способность разнообразных по структуре геосистем эффективно амортизировать внешние воздействия;

– способность более сложных и разнообразных по структуре геосистем легче перестраиваться и приспосабливаться к изменениям в окружающей среде.

Такие свойства геосистем можно назвать адаптивной пластичностью или эластичностью. Наибольшей адаптивной пластичностью отличаются ПТК следующих типов: экотонные ландшафты, с сильно флуктуирующими режимами функционирования и структурами, с

повышенным разнообразием элементов, активно развивающиеся на средних биопродуктивных стадиях сукцессий.

Еще одним механизмом поддержания устойчивости является способность геосистем к самовосстановлению после нарушений. Результатом является упругая устойчивость геосистем. Она может оцениваться по скорости их самовосстановления (в отличие от инерционной устойчивости, которая оценивается через степень деградации). Такой механизм лучше действует для геосистем с мощными вещественно-энергетическими потоками. Анализ общих механизмов и процессов, определяющих устойчивость геосистем, в целом показывает, что наиболее устойчивыми являются геосистемы, находящиеся на предпоследних, долгопроизводных, высокопродуктивных стадиях восстановительных сукцессий. Они характеризуются высокой инерционной устойчивостью, высоким потенциалом направленного развития, повышенной биопродуктивностью и разнообразием структур. Эти свойства определяют их широкую адаптивную изменчивость и способность сохранять устойчивость даже при интенсивном использовании. Л.К. Казаков (2004) связывает устойчивость ландшафтов к антропогенным нагрузкам с преодолением кризисов в природе и обществе. В частности, в мягком преодолении разномасштабных экологических кризисов состоит суть совместного устойчивого, эволюционного развития общественных и природных систем.

Существует целый спектр методик по оценке антропогенной нагрузки в зависимости от преобладающего типа природопользования: для районов интенсивного промышленного освоения приоритетными являются методики оценки техногенной нагрузки; для районов сельскохозяйственного освоения имеет значение степень преобразованности первичных геосистем территории под влиянием сельскохозяйственного производства; для крупных городов или районов интенсивной освоенности на первое место выходит оценка антропогенной нагрузки в условиях урбанистических систем; для районов с развитой рекреационной инфраструктурой приоритетным направлением является определение рекреационной нагрузки и ее соответствие рекреационному потенциалу территории.

С точки зрения специфики хозяйственного воздействия на природные системы важное значение имеет регулирование нагрузок на ландшафты различных отраслей хозяйства, включая планирование и оптимизацию в территориальном аспекте. В частности, отдельного внимания заслуживают подходы к оценке антропогенной нагрузки на агроландшафты.

В качестве основы для оптимизации степного природопользования А.А. Чибилев (1992) рассматривает установление предельных экологических параметров, которые определяют стабильность, устойчивость агроландшафта. К числу наиболее важных параметров для оценки антропогенной нагрузки на степные геосистемы он относит коэффициент распаханности и соотношение различных видов земельных угодий, физическую и биологическую нагрузки скота на единицу площади, техногенную нагрузку, коэффициент лесистости, степень отрегулированности поверхностного стока и индекс экологического разнообразия.

Многие ученые (П.С. Русинов и др., 2006; А.Г. Исаченко, 1991; Б.И. Кочуров, 1994) считают основой комплексной оценки сельскохозяйственных природно-технических систем представления о природном потенциале ландшафта. Согласно перечисленным авторам природный потенциал ландшафта представляет собой сумму ресурсного и экологического потенциалов, а также потенциалов устойчивости. Для определения

каждого слагаемого природного потенциала с учетом региональных особенностей необходимо выделять корректный перечень показателей и факторов. Анализ регионального опыта проведения подобных оценок предполагает для характеристики сельскохозяйственных территорий привлечение следующих природных показателей: геоморфологические условия, характер рельефообразующих пород, водный режим территории, свойства почвенного покрова. Также важны следующие антропогенные факторы: использование земельных угодий в хозяйственной деятельности, деятельность промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

Кроме того, необходимым качественным показателем оценки должно быть рассмотрение всех указанных параметров и факторов во временной и пространственной динамиках и с учетом основных тенденций развития природных и антропогенных процессов на исследуемой территории. Авторы выделили спектр ключевых параметров оценки устойчивости природно-технических систем, характеризующих все слагаемые природного потенциала территории (табл. 4).

Таблица 4

**Факторы, характеризующие потенциал устойчивости агропромышленного ландшафта (П.С. Русинов и др., 2006)**

№ п/п	Наименование фактора	Единица измерения
<b>Показатели, характеризующие потенциал устойчивости</b>		
1	Структура почвенного покрова	т/га
2	Устойчивость почв к органическим загрязнителям	%
3	Устойчивость почв к неорганическим загрязнителям	%
4	Глубина местного базиса эрозии	м
5	Степень разнообразия ландшафта	км/кв <sup>2</sup>
6	Удельная протяженность лесных полос	м/га
<b>Показатели, характеризующие природно-ресурсный потенциал</b>		
7	Климатическая норма почвообразования	т/га
8	Содержание гумуса в пахотном горизонте	%
9	Угол наклона поверхности	°
10	Уровень грунтовых вод	м
11	Распаханность	%
<b>Показатели, характеризующие экологический потенциал</b>		
12	Лесистость территории	%
13	Освоенность территории	%
14	Напряженность рельефа	%
15	Влияние на окружающую среду источников загрязнения	%
16	Расчлененность территории	км/кв <sup>2</sup>

Специфика оценки хозяйственного воздействия для регионов с интенсивным исторически сложившимся сельскохозяйственным освоением заключается в сочетании определения выделенных параметров с детальной характеристикой ландшафтной структуры территории. Такой совмещенный анализ является основой для последующей разработки проектов планирования и оптимизации эффективного землепользования.

Концепция сбалансированного агроландшафта положена в основу подхода к оценке устойчивости агросистем, разработанного коллективом авторов ГНУ Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН (Н.П. Масютенко, Н.А. Чуян, Г.И. Ба-

хирев, А.В. Кузнецов и др., 2013). Предложенный авторами подход опирается на понимание экологической устойчивости в природопользовании и экологии (Н.Ф. Реймерс, 1990), а также на концепцию восстановительной способности, устойчивости и резистентности экосистем (В.А. Черников, 2000; E. Malezieux, 2012). Данный подход тесно перекликается с представлениями об устойчивых агроландшафтах (М.И. Лопырев, 2005). Так, агроландшафт можно считать экологически устойчивым в случае, если в нем обеспечивается высокий уровень продуктивности и сохранности естественного плодородия почв при интенсивном использовании в системе земледелия. Чтобы определить качество устойчивости агроландшафта, М.И. Лопырев предлагает сначала провести мониторинг почвенного плодородия за несколько лет, а затем оценить состояние агроэкосистем по шкале, приведенной в таблице 5.

Таблица 5

### Шкала оценки состояния устойчивости агроэкосистем

Относительная скорость изменения экологической устойчивости за год, %	Состояние устойчивости агроэкосистемы
Более 0,5	Высокоустойчивая
0–0,5	Устойчивая
–0,2–0	Порогоустойчивая
–0,5 – –0,2	Неустойчивая
–2,0 – –0,5	Разрушающаяся
Менее –2,0	Сильно разрушающаяся

В систему оценки устойчивости агроландшафта М.И. Лопырев включает 9 факторов, среди которых считаются приоритетными: структура угодий, тип использования пашни, продуктивность угодий, запасы гумуса в почве. Разработанная система оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов состоит из трех подсистем, каждая из которых включает совокупность показателей:

- система общей оценки устойчивости агроландшафта (коэффициент экологической стабильности ландшафта, индекс сбалансированности агроландшафта, фактор стабилизации агроландшафта, соответствие технологической нагрузке и экологической емкости агроландшафта);

- система оценки устойчивости почвы как организующего компонента агроландшафта (показатель устойчивости плодородия почвы, показатель устойчивости органического вещества почвы, интегральный показатель экологической устойчивости почвы, почвенно-экологический индекс, эрозионная устойчивость агроландшафта);

- система оценки агрономической (производительной) устойчивости агроландшафта (продуктивность сельскохозяйственных культур, варьирование продуктивности сельскохозяйственных культур во времени, объем отчуждения биомассы с урожаем).

Среди параметров и условий устойчивости системы присутствуют такие расчетные и собственные единицы как: площади угодий; природная продуктивность пашни; неоднородность почвенного покрова (ПП) и ландшафтных условий (ЛУ) производства; запасы продуктивной влаги ( $W$ ); суммарная радиация ( $Q$ ); сумма активных температур ( $T$ ); содержание  $NPК$  в почве; актуальная кислотность (рН); мощность гумусового слоя (ГС); содержание гумуса ( $G$ ); продолжительность вегетационного периода ( $L$ ); экологическая емкость агроландшафта (ЭкЕа), индекс сбалансированности агроландшафта (Иса) (табл. 6).

## Информационная матрица оценки устойчивости агроландшафта (2013)

Вид устойчивости	Таксономические признаки	Классификационные признаки		
		Класс качества	Параметр, условие	Класс устойчивости
Равновесие	Равенство площадей, стабилизирующих и дестабилизирующих среду объектов	Культурный, мелиорируемый, акультурный	$Ica > 1$ $Ica = 1$ $Ica < 1$	Устойчивый, порогоустойчивый, неустойчивый
	Пашня, районированная по природной продуктивности	Высокопродуктивный, среднепродуктивный, малопродуктивный	Урожайность основной культуры, ц/га	Устойчивый, порогоустойчивый, неустойчивый
	Организация агросистем по степени сложности ПП и ЛУ	Однородный, средней сложности, повышенной сложности	$< 10\%$ $10-25\%$ $25-50\%$	Устойчивый, порогоустойчивый, неустойчивый
	Подбор и размещение культур соответственно их требованиям к ЛУ	Адаптивный, почвозащитный, уравнильный	$W, Q, T, NPK, pH, GC, G, L$	Устойчивый, порогоустойчивый, неустойчивый
Гомеостазис	Планирование эффективной урожайности и технологических нагрузок	Расчетная по ЭкЕа, расчетная по выносу, назначенная	Содержание $NPK$ , зональная норма	Устойчивый, порогоустойчивый, неустойчивый
Стационарный режим	Поддержание равновесия в подсистемах «фотосинтез-разложение + отчуждение», «гумификация-дегумификация», «эрозия-почвообразование»	Гармоничный, конструктивный, деструктивный	Баланс за вегетационный или ротационный период	Устойчивый, порогоустойчивый, неустойчивый

Разработанная система применима не только для оценки устойчивости фактического агроландшафта, но и для проектов землеустройства и систем земледелия. В таксономический ряд оценки включены главные критерии адаптивного и эколого-экономического подхода в разработке устойчивых и высокопродуктивных агроландшафтов: оптимизация и районирование по природной продуктивности пашни; организация агроэкосистем по принципу однородности условий производства, адаптивное размещение культур и севооборотов к ландшафтным ресурсам земледелия; сбалансированность энергетических потоков; планирование урожайности и соответствующих нагрузок с учетом экологической емкости элементарных агроэкосистем.

Оценка экологического состояния урбанизированных территорий ведется по двум главным направлениям исследования – оценка состояния природных компонентов в городской среде и оценка комфортности условий или качества городской среды для проживания населения. Для проведения этих оценок в настоящее время используется множество различных подходов. Их многообразие сводится к следующим формам:

1. Оценка состояния окружающей среды по отдельным показателям.
2. Комплексная (интегральная) оценка состояния окружающей среды.

Наиболее часто используемыми показателями качества окружающей среды при исследовании урбанизированных территорий являются состояние атмосферного воздуха, водных объектов, почвенного покрова, зеленых насаждений; уровень шумового, вибрационного воздействия, электромагнитного и ионизирующего излучения; объем накопления ТБО; температуры и направления трансформации рельефа; проявление опасных геологических и гидрогеологических процессов – карста, суффозии, оползней, эрозии, оврагообразования, подтопления, заболачивания и т. д.

Уровень загрязнения атмосферы в городах формируется под влиянием антропогенных и естественных факторов. К антропогенным факторам относят поступление загрязняющих веществ от различных источников, расположенных на городской территории и вносящих разный вклад в суммарный объем выбросов в атмосферу, – наибольший объем выбросов приходится на автотранспорт (свыше 60 %), а доля промышленных предприятий составляет 40 %.

К естественным факторам, определяющим уровень загрязнения атмосферы, относят рельеф территории и метеорологические условия (скорость и направление ветра, интенсивность солнечной радиации, вертикальное распределение температуры, количество и интенсивность выпадения осадков, повторяемость туманов), оказывающие влияние на перенос и рассеивание загрязняющих веществ от источников загрязнения.

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в городах ведутся на стационарных, маршрутных и передвижных (подфакельных) постах. Стационарные посты обеспечивают непрерывный контроль уровня загрязняющих веществ в атмосфере. Маршрутные посты предназначены для регулярного отбора проб воздуха на участках городских территорий, где установка стационарных постов является невозможной или нецелесообразной. Передвижные посты устанавливаются под факелами выброса промышленных предприятий.

Правила организации наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах и населенных пунктах изложены в ГОСТе 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов» и в «РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы». Расчет концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, проводится в соответствии с действующей в РФ методикой ОНД 86.

Оценка уровня загрязнения атмосферы автотранспортом строится на основе данных об интенсивности транспортных потоков на городских магистралях с учетом категорий транспортных средств. Руководящим документом для проведения подобной оценки является принятая в РФ «Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов», устанавливающая порядок расчета и определения выбросов автотранспорта. Она позволяет произвести расчет выбросов для следующих вредных веществ, поступающих в атмосферу с выхлопными газами автомобилей: оксид углерода (СО), оксиды азота  $\text{NO}_x$  (в пересчете на диоксид азота), углеводороды (СН), сажа, диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ), соединения свинца, формальдегид, бенз(а)пирен.

Исследования загрязнения атмосферы автотранспортом, основанные на применении этой методики, выполнены для ряда городов России. Так, оценка загрязнения воздушной среды г. Иркутска автотранспортом проведена А.В. Аргучинцевой, В.К. Аргучинцевым, С.А. Новиковой (2013), г. Калининграда – И.Д. Воробьевой, Л.Н. Скрыпник (2016), г. Казани – А.Р. Магдеевой, А.Р. Шагидуллиной, А.Ф. Гилязовой, Г.Ф. Амиряновой, Р.Р. Шигидуллиным (2016).

Для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха городов согласно РД 52.04.667-2005 используются следующие показатели:

1. Повторяемость (в %) разовых концентраций примеси в атмосфере выше предельно допустимой концентрации (ПДК) данной примеси ( $g$ ).
2. Повторяемость (в %) разовых концентраций примеси в атмосфере выше 5 ПДК ( $g1$ ).
3. Количество дней с концентрациями примесей в атмосфере, превышающими 10 ПДК.
4. **Стандартный индекс (СИ)** – наибольшая измеренная разовая концентрация примеси, деленная на ПДК. Он формируется из данных измерений на посту за одной примесью, или на всех постах за одной примесью, или на всех постах за всеми примесями за месяц или за год и характеризует степень кратковременного загрязнения.
5. **Наибольшая повторяемость превышения ПДК (НП)** – наибольшая повторяемость превышения максимально разовой ПДК (в %) по данным измерений на посту за одной примесью, или на всех постах за одной примесью, или на всех постах за всеми примесями за месяц или за год.

Для суммарной оценки уровня загрязнения атмосферы используется **индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)**. Этот индекс учитывает несколько среднегодовых концентраций примесей, поэтому характеризует длительный уровень загрязнения атмосферы. ИЗА рассчитывается по формуле:

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^m \frac{C_i \times K_i}{\text{ПДК}_{\text{с.с.}i}},$$

где  $C_i$  – среднегодовая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества;  $\text{ПДК}_{\text{с.с.}i}$  – его среднесуточная предельно допустимая концентрация;  $K_i$  – безразмерный коэффициент, необходимый для приведения степени загрязнения воздуха  $i$ -м веществом к степени загрязнения воздуха оксидом серы. Значения  $K_i$  принимаются равными 0,85; 1,0; 1,3; 1,5 для концентраций веществ 4, 3, 2, 1 классов опасности соответственно.

В России расчет значений ИЗА принято проводить по 5 приоритетным загрязняющим веществам. Для большинства регионов страны к ним относят: взвешенные вещества, оксиды азота, оксид серы (IV), бенз(а)пирен, озон, формальдегид, фенолы, свинец и др. (В.А. Хомич, 2002).

Согласно значениям СИ, НП, ИЗА принято различать несколько степеней загрязнения атмосферного воздуха (табл. 7).

Таблица 7

**Оценки степени загрязнения атмосферы (РД 52.04.667-2005)**

Степень		ИЗА	СИ	НП
Градации	Загрязнение атмосферы			
I	Низкое	от 0 до 4	от 0 до 1	0
II	Повышенное	от 5 до 6	от 2 до 4	от 1 до 19
III	Высокое	от 7 до 13	от 5 до 10	от 20 до 49
IV	Очень высокое	$\geq 14$	$> 10$	$> 50$

Состояние городских водных объектов непосредственного влияния на комфортность условий проживания населения не оказывает. Вместе с тем является существенным фактором в случае использования этих объектов в качестве источников питьевого водоснабжения населения. В этом случае оценка качества воды проводится по гидрологическим, гидрохими-

ческим, органолептическим и микробиологическим показателям в соответствии с ГОСТ 3351-74, ГОСТ 17.1.3.07-82, СанПиН 2.1.4.1074-01.

Городские почвы аккумулируют в себе множество поллютантов, поступающих от различных источников загрязнения окружающей среды, и выступают наиболее консервативной депонирующей средой, так как сохраняют длительное время повышенные концентрации химических элементов. Опасность загрязнения почв определяется уровнем ее возможного отрицательного влияния на контактирующие среды (вода, воздух), пищевые продукты и (прямо или опосредованно) на человека, а также на биологическую активность почвы и процессы самоочищения.

Результаты обследования почв учитывают при определении и прогнозе степени их опасности для здоровья и условий проживания людей в населенных пунктах, разработке мероприятий по их рекультивации, профилактике инфекционной и неинфекционной заболеваемости, схемах планировки, технических решениях по реабилитации и охране водосборных территорий, решении очередности санационных мероприятий в рамках комплексных природоохранных программ и оценке эффективности реабилитационных и санитарно-экологических мероприятий и текущего санитарного контроля за объектами прямо или косвенно воздействующими на окружающую среду населенного пункта (МУ 2.1.7.730-99).

Основным показателем химического загрязнения почв является ПДК или ориентировочно-допустимая концентрация (ОДК) химических веществ в почве. При этом приоритетность компонентов загрязнения согласно СанПиН 2.1.7.1287-03 определяется в зависимости от класса опасности загрязняющих веществ (табл. 8).

Таблица 8

**Классы опасности химических загрязняющих веществ (СанПиН 2.1.7.1287-03)**

Классы опасности	Химическое загрязняющее вещество
1	Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, цинк, фтор, 3,4-бенз(а)пирен
2	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
3	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон

Показателями уровня химического загрязнения почв являются:

1. **Коэффициент концентрации химического вещества (K)**, рассчитываемый как отношение фактического содержания определяемого вещества в почве (C) в мг/кг почвы к региональному фоновому (Cф):

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\phi_i}}$$

2. **Суммарный показатель загрязнения (Zc)**, равный сумме коэффициентов концентраций химических элементов-загрязнителей:

$$Z_c = \sum (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1),$$

где n – число определяемых суммируемых вещества; K<sub>ci</sub> – коэффициент концентрации i-го компонента загрязнения.

Санитарно-химическим показателем санитарного состояния почв является **санитарное число (С)**, рассчитываемое как отношение количества «почвенного белкового (гумусного) азота» (А) в мг на 100 г абсолютно сухой почвы к количеству «органического азота» (В) в мг на 100 г абсолютно сухой почвы:

$$C = \frac{A}{B}$$

Требования к качеству почв по химическим и эпидемиологическим показателям представлены в таблице 9.

Таблица 9

**Оценка степени химического загрязнения почвы (СанПиН 2.1.7.1287-03)**

Категории загрязнения	Санитарное число Хлебникова	Суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ )	Содержание в почве (мг/кг)					
			I класс опасности		II класс опасности		III класс опасности	
			Органические соединения	Неорганические соединения	Органические соединения	Неорганические соединения	Органические соединения	Неорганические соединения
Чистая *	0,98 и >	–	От фона до ПДК	от фона до ПДК	От фона до ПДК	От фона до ПДК	От фона до ПДК	От фона до ПДК
Допустимая	0,98 и >	< 16	от 1 до 2 ПДК	от 2 фоновых значений до ПДК	От 1 до 2 ПДК	От 2 фоновых значений до ПДК	От 1 до 2 ПДК	От 2 фоновых значений до ПДК
Умеренно опасная	0,85–0,98	16–32	–	–	–	–	От 2 до 5 ПДК	От ПДК до $K_{max}$
Опасная	0,7–0,85	32–128	От 2 до 5 ПДК	от ПДК до $K_{max}$	От 2 до 5 ПДК	От ПДК до $K_{max}$	> 5 ПДК	> $K_{max}$
Чрезвычайно опасная	< 0,7	> 128	> 5 ПДК	> $K_{max}$	> 5 ПДК	> $K_{max}$	–	–

*Примечание.*  $K_{max}$  – максимальное значение допустимого уровня содержания элемента по одному из четырех показателей вредности; \* – категория загрязнения относится к объектам повышенного риска;  $Z_c$  – расчет проводится в соответствии с методическими указаниями по гигиенической оценке качества почвы населенных мест.

Оценка степени биологического загрязнения почв проводится по комплексу санитарно-бактериологических, санитарно-паразитологических и санитарно-энтомологических показателей по «МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Методические указания».

Пробоотбор почв для контроля их загрязнения проводится в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84.

Важным индикатором, также используемым в практике оценки экологического состояния городской среды при исследовании загрязнения почв, является снег, равно как и лед различного происхождения. Уникальные индикационные свойства этих гляциальных образований содержат важную информацию о составе загрязняющих веществ, времени их залпового или систематического выброса, направлениях миграции, процессах преобразования загрязнителей и многое другое.

Существенный вклад в ухудшение качества городской среды вносят накопленные на несанкционированных свалках отходы потребления. Они не только отчуждают большие площади городских территорий, но и загрязняют окружающую среду, представляя угрозу для здоровья населения. Частые и неконтролируемые возгорания «стихийных» свалок при-

водят к поступлению в атмосферу различных токсичных веществ – продуктов горения твердых бытовых отходов, среди этих веществ особо опасны обладающие канцерогенным эффектом тяжелые металлы. Из-за отсутствия гидроизоляции отходов почвы и подземные воды загрязняются образующимся фильтратом. Свалки резко ухудшают и санитарную обстановку городских территорий, так как представляют собой прекрасную среду обитания для переносчиков инфекционных заболеваний – патогенной микрофлоры и гельминтофауны. Кроме того, наличие свалок существенно снижает привлекательность городской среды.

Рельеф территории оказывает существенную роль на комфортность проживания в городе. Антропогенная трансформация рельефа оценивается по нескольким параметрам: морфометрическим показателям, мощности и распространению техногенных образований, глубине расчленения и рисунку речной сети.

Оценка состояния городских зеленых насаждений может проводиться как по показателям уровня обеспеченности зелеными насаждениями (в м<sup>2</sup>), приходящимися на одного горожанина, так и по качественным характеристикам (видовой состав, фитопатологическое состояние) фактического состояния городских объектов озеленения.

Уровень озелененности территории определяется по обеспеченности насаждениями общего пользования (это зеленые насаждения в парках культуры и отдыха, лесопарках, городских садах, скверах, на бульварах). Данный показатель нормативно закреплён для городов в зависимости от числа жителей в них проживающих, а также климатических условий места расположения. Площадь озелененных территорий общего пользования (в м<sup>2</sup>) в расчете на одного человека определены СНиПом 2.07.01-89\* (табл. 10). Для городов-миллионеров норматив обеспеченности зелеными насаждениями составляет 25 м<sup>2</sup> на человека.

Таблица 10

**Площадь озелененных территорий, м<sup>2</sup>/чел. (СНиП 2.07.01-89\*)**

Озелененные территории общего пользования	Крупнейших, крупных и больших городов	Средних городов	Малых городов
Общегородские	10	7	8 (10)*
Жилых районов	6	6	–

*Примечания.* \* В скобках приведены размеры для малых городов с численностью населения до 20 тыс. чел.; 1) для городов-курортов приведенные нормы общегородских озелененных территорий общего пользования следует увеличивать, но не более чем на 50 %; 2) площадь озелененных территорий общего пользования в поселениях допускается уменьшать для тундры и лесотундры до 2 м<sup>2</sup>/чел.; полупустыни и пустыни – на 20–30 %; увеличивать для степи и лесостепи на 10–20 %; 3) в средних, малых городах и сельских поселениях, расположенных в окружении лесов, в прибрежных зонах крупных рек и водоемов площадь озелененных территорий общего пользования допускается уменьшать, но не более чем на 20 %.

Особые требования предъявляются и к параметрическим воздействиям – шуму, вибрации, электромагнитному и радиационному излучению. Воздействия шума нормируются СНиПом 23-03-2003 «Защита от шума», вибрации – санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий», электромагнитные воздействия – СанПиНом 2971-84 «Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» и СанПиНом 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих

радиотехнических объектов», уровни безопасного радиационного воздействия для населения закреплены в СанПиНе 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы».

Большую роль в оценке экологического состояния городской среды, особенно при исследовании площадных объектов, играют данные дистанционного зондирования Земли, полученные с помощью аэросъемки, различных космических съемочных систем и спутников (например, Landsat, Spot, QuickBird, Terra, Ресурс-П и др.). Аэрофотоснимки и космоснимки отличаются между собой по уровню генерализации и пространственного разрешения. Аэрофотосъемка с использованием пилотируемых и беспилотных аппаратов позволяет получить снимки высокого разрешения (до нескольких сантиметров). В результате дешифрирования снимков и обработки данных с помощью специального программного обеспечения (например, ScanEx IMAGE Processor, ERDAS IMAGINE, ENVI, ArcGIS, ГИС «ПАНОРАМА» и др.) можно выявить:

1. Территориальный рост города в пространственно-временном аспекте.
2. Структуру городского землепользования и площади, занимаемые различными функциональными зонами города.
3. Площади, занимаемые различными типами городских зеленых насаждений (общего и ограниченного пользования, специального назначения).
4. Характер рельефа.
5. Участки с проявлением неблагоприятных геологических процессов – подтопления, заболачивания, эрозии, оползней и т. д.
6. Дальность распространения загрязняющих веществ от промышленных предприятий, объектов энергетики, транспорта; форму и площадь формируемых ореолов загрязнения атмосферного воздуха и почв.
7. Нелегальные свалки мусора, в том числе стихийные, большое количество отходов, приблизительный объем накопленных отходов, площадь захоронений отходов, внутреннюю структуру объектов размещения отходов, состояние отдельных участков (карт) полигонов, территорию рассеивания шлейфа дыма при крупном пожаре и самовозгораниях отходов.
8. Места несанкционированного сброса промышленных и коммунально-бытовых сточных вод.
9. Суточную динамику теплового поля города, площадь «острова тепла», городских тепловых аномалий и другие показатели.

Оценить совокупное влияние множества факторов, вносящих разный вклад в формирование экологической обстановки на городской территории, позволяет комплексная (интегральная) оценка. Такая оценка проводится на основе сочетания разных параметров состояния окружающей среды на конкретной территории, причем комбинации выбранных для оценки параметров отличаются в зависимости от цели исследования. Например, для оценки экологического состояния города Могилева (Беларусь) В.А. Рыбак (2015) применил методику интегральной оценки, основанную на показателях состояния/наличия: атмосферного воздуха, почвенного покрова, водных ресурсов, зеленых насаждений, уровня шума и вибрации, ионизирующего излучения и объема отходов. Другой набор показателей был использован О.А. Савватеевой, И.З. Каманиной, К.В. Мироновой (2015) при оценке экологического состояния окружающей среды г. Кашина Тверской области – оценка проводилась на основе данных о транспортной нагрузке, содержании тяжелых металлов в почве и растительности, а также результатов биоиндикации.

Интегральная оценка позволяет сделать вывод о степени благополучия городской территории для проживания населения, а также типизировать городские микрорайоны по преобладающему сочетанию экологических проблем.

Для проведения комплексной оценки экологического состояния городских территорий, как правило, используются балльные (экспертные) шкалы. При их построении для каждого из исследуемых показателей экологического состояния городской среды разрабатывается система оценок с присвоением балла в зависимости от значения показателя. Затем производится суммирование оценочных баллов, полученных по каждому показателю, и делится на их число. Полученный балл отражает экологическую ситуацию города. Как правило, используются такие категории состояния, как «неудовлетворительная», «удовлетворительная», «благоприятная», «дискомфортная», «напряженная», «критическая». При этом чем меньше балл, тем более неблагоприятной является экологическая ситуация.

Наиболее эффективным способом визуализации данных, полученных в результате проведенных покомпонентных и комплексных оценок экологического состояния городов, является создание цифровых карт урбанизированных территорий и классических двумерных и современных трехмерных (3D) геоинформационных моделей с помощью ГИС-технологий.

### ***Контрольные вопросы***

1. Охарактеризуйте основные подходы к проведению комплексной оценки состояния территориальных систем.
2. Охарактеризуйте антропогенную (экологическую) нагрузку как неотъемлемую часть экодиагностики и экологической оценки территорий.
3. Перечислите показатели экологического состояния территорий, отразите их специфику.
4. Система интегральной оценки Б.И. Кочурова. Концепция эколого-хозяйственного баланса (ЭХБ) территории.
5. Комплексная оценка степени трансформации природных геосистем под воздействием хозяйственной деятельности А.В. Антиповой.
6. Подход к оценке антропогенной нагрузки через определение факторов и механизмов поддержания устойчивости ландшафтов Л.К. Казакова.
7. Охарактеризуйте виды устойчивости геосистем по отношению к антропогенной нагрузке.
8. Приведите примеры методик по оценке антропогенной нагрузки в зависимости от преобладающего типа природопользования.
9. Укажите специфику различных подходов к оценке антропогенной нагрузки на агроландшафты.
10. Сформулируйте особенности оценки экологического состояния для городских систем.
11. Охарактеризуйте факторы, влияющие на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере городов.
12. Назовите показатели, используемые для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха городов и поясните особенности их расчета.
13. Перечислите нормативные документы, регламентирующие процедуру и правила проведения оценки уровня загрязнения атмосферы и оценки качества воды в источниках питьевого водоснабжения городов.
14. Назовите основные показатели химического, санитарно-химического и биологического загрязнений почв и поясните особенности их расчета.
15. Охарактеризуйте требования, которые предъявляются к качеству почв по химическим и эпидемиологическим показателям.
16. Укажите нормативные документы, которыми необходимо руководствоваться при пробоотборе почв для контроля их загрязнения.

17. Назовите показатели, используемые для оценки степени антропогенной трансформации рельефа в городах.
18. Поясните, по каким показателям проводится оценка состояния городских зеленых насаждений.
19. Какие требования предъявляются к параметрическим воздействиям на урбанизированных территориях?
20. Какие данные об экологическом состоянии городских территорий можно получить при дешифрировании аэро- и космоснимков?

### *Список рекомендуемой литературы*

1. Алексеев, В. Р. Снежный покров как индикатор кумулятивного загрязнения земель / В. Р. Алексеев // Лед и Снег. – 2013. – № 1 (121). – С. 127–140.
2. Анализ структуры выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта на территории г. Казани / А. Р. Магеева, А. Р. Шагидуллина, А. Ф. Гилязова [и др.] // Российский журнал прикладной экологии. – 2016. – № 1 (5). – С. 33–37.
3. Аникина, Н. В. Антропогенная трансформация рельефа городской территории (на примере центра Москвы) / Н. В. Аникина // Ярославский педагогический вестник. – 2013. – Т. III : Естественные науки, № 4. – С. 254–257.
4. Антипова, А. В. Географическое изучение использования территории при выявлении и прогнозировании экологических проблем / А. В. Антипова // География и природные ресурсы. – 1994. – № 3. – С. 24–27.
5. Антипова, А. В. География России. Эколого-географический анализ территории / А. В. Антипова – М. : МНЭПУ, 2001. – 186 с.
6. Аргучинцева, А. В. Оценка загрязнения воздушной среды г. Иркутска автотранспортом / А. В. Аргучинцева, В. К. Аргучинцев, С. А. Новикова // Известия Иркутского государственного университета. – 2013. – Т. 6, № 2. – С. 47–56.
7. Бахирев, Г. И. Ресурс пашни в экологически сбалансированном агроландшафте // Сб. информ.-технол. обеспечение АЛСЗ / Г. И. Бахирев. – Курск : ЮМЕКС, 2012. – 94 с.
8. Воробьева, И. Д. Применение геоинформационных систем для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта в городе Калининграде / И. Д. Воробьева, Л. Н. Скрыпник // Научные исследования: от теории к практике. – 2016. – № 2-2 (8). – С. 71–73.
9. Гарифзянов, Р. Д. Идентификация и оценка экологического состояния территорий размещения отходов методом дешифрирования космических снимков / Р. Д. Гарифзянов, Г. М. Батраков // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. – 2014. – № 3. – С. 86–95.
10. ГОСТ 3351-74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности от 24.05.1974 № 1309 : (ред. 22.05.2013). – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=165470> (дата обращения: 27.10.2016). – Загл. с экрана.
11. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов : (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 10.11.1986 № 3395). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
12. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества водоемов и водотоков от 01.01.1983 № 1115 : (ред. 23.06.2009). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
13. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа : (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 05.12.1984 № 4100). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
14. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб : (введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 21.12.1983 № 6393). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

15. Долгополов, А. Я. Комплексная оценка состояния земель в районах с интенсивным антропогенным воздействием на природную среду / А. Я. Долгополов, В. М. Смольянинов, Т. В. Овчинникова. – Воронеж, 1997. – 126 с.
16. Игенбаева, Н. О. Методика оценки антропогенных нагрузок на ландшафты (на примере лесостепи Омского Прииртышья) / Н. О. Игенбаева // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика : Материалы XI Междунар. ландшафт. конф. – М. : Географ. фак, 2006. – С. 101–103.
17. Исаченко, А. Г. Экологический потенциал ландшафта / А. Г. Исаченко // Известия Всесоюзного Географического общества. – 1990. – Т. 123, Вып. 4. – С. 56–62.
18. Казаков, Л. К. Ландшафтоведение: природные и природно-антропогенные ландшафты) : учеб. пособие / Л. К. Казаков. – М. : Изд-во МНЭПУ, 2004 – 264 с.
19. Кириллов, С. Н. Геоэкологическая оценка урбанизированных территорий / С. Н. Кириллов, Ю. С. Половинкина // Взаимодействие природных и общественных систем: региональный аспект исследований : коллектив. моногр. / В.В. Залепухин [и др.] ; под общ. ред. А. В. Холоденко. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2013. – С. 67–88.
20. Кочуров, Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории / Б. И. Кочуров. – Смоленск, 1999. – 154 с.
21. Кочуров, Б. И. Картографирование экологических проблем и ситуаций / Б. И. Кочуров, Н. А. Жеребцова // Геодезия и картография. – 1994. – № 5. – С. 43–47.
22. Лопырев, М. И. Основы агроландшафтоведения / М. И. Лопырев. – Воронеж : ВГУ, 1995. – 181 с.
23. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов : (утв. Приказом Госкомэкологии России от 16.02.1999 № 66). – СПб, 2010. – 15 с.
24. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86) : (утв. Госкомгидрометом СССР от 04.08.1986 № 192). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
25. Мильков, Ф. Н. Рукотворные ландшафты / Ф. Н. Мильков. – М., 1978. – 86 с.
26. Мильков, Ф. Н. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность / Ф. Н. Мильков – Воронеж, 1986 – 326 с.
27. Моисеев, Н. Н. Человек и ноосфера / Н. Н. Моисеев. – М. : Мол. гвардия, 1990. – 264 с.
28. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Методические указания от 07.02.1999. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
29. Нестеров, Ю. А. О возможности картографического мониторинга территорий интенсивного хозяйственного использования / Ю. А. Нестеров, В. М. Бейдин, С. Д. Беспалов // Вестник Воронежского отделения РГО. – 1999. – Т. 1, Вып 1. – С. 82–83.
30. Николаев, В. А. Ландшафтоведение: учеб. пособие для практ. занятий / В. А. Николаев. – М. : Изд-во МУ, 2000. – 186 с.
31. Опарина, В. Н. О комплексной оценке состояния окружающей среды по данным дистанционного зондирования Земли в регионах с высокой техногенной нагрузкой / В. Н. Опарин, В. П. Потапов, О. Л. Гиниятуллина // Горная экология. – 2014. – № 6. – С. 199–209.
32. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 17.04.2003 № 53 : (ред. от 25.04.2007) «О введении в действие СанПиН 2.1.7.1287-03». – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
33. Реймерс, Н. Ф. Природопользование / Н. Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.
34. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы : (утв. Госкомгидрометом СССР 01.06.1989, Главным государственным санитарным врачом СССР 16.05.1989) : (ред. от 11.02.2016). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

35. РД 52.04.667-2005. Руководящий документ. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию от 01.02.2006. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
36. Русинов, П. С. Геоэкологические аспекты изменения структуры земельных ресурсов интенсивно освоенных территорий (на примере сельскохозяйственных угодий Семилукского района Воронежской области Российской Федерации) / П. С. Русинов, В. Н. Жердев, С. Д. Беспалов. – Воронеж : ИСТОКИ, 2006. – 132 с.
37. Рыбак, В. А. Интегральная оценка экологического состояния урбанизированных территорий / В. А. Рыбак // Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.5. – С. 135–145.
38. Савватеева, О. А. Оценка экологического состояния территории города Кашина Тверской области / О. А. Савватеева, И. З. Каманина, К. В. Миронова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8-3. – С. 514–517.
39. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества от 26.09.2001 № 24 : (ред. 23.08.2010). – Электрон. текстовые дан.. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> (дата обращения: 26.10.2016). – Загл. с экрана.
40. Система оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов / Н. П. Масютенко, Н. А. Чуян, Г. И. Бахирев [и др.]. – Курск : ВНИИ-ЗиЗПЭ РАСХН, 2013. – 50 с.
41. Скалабан, В. Д. Информационная основа организации устойчивого экологически сбалансированного землепользования / В. Д. Скалабан // Проблемы региональной экологии. – 2007. – № 5. – С. 79–83.
42. Смольянинов, В. М. Комплексная оценка антропогенного воздействия на природную среду при обосновании природоохранных мероприятий / В. М. Смольянинов, П. С. Русинов, Д. Н. Панков. – Воронеж : ВГУ, 1996. – 214 с.
43. СНиП 2.07.01-89\*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений : (утв. Постановлением Госстроя СССР от 16.05.1989 № 78) : (ред. от 25.08.1993). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
44. Состояние городов России 2008 / науч. ред. Т. Д. Белкина. – М. : Город-Регион-Семья, 2008. – 146 с.
45. Сочава, В. Б. Введение в учение о геосистемах / В. Б. Сочава. – Новосибирск : Наука, 1978. – 271 с.
46. Теоретические и практические аспекты устойчивого природопользования: управление, принципы организации природно-хозяйственных систем, ландшафтное планирование / под общей ред. д-ра биол. наук Ю. П. Демакова. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2004. – 404 с.
47. Трубина, Л. К. Методологические аспекты экологической оценки состояния урбанизированных территорий / Л. К. Трубина // Интерэкспо Гео-Сибирь. – Т. 2, № 3. – 2012. – С. 200–203.
48. Хомич, В. А. Экология городской среды : учеб. пособие / В. А. Хомич. – Омск : СибАДИ, 2002. – 268 с.
49. Хортон, Р. Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. Гидрофизический подход к количественной морфологии / Р. Е. Хортон – М., 1948. – 158 с.
50. Чибилев, А. А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов / А. А. Чибилев. – Свердловск : УрО АН СССР, 1992. – 172 с.
51. Malezieux, E. Designing cropping systems from nature / E. Malezieux // Agronomy for Sustainable Development. – 2012. – № 32. – P. 15–29.
52. Westman, W. E. Measuring the inertia and resilience of ecosystems. Bioscience / W. E. Westman. – 1978. – 28(11). – P. 705–710.

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> ( <i>Матвеева А.А.</i> ) .....	3
<b>Раздел 1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ:</b>	
<b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ</b> .....	4
<b>1. Основы экологической безопасности</b> ( <i>Матвеева А.А.</i> ) .....	4
<b>2. Эколого-экономические риски</b> ( <i>Матвеева А.А.</i> ) .....	11
Контрольные вопросы .....	17
Список рекомендуемой литературы .....	18
<b>3. Механизмы обеспечения экологической безопасности на региональном и локальном уровнях</b> .....	19
3.1. Региональные аспекты обеспечения экологической безопасности ( <i>Зализняк Е.А.</i> ) .....	19
Контрольные вопросы .....	28
Список рекомендуемой литературы .....	28
3.2. Система экологического менеджмента на предприятии ( <i>Манаенков И.В.</i> ) .....	29
Контрольные вопросы .....	37
Список рекомендуемой литературы .....	38
<b>Раздел 2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ, ВЫЗВАННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТОКСИКАНТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ</b> ( <i>Иванцова Е.А.</i> ) .....	39
<b>1. Основные токсиканты в природных средах и сельскохозяйственной продукции и их воздействие на биологические объекты</b> .....	39
<b>2. Оценка экологических рисков при воздействии токсикантов на окружающую среду</b> .....	48
Контрольные вопросы .....	50
Список рекомендуемой литературы .....	50
<b>Раздел 3. МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ</b> .....	51
<b>1. Биоиндикация и биотестирование</b> ( <i>Онистратенко Н.В.</i> ) .....	51
Контрольные вопросы .....	64
Список рекомендуемой литературы .....	65
<b>2. Оценка экологического состояния территорий</b> ( <i>Холоденко А.В., Половинкина Ю.С.</i> ) .....	66
Контрольные вопросы .....	83
Список рекомендуемой литературы .....	84

Учебное издание

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
для бакалавров и магистрантов направления  
подготовки «Экология и природопользование»

*Под редакцией доктора сельскохозяйственных наук  
Е. А. Иванцовой*

Главный редактор *А.В. Шестакова*  
Редактор *А.В. Дородникова*  
Верстка и техническое редактирование *Е.Н. Солоненко*  
Оформление обложки *Н.Н. Захаровой*

Подписано в печать 02.12 2016 г. Формат 60x84/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 5,1.  
Уч.-изд. л. 5,5. Тираж 200 экз. (1-й завод 1–50 экз.).  
Заказ . «С» 141.

Волгоградский государственный университет.  
400062 Волгоград, просп. Университетский, 100.  
[www.volsu.ru](http://www.volsu.ru)

Отпечатано в издательстве Волгоградского государственного университета.  
400062 Волгоград, ул. Богданова, 32.  
E-mail: [izvolgu@volsu.ru](mailto:izvolgu@volsu.ru)