

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

**Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга  
(РЭТЭМ)**

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. РЭТЭМ, д.т.н.

\_\_\_\_\_ В.И.Туев

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012г.

Учебное методическое пособие по дисциплине

**ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК**

для специальностей и направлений « Экология», «Экология и природопользование»,

«Безопасность жизнедеятельности в техносфере».

«Техногенные системы и экологический риск». Учебное методическое пособие для специальностей и направлений по экологии и природопользованию, геоэкологии, экологии.

Разработчики – Н.Н.Несмелова, С.А.Полякова. – Томск: 2012.

Учебное пособие освещает основные темы дисциплины «Техногенные системы и экологический риск», которая входит в учебный план для специальности «Экология» и направлена на изучение современных подходов к поддержанию безопасного, устойчивого взаимодействия человека и природы. Рассматриваются состав, структура, функционирование, принципы изучения природно-техногенных систем, способы контроля и управления их состоянием. Анализируются различные виды риска, принципы его оценки, анализа, прогнозирования, а также пути повышения безопасности человека и природных сообществ в техногенных системах. Содержание учебного пособия соответствует государственному образовательному стандарту для специальности 020801 «Экология» и программе курса «Техногенные системы и экологический риск» для студентов-экологов Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Может использоваться студентами, обучающимися по специальности 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» и по другим специальностям при изучении курса «Экология».

@ Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники.

Введение.....	4
Раздел 1. Техногенные системы и подходы к их изучению.....	4
1.1. Техногенез и природно-техногенные системы.....	4
1.2. Особенности промышленного воздействия на природные компоненты.....	7
1.3. Подходы к изучению природно-техногенных систем.....	10
1.4. Индикация состояния природно-техногенной системы.....	4
Раздел 2. Риск, его оценка и анализ.....	19
2.1. Риск в природно-техногенных системах и политика приемлемого риска.....	20
2.2. Классификация и оценка рисков.....	24
2.3. Анализ экологических рисков.....	27
Раздел 3. Экологические катастрофы и их последствия.....	33
3.1. История катастроф и современные тенденции.....	33
3.2. Техногенные катастрофы.....	40
3.3. Природные катастрофы.....	40
3.4. Экологические и медицинские последствия катастроф.....	40
Раздел 4. Экологические неблагоприятные территории.....	45
4.1. Чрезвычайные ситуации и их классификация.....	45
4.2. Зоны экологического риска.....	48
Угроза здоровью.....	49
Раздел 4. Управление риском.....	51
5.1. Прогноз и снижение риска катастроф.....	51
5.2. Принципы управления риском и повышение устойчивости объектов экономики.....	57
5.3. Государственная политика РФ в сфере защиты населения и территорий от ЧС.....	65
5.4. Экологическая безопасность населения и биосферы.....	66
Литература.....	

## Введение

Изучение курса послужит последующему применению студентами современных концептуальных основ и методологических подходов, направленных на решение проблемы обеспечения безопасности и устойчивого взаимодействия человека с природной средой. Дисциплина предусматривает формирование у студентов природоохранного и экологического мировоззрения. В программе курса рассмотрены принципы методологии количественной оценки разнородных опасностей, их сравнения между собой в единой шкале и ранжирования на основе анализа экологического риска. В соответствующих разделах дан материал для определения приоритетных направлений снижения экологического риска и прогнозирования путей устойчивого и безопасного развития человечества.

### Раздел 1. Техногенные системы и подходы к их изучению

#### 1.1. Техногенез и природно-техногенные системы

Потребность в безопасности (для жизни, здоровья, имущества, социального статуса и др.) – одна из основных потребностей человека. В то же время число опасностей, подстерегающих каждого из нас и все человечество в целом, неуклонно возрастает. Любой сегодня ежедневно подвергается риску стать жертвой опасной эпидемии (СПИД, атипичная пневмония и т.п.) или попасть в дорожную аварию. Работа на промышленном предприятии, как и жизнь в большом городе, связана с риском экопатологии. Неуклонно возрастает число пострадавших в природных и техногенных катастрофах, а также материальный ущерб для государств и отдельных граждан. Человечество в целом балансирует на грани экологической катастрофы, в которой может погибнуть как биологический вид. В связи с этим особую значимость приобретают исследования, направленные на разработку способов количественной оценки возникающих опасностей и научно обоснованных решений по снижению риска.

Научно-техническая революция значительно усложнила взаимоотношения между обществом и природой. В настоящее время объемы производственной деятельности удваиваются каждые 15 лет, что приводит к усугублению экологических проблем, связанных с исчерпанием ресурсов и загрязнением окружающей среды. Для преодоления нарастающих противоречий между экономическими и экологическими потребностями человечества необходимо установить пределы устойчивости биосферы, определить условия равновесия природных систем, выявить и оценить различные аспекты влияния хозяйственной деятельности человека на окружающую среду и предотвратить их негативные последствия.

**Техногенез** – процесс изменения природных комплексов под воздействием производственной деятельности человека. Техногенез включает преобразование биосферы, вызываемое совокупностью геохимических процессов, связанных с технической и технологической деятельностью людей по извлечению из окружающей среды, концентрации и перегруппировке ряда химических элементов, их минеральных и органических соединений.

С экологической точки зрения техногенез – это последний этап эволюции биосферы, обусловленный деятельностью человека, которая вносит в биосферу вещества, силы, процессы, нарушающие природное равновесие, функционирование и замкнутость биотических круговоротов. Вся совокупность материальных результатов человеческой деятельности на Земле называется **техносфера**. Техногенез стремится занять всевозможные экологические ниши и вытесняет природные системы и процессы. Распространение техносферы на поверхности земного шара носит название **техносферогенез**.

В истории цивилизации техногенез можно рассматривать как создание человеком все более совершенных орудий и устройств для воздействия на окружающий мир с целью производства и потребления различных благ. Начало техногенезу положил первый

костер, зажженный человеком. В XX веке, параллельно с демографическим взрывом, наблюдался мощный подъем техногенеза. Основные тенденции техногенеза в XX веке:

- 1) Рост потребления энергии. За 100 лет мировое потребление энергии увеличилось в 12 раз. С 1950 по 1985 годы удвоилось среднее душевое потребление энергоресурсов до 68ГДж/год, мировая энергетика росла в два раза быстрее, чем численность населения.
- 2) Изменение структуры топливного баланса: переход от преобладания дров и угля к углеводородному топливу. Сегодня доля энергии, получаемой при сжигании нефти и газа, достигает 65%. Растет вклад альтернативных видов энергетики, доля ядерной и гидроэнергетики сегодня составляет 9%.
- 3) Многokратное увеличение добычи и переработки минеральных руд и нерудных материалов (полезных ископаемых).
- 4) Рост объема и изменение структуры машиностроения. Развивается станкостроение, производство двигателей внутреннего сгорания, автомобилей, электротехники и автоматики, военной техники.
- 5) Интенсивная химизация всех отраслей хозяйства. Ежегодно используется более 6 миллиардов тонн минеральных удобрений, более 400 тысяч различных синтетических соединений (взрывчатых, отравляющих веществ и др.). Многократно возросло производство пластмасс, лекарств, синтетических моющих средств, синтетических волокон.

Материально-энергетические потоки, связанные с техногенезом, сегодня сравнимы с масштабом природных процессов. Техногенез обуславливает весомую долю геохимической динамики планеты. Все отрасли хозяйства потребляют огромное количество воды – примерно 5000 кубических километров в год, что составляет 20% объема влаги, выводимой в круговорот транспирацией всех растений суши. Скорость оборота воды в техносфере во много раз больше, чем в биосфере. Техногенный газообмен, с учетом потребляемого воздуха и добываемого природного газа, составляет более 150 тысяч кубических километров в год, то есть примерно 25% газообмена биосферы. На 25% увеличился поток энергии в биосфере Земли за счет выделения техногенной теплоты.

Таким образом, к концу XX – началу XXI века человечество увеличило обмен вещества и энергии на планете примерно на 20-25%. Техногенный круговорот веществ существенно разомкнул, таким образом нарушается замкнутость биотического круговорота, а значит и устойчивость биосферного равновесия. Человеческая деятельность не только заменяет биосферу техносферой, но и угнетает саморегуляцию биосферы.

Человек и все созданные им хозяйственные объекты становятся частью окружающей среды, взаимодействуя с природными системами. При этом образуются системы нового уровня – своеобразные нообиогеоценозы, включающие в себя равноправную подсистему – нооценоз. Нооценоз - это совокупность общества, средств и продуктов труда. Можно выделить разные типы нообиогеоценозов, например **технобиогеоценозы**, которые образуются в результате создания и деятельности промышленных предприятий; **агроценозы**, связанные с сельскохозяйственной деятельности человека; **урбабиогеоценозы** - результат строительства городов, поселков, транспортных коммуникаций.

Следует разграничивать понятия природно-технической системы и природно-техногенной системы. **Природно-техническая (геотехническая) система** включает в себя антропогенную подсистему, которая рассматривается как фактор интеграции отдельных природных компонентов. Искусственные объекты в этом случае создаются с целью преобразования природной системы, например – плотина или дамба. Такой объект влияет на природные компоненты как физическое тело, изменяя в основном физико-географические характеристики среды.

**Техногенный** (от греческих слов *techne* – искусство, мастерство и *genos* – род, происхождение) – порожденный техникой, технического (промышленного) происхождения, то есть вызванный работой промышленных устройств, установок, систем. В **природно-техногенную систему** включены предприятия, создание которых не преследовало цели изменения природной среды. Однако при функционировании таких объектов среда изменяется так сильно, что ее уже нельзя рассматривать в отрыве от источника воздействия. Элементы природно-техногенной системы – хозяйственные объекты и природа сферы их воздействия. Целостность такой системы обеспечивает поток веществ в технологической цепи, на выходе из нее в природу и распределение их в природе. Основа функционирования природно-техногенной системы (ПТС) – взаимодействие техники, не предназначенной непосредственно для изменения физико-географической среды, и природы в сфере ее воздействия.

Таким образом, при включении в экологическую систему объекта промышленности, влияющего на ее функционирование, возникает новая искусственная экосистема, которую можно назвать природно-промышленной или техногенной. В такой системе природная среда функционирует в совокупности с производственными объектами и образует совершенно новые комплексы, не существовавшие ранее.

В структуру ПТС могут входить промышленные, коммунальные, бытовые, природные, сельскохозяйственные объекты, относительно самостоятельные и функционирующие как единое целое на основе обмена веществом, энергией, информацией. Главным компонентом ПТС является хозяйственный объект, промышленное или сельскохозяйственное предприятие. При этом характер и объем производства определяют интенсивность и особенности воздействия предприятия на окружающую среду.

Промышленное звено ПТС может иметь сложный состав, в котором выделяют основное и вспомогательное производства, объекты энергетики, а также коммунально-бытовое звено.

Вспомогательное производство включает организации, деятельность которых связана с обслуживанием основного производства. Сюда относятся ремонтно-механическая база, промышленный транспорт, склады готовой продукции, сырья, оборудования, а также предприятия, обеспечивающие строительство новых и реконструкцию действующих основных предприятий, объектов энергетики, транспортных магистралей и т.д.

Коммунально-бытовое звено обеспечивает жизнедеятельность людей, занятых на объектах производства. Это селитебная (жилая) зона, предприятия питания, торговли, культурные и учебные учреждения, рекреационные объекты (парки, пляжи, стадионы, зоны отдыха и т.п.). Продукцией коммунально-бытового звена считаются бытовые отходы и выбросы коммунально-бытовых предприятий.

Продукцией промышленного звена считается:

- продукция, направленная за пределы природно-промышленного комплекса;
- продукция, предназначенная для удовлетворения собственных нужд и поддержания заданной продуктивности системы;
- отходы производства: газообразные, жидкие и пылевидные выбросы, шум, различные физические поля и излучения (тепловые, электромагнитные, радиационные), загрязняющие окружающую среду.

Все воздействия антропогенных составляющих ПТС на природные компоненты можно определить как **техногенную нагрузку**. В зависимости от природы воздействия интенсивность техногенной нагрузки оценивают разными показателями. Например, в геохимии техногенная нагрузка выражается массовой долей или объемной концентрацией загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду на единицу площади в единицу времени (например, в граммах на квадратный метр в сутки).

Рационально функционирующая природно-промышленная система требует минимальных материальных, энергетических и других затрат при условии получения планируемого объема промышленной продукции и обеспечения необходимого качества окружающей природной среды. Создание и функционирование такой системы невозможно без постоянного трудового участия человека, в её основе лежит процесс хозяйственной деятельности.

При образовании ПТС природный комплекс всегда испытывает влияние технического объекта как физического тела, что связано с прямым нарушением состава и структуры системы при включении в нее нового объекта. Нарушается **структура** природного комплекса, элементы которого частично или полностью заменяются искусственными. Природные процессы модифицируются, усиливаются, ослабляются, прерываются или заменяются процессами взаимодействия между природными и искусственными компонентами. Появляются новые связи, новые физические и химические взаимодействия между компонентами ПТС. Природная система, становясь подсистемой ПТС, приобретает новые **функции**. Возникают **связи функционирования**, то есть поток поступления веществ от промышленного объекта в природу, который и обеспечивается целостность системы.

Также появляются **связи порождения**, определяющие состояние природы в зоне воздействия: техногенные модификации экосистемы. Состояние природных компонентов определяется режимом воздействия производства, при этом природная регуляция заменяется технической и состояние природы зависит от технологического режима предприятия.

Территория, структура которой полностью изменена производственной деятельностью человека, называется **техногенный ландшафт**. Примерами техногенных ландшафтов являются восточные хранилища - скопления пустых пород, оставшихся после обогащения руд; золоотвалы тепловых электростанций; «лунные пейзажи» вокруг химических заводов; военные полигоны и т.п.

Хотя в ПТС нет созданного человеком блока управления природной подсистемой, эти функции выполняет технологический режим производства, в зависимости от которого меняется интенсивность и характер техногенных воздействий на ландшафт. Вероятно, в будущем, по мере совершенствования технологии, станет возможно дозировать поступление в природу техногенных выбросов, будет осуществляться контроль над потоками загрязняющих веществ, то есть процессом техногенного воздействия можно будет управлять.

Создание техногенных систем должно опираться на экологические знания. Поскольку основной нообиогеоценоза служит биогеоценоз, то элементы нооценоза должны подбираться таким образом, чтобы они вписывались в те крутовороты веществ и энергии, которые существуют в природе в данном регионе, и не привели бы к гибели биогеоценозов и к деградации окружающей среды. При этом наибольшее внимание должно уделяться технологическим процессам и тем изменениям, которые они вызывают в природной среде.

## 1.2. Особенности промышленного воздействия на природные компоненты

Основная особенность ПТС состоит в том, что все ее компоненты испытывают на себе влияние промышленного звена. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем, транспорта в окружающую среду сегодня достигли таких размеров, что вблизи промышленных предприятий, как правило, наблюдается превышение ПДК. Количество вредных веществ и их соединений постоянно растет. Отходы производства в окружающей среде отравляют воздух, воду, почву, продукты питания.

Среди более 7000 химических соединений, загрязняющих окружающую среду в результате деятельности человека, различают общетоксические, аллергенные, эмбрионал-дотропные, мутагенные и канцерогенные вещества. Как наиболее опасные выделяют семь групп веществ: двуокись азота в воздухе, бензол в воздухе, пестициды в воде, нитраты в воде, диоксины в пищевых продуктах и в почве, полихлорированные дифенилы в пищевых продуктах и соляная кислота в почве. На территории России 24 тысячи предприятий выбрасывают вредные вещества в атмосферу и водоемы. Более половины выбросов приходится на транспорт. Ежегодно в России улавливается и обезвреживается 76% от общего количества выбрасываемых вредных веществ, 82% сбрасываемых сточных вод не подвергается очистке. Преобладающее воздействие на окружающую среду оказывают предприятия энергетического комплекса, металлургия и химическая промышленность.

Главная опасность связана с загрязнением атмосферы. По данным ученых ежегодно в мире в результате деятельности человека в атмосферу поступает 25,5 млрд. тонн оксидов углерода, 190 млн. тонн оксидов серы, 65 млн. тонн оксидов азота, 1,4 млн. тонн хлорфторуглеродов (фреонов), органические соединения свинца, углеводороды, в том числе, канцерогенные. На величину концентрации вредных примесей в атмосфере влияют метеорологические условия, определяющие перенос примесей в воздухе, это направление и скорость ветра. В городах ситуация осложняется температурной инверсией – это повышение температуры с высотой, вместо обычного убывания. Инверсия способствует образованию смога, который появляется в местах со сниженным рельефом (в низинах), при отсутствии ветра.

Помимо воздействия на здоровье людей, атмосферные загрязнители влияют также и на эксплуатацию технических средств, например, в связи с нарушением свойств изоляторов, из-за чего происходит потери электроэнергии, снижается напряжение в энергетических сетях. Помимо газообразных загрязняющих веществ, в атмосферу поступает большое количество твердых частиц. Это пыль, копоть и сажа. Большая опасность связана с загрязнением природной среды тяжелыми металлами. Свинец, кадмий, ртуть, медь, никель, цинк, хром, ванадий сегодня стали практически постоянными компонентами воздуха промышленных центров. Особенно остро стоит проблема загрязнения воздуха свинцом.

Кислотные дожди, вызываемые главным образом диоксидом серы и оксидами азота, наносят огромный вред лесам, причем особенно страдают хвойные породы. Только на территории нашей страны общая площадь лесов, пораженных промышленными выбросами, достигла 1 млн. га. Значительным фактором деградации лесов в последние годы является загрязнение окружающей среды радионуклидами. Так, в результате аварии на Чернобыльской АЭС поражено 2,1 млн. га лесных массивов. Особенно страдают биогеноценозы, расположенные в непосредственной близости от источника выбросов, например - зеленые насаждения в промышленных городах. Сельскохозяйственные, лесные и другие угодья, расположенные на территории техногенной системы, как правило, снижают свою продуктивность, а иногда и полностью деградируют. В связи с этим, наиболее рационально выделение под промышленные комплексы неплодородных земель.

В настоящее время на одного жителя планеты приходится менее гектара пахотной земли, и эта площадь продолжает сокращаться в результате хозяйственной деятельности. Громадные площади плодородных земель погибают при горнопромышленных работах, при строительстве предприятий и городов, почва разрушается и теряет плодородие из-за деградации растительного покрова. Производственная деятельность приводит к интенсивному загрязнению почвы. Основные загрязнители – металлы и их соединения, радиоактивные элементы, а также удобрения и ядохимикаты, применяемые в сельском хозяйстве. К наиболее опасным загрязнителям почвы относят ртуть и ее соединения. Ртуть



поступает в окружающую среду с ядохимикатами, а также с отходами промышленных предприятий. Еще более массовой и опасной характер носит загрязнение почв свинцом. Известно, что при выплавке одной тонны свинца в окружающую среду с отходами его выбрасывается до 25 кг. Особенно много свинца в почвах вокруг крупных автострад, так как соединения свинца используются в качестве добавок к бензину. Вблизи крупных центров черной и цветной металлургии почвы загрязнены железом, медью, цинком, марганцем, никелем, алюминием и другими металлами. Во многих местах их концентрация в десятки раз превышает ПДК. Таким образом, естественное неравномерное распределение химических элементов в литосфере усугубляется деятельностью человека. На территории природно-промышленных комплексов ухудшается качество сельскохозяйственной продукции, так как часть промышленных выбросов вовлекается в естественный круговорот веществ. Такие сельскохозяйственные угодья должны, оцениваться не только по продуктивности, но и по качеству продукции.

Крайне медленно совершенствуются оборудование и технологии очистки выбросов в атмосферу. Отмечается низкий уровень утилизации уловленных вредных веществ, лишь  $\frac{1}{2}$  из них используется повторно. Улавливаются в основном твердые вещества, менее опасные, тогда как газообразные и жидкие составляющие улавливаются лишь на 25%. Хуже всего ситуация в добывающих отраслях промышленности (нефте- и газодобыча). По данным Росгидромета уровень улова вредных компонентов атмосферных выбросов по отраслям составляет: производство стройматериалов: 92%; химия, нефтехимия: 91%; электроэнергетика: 84%; цветная металлургия: 83%; нефтедобыча: 3%; газовая промышленность: 1,2%.

Человечество потребляет на свои нужды огромное количество пресной воды. Основными ее потребителями являются промышленность и сельское хозяйство. Наиболее водоёмкие отрасли промышленности – горнодобывающая, сталелитейная, химическая, нефтехимическая, целлюлозно-бумажная и пищевая. На их нужды уходит до 70% воды, потребляемой промышленностью. На нужды сельского хозяйства уходит 60-80% всей пресной воды. Растет потребление воды на коммунально-бытовые нужды. Анализ водопользования за прошедшие 50 лет показывает, что ежегодный прирост безвозвратного водопотребления, при котором использованная вода теряется для природы, составляет 4-5%. Подсчитано, что при сохранении таких же темпов потребления с учетом прироста населения и объемов производства к 2100 году человечество может исчерпать запасы все пресной воды. Уже сегодня потребность в пресной воде не удовлетворяется у 20% городского и 75% сельского населения планеты. Ограниченные запасы пресной воды еще больше сокращаются из-за их загрязнения, так как большая часть использованной воды возвращается в водоемы в виде загрязненных сточных вод. Практически для всех отраслей промышленности характерна низкая степень очистки сточных вод, сбрасываемых в водоемы. Доля нормативно очищенных сточных вод по отношению к объему вод, требующих очистки, в РФ составляет лишь 9,5%. В промышленности это 15%, в жилищно-коммунальном хозяйстве – 9%, в сельском хозяйстве – 0,6%. Продукты промышленного производства, загрязняющие водоемы, это, прежде всего, нефть и нефтепродукты. Нефть попадает в воду в результате ее естественных выходов в районах залегаания, но в основном это происходит при нефтедобыче, транспортировке, переработке нефти, при ее использовании в качестве топлива или промышленного сырья. Особое воздействие на водоемы оказывают синтетические вещества, которые все шире применяются в промышленности, на транспорте, в коммунально-бытовом хозяйстве. Концентрация синтетических соединений в сточных водах составляет, как правило, 5-15 мг/л при ПДК 0,1 мг/л. Эти вещества уже при концентрации 1-2 мг/л могут образовывать в водоемах слой пены, особенно хорошо заметный на порогах, перекатах, шлюзах. Из других загрязнителей необходимо назвать металлы (ртуть, свинец, цинк, марганец, медь, хром, олово), радио-

активные элементы, ядохимикаты. Из металлов наиболее опасны для обитателей водной среды ртуть, свинец и их соединения. Промышленность РФ характеризуется высоким уровнем использования оборотных систем водоснабжения, за счет которых экономия свежей воды составляет 78%. Особенно это характерно для газовой, нефтяной, металлургической отраслей, где экономия свежей воды за счет водооборотных систем превышает 90%.

Сегодня нередко загрязнению подвергаются подземные воды, часть из них уже стала непригодной для питья. На многих производствах образуются токсичные жидкие отходы, для которых не разработаны удовлетворительные технологии очистки, обезвреживания. Такие отходы требуется длительно изолировать от биосферы. Реально их размещают в прудах-накопителях, откуда неизбежно постоянное или эпизодическое поступление в поверхностные и подземные воды. Более безопасным представляется способ захоронения таких отходов в глубокие водоносные горизонты, где воды высоко минерализованы и не представляют практической ценности.

Большое значение имеют физические загрязнения: шумовое, тепловое, электромагнитное и другие. Электростанции, промышленные предприятия часто сбрасывают подогретую воду в водоем, что приводит к повышению в нем температуры. При этом в воде снижается количество кислорода, увеличивается токсичность примесей, нарушается биологическое равновесие. В загрязненной воде с повышением температуры начинают бурно размножаться болезнетворные микроорганизмы и вирусы. Попадая в питьевую воду, они могут вызвать вспышки различных заболеваний.

В экологическом аспекте особенно важно определить пути распространения выбросов и отходов производства в экосистеме, выявить их долю в общем круговороте веществ, оценить качественные и количественные изменения, происходящие в природных объектах, провести экспертную оценку воздействия разных технологий на окружающую среду и выбрать оптимальные.

### 1.3. Подходы к изучению природно-техногенных систем

В изучении природно-техногенных систем (ПТС) основная роль принадлежит промышленной экологии, которая призвана определять интенсивность взаимодействия техногенной системы с окружающей природной средой, степень его рациональности и комплексности. Используя методы социальных, технических и естественных наук, промышленная экология решает следующие задачи: установления границ ПТС, оценка ее состояния, определение степени влияния производства на природную среду, прогноз развития системы.

Для решения этих задач необходимо знать механизмы воздействия конкретного производства на природные компоненты ПТС. Многие предприятия, например предприятия черной и цветной металлургии, теплоэнергетики, являются источниками термических воздействий или поставляют в окружающую среду токсичные химические вещества, то есть загрязняют окружающую среду. Загрязнением называют поступление в окружающую среду или возникновение в ней новых физических, химических, биологических или информационных агентов, приводящее к отрицательным последствиям для человека или природных систем. Также загрязнением является существенное изменение среднесуточного уровня воздействия экологического фактора физической, химической или биологической природы.

Основой изучения ПТС является **системный подход** в сочетании с геохимическим и функционально-динамическим. Системный подход в изучении ПТС направлен на обнаружение воздействия и ограничение его ареала. Он предполагает:

- 1) выявление материальных, энергетических, информационных связей между техникой и природой в ПТС;
- 2) количественную оценку потоков техногенного вещества в ландшафте;
- 3) ограничение территории, испытывающей воздействие.

**Геохимический подход** включает:

- 1) установление особенностей техногенной миграции выбросов;
- 2) выявление спектра воздействия;
- 3) выявление природных и техногенных аномалий в ландшафте;
- 4) изучение геохимических изменений среды и их экологических последствий.

**Функционально-динамический** подход позволяет определить стадии нарушенности природных компонентов при определенном уровне воздействия. При этом рассматривается зависимость показателей состояния ландшафта от уровня воздействия:  $V = F(L_1, L_2, L_3, \dots)$ , где  $V$  – уровень воздействия,  $L$  – показатели состояния ландшафта.

В связи с изучением ПТС развивается новая отрасль геохимии – геохимия техногенеза, основанная на классических направлениях: геохимию ландшафтов и геохимию поиска полезных ископаемых. В науке появились новые понятия: технобиогеом, технофильность химических элементов, деструкционная активность химических элементов.

А. И. Перельман разработал геохимические принципы систематизации антропогенных ландшафтов. Он выделяет следующие этапы развития ландшафта:

- 1) абиогенный (происходит только механическая и физико-химическая миграция химических элементов);
- 2) биогенный (добавляется биогенная миграция);
- 3) техногенный (подключается техногенная миграция химических элементов).

Формирование техногенных комплексов обусловлено интенсивностью поступления в ландшафт техногенных веществ. Особенности их миграции в ландшафте зависят от зональных и региональных факторов, а также от интенсивности абиогенной и биогенной миграции элементов в ландшафте. Классические представления геохимии ландшафтов не всегда соблюдаются в условиях техногенной миграции. Так, техногенная аккумуляция веществ на водоразделах и наветренных склонах может быть больше, чем на днищах долин и т.д. Большое значение имеет происхождение природного комплекса, включенного в ПТС. Например, в ПТС с горными природными составляющими внутренние связи активнее, чем в равнинных. Наряду с техногенными системообразующими факторами здесь продолжают действовать и резко активизируются русловые и склоновые процессы. Особенности миграции в горных ландшафтах могут создавать пространственно разобщенные ПТС: блоки, созданные техногенезом могут быть значительно удалены от питающих их сфер нарушения.

Интенсивность накопления техногенных элементов в ландшафте зависит от соотношения интенсивности и ёмкости трех видов миграции элементов. Изменения природных компонентов могут проявляться в виде **техногенных модификаций**, если степень изменения не превышает пределов их естественной вариативности. В случае превышения естественных отклонений нарушается структура ландшафта и образуется **техногеом** – результат **техногенной трансформации** ландшафта. **Природно-техногенные системы** – это системы, представляющие собой объединение взаимодействующих техногеомов.

**Техногенные аномалии и техногенные комплексы** формируются там, где начинают преобладать техногенные потоки. Выявление и регистрации техногенных аномалий – еще одно направление исследований в промышленной экологии.

Для выявления техногенных аномалий в ландшафте используют два основных метода: площадная съемка и радиально-лучевой метод. При площадной съемке точки взятия пробы равномерно распределены по территории площадки. Радиально-лучевой метод основан на том, что сеть наблюдений строится по розе загрязнения, обратной розе вет-

ров, с учетом скоростей ветра. По мере удаления от источника воздействия сеть наблюдательных постов разрежается.

Загрязнение ландшафта оценивается суммой кратностей превышения содержания всех ингредиентов выбросов в элементах ландшафта над природным фоном. Анализ техногенных изменений позволяет устанавливать критические экологические нагрузки на ландшафт. При этом могут использоваться показатель техногенного воздействия, отражающий поступление техногенного вещества на единицу площади за единицу времени, и показатель нарушения ландшафта, то есть площадь структурной перестройки ландшафта, а также ареалы изменения его отдельных компонентов. Таким образом, по нарушенности ландшафта в целом, а также по модификациям его отдельных компонентов выявляется уровень техногенного воздействия, что может служить основой экологического нормирования.

При изучении ПТС часто применяется сравнительный метод. Сравнивается состояние однотипных природно-территориальных комплексов в зонах с разным режимом воздействия. Степень нарушенности исходного состояния ландшафта или модификация его элементов определяется при сравнении аналогичных показателей в однотипных природных комплексах в сфере воздействия и вне этой сферы (природный фон).

Основная задача исследования ПТС - выявление режимов воздействия производства на природно-территориальный комплекс и ответной реакции ландшафта. Содержание исследования включает определение типа воздействия, направленности его влияния, его режима, ареала воздействия, техногенных модификаций природно-территориальных комплексов. Результатом должны быть определение и расчет техногенных нагрузок для отдельных компонентов ландшафта (экологическое нормирование), и установление оптимального режима природопользования в сфере воздействия.

В соответствии с принципом гармонизации природы и общества, природно-техногенные (эколого-экономические) системы должны обеспечивать высокие производственные показатели наряду с поддержанием в зоне своего влияния благоприятной экологической обстановки. В таких системах необходимо прогнозировать и предотвращать возможные опасные ситуации. Для этого необходимо организовать специальную службу управления, призванную своевременно выявлять вредные воздействия и вносить коррективы в производственный или в природный компоненты ПТС. Если обнаружено ухудшение состояния окружающей среды, служба управления принимает решение об изменении режима воздействия или о коррекции состояния природного компонента.

Для эффективной работы системы управления ПТС необходимо:

- 1) знать технологию производства, что позволяет дать качественную и количественную оценку техногенных потоков на выходах в природу, учесть колебания режима воздействия;
- 2) знать аэрологические и метеорологические условия природного комплекса, особенности водного режима и водной миграции химических элементов, особенности аккумуляции веществ почвой и биотой.

Одновременно следует отслеживать поступление техногенных веществ компоненты природного комплекса. Сбор информации о состоянии ПТС осуществляется посредством контроля выбросов предприятия, а также мониторинга воздуха, воды, почвы и биоты.

В единую государственную систему экологического мониторинга РФ составной частью входит эколого-аналитический мониторинг. Это система наблюдений за источниками и уровнем загрязнений природных объектов вредными веществами в результате их сбросов, выбросов, а также их естественного образования и накопления в биосфере, в том числе за счет химической и биохимической трансформации природных и техногенных веществ в соединения с вредными свойствами. В свою очередь эколого-аналитический контроль предполагает наличие элементов управления и мероприятий по

снижению уровня загрязнений окружающей среды и регулированию ее качества. Эколого-аналитический мониторинг осуществляется в пределах трех основных уровней.

Первый уровень (мониторинг в зонах существенного техногенного воздействия) предполагает проведение контроля в промышленных районах, на больших озерах, крупных водохранилищах, в устьях и отдельных участках рек, местах сброса сточных вод, сельскохозяйственных предприятий, районах нефтедобычи и т.п. Это самый низкий уровень в иерархической структуре мониторинга. Постоянное или эпизодическое наблюдение за конкретным объектом – источником реального или потенциального загрязнения окружающей среды, называется точечным мониторингом. Локальный экологический мониторинг включает слежение за изменениями качества среды в пределах населенных пунктов, промышленных центров, непосредственно на предприятиях. В особо опасных местах и зонах осуществляется импактный мониторинг.

Второй уровень – региональный. Контроль загрязнений воды, воздуха, почвы на региональном уровне осуществляется в районах, примыкающих к промышленным зонам. На этом уровне производится мониторинг распространенных загрязнителей, таких как диоксиды серы и азота, нефтепродукты, радиоактивные осадки и т.п.

Третий, фоновый уровень предполагает осуществление контроля в зонах, удаленных от локальных источников, например – в биосферных заповедниках. Данные такого мониторинга в соответствующей природной зоне могут служить фоном для оценки состояния природного компонента в эколого-экономической системе. Сегодня созданы автоматизированные системы обработки данных мониторинга, включающие блоки ввода, хранения и анализа данных. Такие системы позволяют систематизировать и наглядно представлять результаты мониторинга, моделировать и прогнозировать процессы в природно-техногенных системах.

Мониторинг состояния природной среды в эколого-экономической системе должен проводиться с учетом особенностей ландшафта, предваряться ландшафтной съемкой территории. Выбор параметров определяется целью мониторинга, в основе которого должен лежать принцип ландшафтной индикации загрязнений. В зонах с относительно одинаковым воздействием выбираются места стационарных или полустационарных наблюдений – пункты техногенного мониторинга. Они должны размещаться на территориях природных комплексов, доминирующих в сфере воздействия.

Наблюдения в зонах техногенного воздействия включают:

- измерение поступления вещества от промышленного объекта в ландшафты, установление содержания вредных примесей в выбросах, в воздухе, в пробах снега и дождя;
- наблюдения за условиями распространения выбросов: аэрологические и гидрологические наблюдения в сфере воздействия;
- наблюдения за поступлением и балансом вредных веществ в ландшафтах, за изменением геохимической обстановки: измерение рН вод, почв, химического состава вод и почвенных вытяжек; определение содержания основных загрязнителей в компонентах ландшафта (снег, вода, воздух, почва, литогенная основа, растительность), что позволяет выявить тип техногенеза. Все спектры воздействия делятся на несколько типов: кислый+тяжелые металлы; кислый + макроэлементы; щелочной+макроэлементы; щелочной + тяжелые металлы и т.д.
- наблюдение за состоянием природного компонента (атмосферы, вод, почв, биоты), что позволяет оценить нарушение компонентов ландшафта, вызванные техногенным воздействием и накоплением выбросов);
- наблюдение за динамикой техногенных модификаций ландшафта, повторные физико-географические описания, изменение геометрических границ зоны воздействия.

Все эти наблюдения и измерения должны лечь в основу экологического нормирования: подсчета предельно допустимых выбросов и установления критических параметров

среды. При обработке наблюдений широко практикуются установление математических закономерностей убывания содержания загрязняющих веществ в природных средах с удалением от источника выбросов, построение регрессионных кривых, подсчет корреляций между показателями воздействия и индикаторами его восприятия, определение дисперсии показателей. Выявленные зависимости могут использоваться при создании модели ПТС.

Эти подходы характеризуются, как правило, сложностью получения фактических данных и не обеспечивают, в полной мере, оценку состояния экосистем, то есть проблема разработки подходов к оцениванию и прогнозированию состояния ПТС остается актуальной.

#### 1.4 Индикация природно-техногенной системы

Индикация, как направление научных исследований, развивается в географии, ботанике, медицине, радиотехнике и в других науках. Этот подход применяется в тех случаях, когда надо в ограниченное время получить информацию о состоянии системы. Например, врач может определить состояние больного по одному показателю – температуре тела. В радиотехнике специальные индикаторы надежно показывают работу сложных систем. Сущность индикации – определение состояния одной системы по состоянию других, более доступных для измерения и наблюдения. Эти системы и есть индикаторы. Индикатор – это физическое явление, химическое вещество или организм, наличие или изменение которого указывает на какие-либо свойства среды или на их изменения.

Нарушенность ландшафта можно определить по изменению его отдельных компонентов или целостной структуры. При этом ландшафтная структура территории уже сама по себе является индикатором состояния природы, а ее нарушение позволяет оценить уровень техногенного воздействия. Важен выбор единиц измерения для оценки воздействия (шкалы индикации). Изучая реакции ландшафта на техногенные нагрузки в разных природных зонах можно судить об их сравнительной устойчивости.

Наиболее информативны биотические компоненты ландшафта. Устойчивость биоты должна оцениваться на популяционно-ценотическом уровне, причем фитоценоз, биоценоз и микробиоценоз рассматриваются как взаимосвязанные компоненты ландшафта. Исследовать перераспределение химических веществ биотой природного комплекса, их миграцию по пищевым цепям, необходимо для подведения баланса «на входе» и «на выходе» для разноуровневых биологических систем. Состояние систем можно охарактеризовать структурой популяций растений или животных, их разнообразием, численностью, биомассой.

Основоположником индикационного подхода в экологии и физической географии можно считать американского ботаника Ф. Клементса, который в 1920 году в работе «Растительные сукцессии и индикаторы» отмечал, что каждое растение или растительное сообщество – лучшая мера условий, в которых они произрастают. Однако еще в конце XIX века В. В. Докучаев говорил, что все элементы природы взаимосвязаны, и что по одному из них можно судить обо всех остальных. После работы Клементса развивалось преимущественно фитоиндикация, то есть по свойствам растений и их сообществ судили о других компонентах природы: рельефе, климате, почвах, грунтовых и подземных водах и др. Флора доступна для наблюдения, чутко реагирует на изменения среды, не только естественные, но и антропогенные. Это свойство – реакция флоры на антропогенные изменения среды, легло в основу биотестирования. Оно широко применяется в решении практических задач, связанных с определением уровней антропогенного воздействия на среду по состоянию биосистем. Наиболее убедительные результаты получе-

ны при использовании в качестве биотестов низшей растительности, особенно эпифитной, лишайниковой.

Проблемы биоиндикации: что считать фоном, как достоверно отличить фон от загрязнения, можно решить путем ландшафтной индикации. Ландшафт объединяет в единую систему живые, биокосные и косные компоненты, биоиндикаторы рассматриваются как компоненты ландшафта. Выделяют несколько направлений ландшафтной индикации. **Классическая ландшафтная индикация** направлена на изучение преимущественно природных процессов и явлений по состоянию компонентов ландшафта, в первую очередь – растительных. **Ландшафтная индикация нарушений природной среды** основана на том, что любой индикатор является элементом двух систем: природной и природно-техногенной, поэтому он одновременно характеризует интенсивность воздействия и степень нарушенности природной системы.

Ведущие принципы индикации загрязнений: это диалектический принцип и принцип анализа территориальных структур. Диалектический принцип предполагает параллельное исследование воздействия и нарушения. В соответствии с ним все индикаторы делятся на индикаторы воздействия и индикаторы нарушения. В качестве индикаторов выступают сами природные комплексы, а также их компоненты, на которых непосредственно отражается загрязнение. Для индикации используются разные свойства компонентов: их структура, размеры, химический состав и др. Иногда само наличие или отсутствие индикатора дает информацию об изучаемом процессе. Особый интерес представляют индикаторы, содержащие многолетнюю информацию: торфяные болота, ледники, старые деревья. Одни и те же индикаторы могут служить для оценки воздействия и нарушения. Например: зольность торфа используют для оценки воздействия, а pH торфа характеризует ответную реакцию болотной экосистемы.

Принцип анализа территориальных структур реализуется на двух уровнях. На первом границы территориальных систем рассматриваются как границы действия индикаторов. Индикаторы испытывают разнообразные влияния со стороны других элементов системы и других систем. Эти влияния рассматриваются как «шум». Иногда изменчивость индикатора под действием «шума» превышает изменчивость, обусловленную техногенным фактором. Ландшафтный подход позволяет отделить техногенные влияния от влияния совокупности природных факторов. В основе индикации лежит ландшафтная карта. На другом уровне анализируются собственно территориальные структуры как индикаторы техногенных нарушений.

Индикаторами техногенного воздействия могут быть лед, снег, торф, поверхностные воды (озерные, речные, дождевые), приземный слой воздуха и др. Основное требование к индикатору – способность отражать (фиксировать) воздействие и сохранять его в «памяти» с минимальной трансформацией до времени опробования. При выборе индикатора следует учитывать цель и концептуальную основу исследования, методическую и лабораторную обеспеченность, время исследования, специфику техногенного воздействия, а также природные условия.

Снег – один из наиболее информативных и удобных индикаторов техногенного воздействия. Достоинство: повсеместное распространение на территории нашей страны. Основы методики гидрохимического опробования снега заложены при исследовании металлургических центров еще в 20-30 годах XX века. Гидрохимическое опробование вертикальной толщи снега дает представление о составе растворимой и нерастворимой частей атмосферных выпадений от момента установления постоянного снежного покрова до момента опробования. Оно проводится в конце зимы, во время максимально снеготояния, что позволяет рассчитать поступление природного и техногенного вещества на единицу площади за единицу времени, а также экстраполировать полученные результаты на весь год. Ландшафтные факторы, снижающие информативность снега, как индикато-

ра: метелевый перенос, особенно в местах, лишенных деревьев, влияние деревьев на химизм снега, его сублимация на южных склонах и так далее.

Торф – не только пространственный, но и временной индикатор загрязнения. Торф болота накапливает информацию о загрязнениях за длительный период времени. В исследованиях динамики загрязнения лучше использовать торф верховых болот из-за низкого геохимического фона и замедленного биологического круговорота. Сфагновые мхи верховых болот в пределах одной природной зоны имеют стабильную скорость прироста, высокие адсорбционные способности и получают минеральное питание в основном за счет аэрозолей. Олиготрофные болота характеризуются высокой кислотностью геохимической среды, что препятствует окислению техногенной пыли и способствует осаждению активных форм тяжелых металлов. Информативность осушенных болот снижается.

Метод отмывки листьев широколиственных пород деревьев информативен при изучении сфер воздействия промышленных объектов. В Приморье по дальности проявления воздействия и спектру определения элементов этот метод оказался лучше, чем гидрохимическое опробование снега и дождевых вод. Недостатки: региональность, трудно определить уровень техногенного давления (количество атмосферных выпадений). Информативность метода зависит от ландшафтных условий: в пониженных гидроморфных геосистемах накопление атмосферных выпадений интенсивнее, чем на водоразделах.

Индикаторы нарушения геосистем характеризуют ответную реакцию на техногенное воздействие, передающееся через атмосферу. Это почва, почвенные и грунтовые воды, биота. Для этих индикаторов (биокосные и биотические компоненты), как и для всей системы, присущ механизм саморегуляции: чтобы воздействие запечатлелось в их памяти, оно должно превысить некий пороговый уровень, разный для разных систем и для разных индикаторов.

Индикаторы ранних стадий нарушения геосистемы должны обладать низким пороговым уровнем (высокой чувствительностью) и относительно малой скоростью восстановления. К таким индикаторам относится эпифитная лишайниковая и моховая растительность. Площадь проективного покрытия и видовое разнообразие эпифитных лишайников – чуткий показатель общей загрязненности атмосферного воздуха. Эпифитные мхи – реагируют на осаждение из атмосферы тяжелых металлов (даже малые количества). Информативны пробы напочвенных зеленых и сфагновых мхов.

Широко распространенный индикатор – почвенная и надпочвенная мезо- и микрофауна. Большая информация накапливается в почве, особенно в верхних горизонтах. Физические, физико-химические и химические свойства почвы быстро отражают изменения окружающей среды. Анализ химического состава почвенных вод позволяет определить загрязнения, поступающие в нижние горизонты и в грунтовые воды. Однако сбор почвенных вод – трудоемкая процедура, требующая специальных приспособлений, поэтому она используется редко.

Суть ландшафтной индикации состоит в том, что по состоянию ландшафта, его морфологической структуры, выявляется уровень загрязнения природной среды. Индикаторы загрязнения – степень нарушенности природного комплекса за счет выпадения или техногенных модификаций отдельных компонентов ландшафта, состояние отдельных его элементов (атмосферы, литосферы, биоты). На ранних стадиях воздействия или при низкой интенсивности техногенных нагрузок индикаторами выступают биотические компоненты, а при длительном интенсивном воздействии – нарушения на уровне морфологической структуры ландшафта.

Один из показателей – завершенность вертикальной структуры ландшафта. Интенсивное загрязнение биокосных элементов ведет к выпадению биотических элементов и к резкому упрощению вертикальной морфоструктуры ландшафта, к возвращению его на абиогенный уровень. Индикатор – коэффициент вертикальной нарушенности ландшафта



(отношение числа выпавших компонентов и элементов ландшафта к их числу в полном зональном природном комплексе). При росте длительности и интенсивности техногенных воздействий резко увеличивается информативность показателей нарушенности ландшафтов. Один из них - индекс техногенной модификации и трансформации ландшафтов (отношение площади техногенно модифицированных и трансформированных комплексов к общей площади ландшафта при определенном загрязнении природной среды).

В целом техногенная модификация ландшафтов в разных природных зонах идет по пути упрощения его морфологической структуры, а на ранних стадиях – усложнения структуры за счет появления новых факторов дифференциации, при этом техногенное воздействие выступает как самый значимый при формировании ландшафта, наряду с зональными и региональными факторами. Оценка дифференциации – важный показатель воздействия. Для количественной оценки дифференциации используют коэффициент раздробленности (показатель степени дробности морфоструктуры), который характеризует частоту смены природных комплексов. Также используется индекс дробности, отражающий сложность структуры, который рассчитывается как отношение числа ареалов природных комплексов к их площади.

Итак, показатели техногенной модификации ландшафта:

- 1) Завершенность морфоструктуры. Индикатор: коэффициент нарушенности (число компонентов в природных ландшафтах –  $N$ ; в нарушенном –  $N_m$ )  

$$K_n = (N - n_m) / N$$
- 2) Индекс техногенной модификации:  $I_t = S_m / S$ , где  $S_m$  – площадь модифицированная;  $S$  – общая площадь ландшафта.
- 3) Коэффициент раздробленности (индекс дробности): частота смены природных комплексов в ландшафте.  $K_r = n / S$ , где  $n$  – число природных комплексов,  $S$  – площадь.

Широко используется прием сравнения состояния и структуры ландшафта в зонах влияния производства при разном режиме воздействия. Один из первых этапов исследования – выделение зон с относительно одинаковым уровнем техногенного воздействия. Интегральным показателем воздействия служит приход вещества по основным ингредиентам выброса на  $1 \text{ км}^2$  площади в год. Приход вещества методически легко подсчитать, определив содержание техногенных выбросов в снежном покрове во время его максимальной высоты. Более стабильное многолетнее загрязнение индицируют почвы, особенно их верхние горизонты. По уровням прихода вещества в природные комплексы можно ограничить изолиниями сферы влияния и выделить зоны с одинаковым уровнем воздействия. Таким образом, выявление сферы воздействия возможно по одному из элементов ландшафта (содержание выбросов в атмосфере, снежном покрове, в почвах и др.). Канадские ученые для выделения сфер воздействия используют как индикатор состояния эпифитной растительности. Состояние высшей растительности, животного мира, резкое падение видового разнообразия тоже могут характеризовать степень техногенного воздействия.

Границы техногенной системы определяются границами зоны влияния промышленных предприятий, входящих в систему, на окружающую среду. Следует учитывать, что при одном и том же поступлении промышленных загрязнений конфигурация зоны нарушения природного комплекса будет зависеть от особенностей ландшафта. Например, в местности, где доминируют горные склоны, сфера воздействия будет больше, чем на равнине. Техногенные изменения ландшафта следует разграничивать с природными.

Внутри системы можно выделить зоны с разным уровнем воздействия и соответственно с разным состоянием природных компонентов. Выделяют зоны геохимического, биотического и геоматического воздействия. Если сфера воздействия предприятия

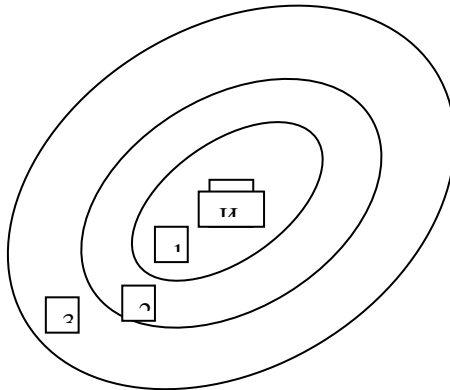
включает все три зоны, такая сфера называется **полной сферой воздействия**. **Неполная сфера воздействия** включает только зону геохимического воздействия или же две зоны: геохимического и биотического воздействия. Рассмотрим эти зоны.

**1. Зона геохимического воздействия.** Ее площадь для крупных предприятий может достигать нескольких тысяч квадратных километров. Эта зона характеризуется повышенным по сравнению с фоном поступлением техногенного вещества. Его концентрация в природных компонентах (снег, торф) может превышать фоновую в несколько раз. Однако уровень загрязнения в этой зоне ниже, чем порог устойчивости биотических компонентов. Если сфера промышленного воздействия ограничена этой зоной, следовательно, сила воздействия невелика и природные комплексы успевают перерабатывать загрязнения.

**2. Зона биотического воздействия.** Эта зона характеризуется изменением биоты: например, снижением биоразнообразия растительности или почвенной фауны. Поражаются эпифиты, страдают наиболее чувствительные виды древесной, кустарниковой, травянистой растительности. В природных компонентах этой зоны концентрация техногенных веществ превышает фоновую в десять и более раз. Воздействия выявляются не только по нарушению растительности, но и по изменению химизма почвы. При уменьшении воздействия биотические компоненты могут восстанавливаться, так как в биоценозах остаются жизнеспособные элементы. Внутри зоны биотического воздействия выделяют подзоны по степени нарушенности биоты, например: подзона поражения эпифитной растительности, подзона угнетения древостоя и так далее.

**3. Зона геоматического воздействия.** Характеризуется усилением воздействия и распространением его на литосферу. Превышение фонового содержания техногенных веществ в элементах ландшафта составляет десятки и сотни раз. Растительность представлена в основном пионерными группировками. Коренные фитоценозы распадаются, что способствует развитию водной и ветровой эрозии почв, заболачиванию, карстовым процессам и т.п. В итоге в пределах этой зоны происходит полная перестройка морфоструктуры ландшафта с образованием техногеома.

Структура сферы техногенного воздействия (количество и выраженность зон) зависит от устойчивости природных комплексов, величины и токсичности техногенных потоков, а также от длительности воздействия. Если территория однородна, зоны воздействия имеют эллипсовидную форму, но чаще границы размыты, сфера воздействия мозаичная.



Обозначения: ИВ – источник выбросов, 1 – зона геоматического воздействия; 2 – зона биотического воздействия; 3 – зона геохимического воздействия

Зона геоматического воздействия может быть выражена в сфере воздействия либо при малой устойчивости природных комплексов к загрязнению, либо при большой силе воздействия. Эта зона характерна для промышленных объектов, расположенных в горных районах, в зоне вечной мерзлоты, то есть там, где развитие эрозии. Заболачивания и других природных процессов сдерживается биотой, а при ее уничтожении развивается в полной мере. Наличие зон геоматического воздействия характерно для предприятий цветной металлургии (например, комбинат «Североникель», расположенный в подзоне северной тайги), химических производств («лунный ландшафт» в окрестностях некоторых заводов на Урале). Напротив, в сферах воздействия тепловых электростанций (ТЭС) в центре России зона геоматического воздействия чаще отсутствует.

В качестве интегрального показателя состояния природной среды предложена биологическая продуктивность ландшафтов и ее соотношение с зональной их продуктивностью. В. А. Красилов (1992) предлагает производить оценку ухудшения состояния природной среды по комплексу показателей, анализ которых позволяет выявить три состояния среды: неблагоприятное, кризисное и состояние экологического бедствия. Неблагополучное состояние среды характеризуется существенным отклонением параметров экосистем от нормального их развития в нетронутых условиях. Наиболее показательное увеличение отношения продуктивности к биомассе, морфомассы (отмершего органического вещества) к биомассе, биомассы консументов к биомассе первичных продуцентов, при сокращении видового разнообразия. В качестве показательного примера можно привести экосистему эвтрофицирующего водоема, для которого характерна ураганная продуктивность сине-зеленых водорослей, при том условии, что общая биомасса их увеличивается крайне незначительно. Между тем, масса отмерших водорослей, скопившаяся на дне водоема, растет существенно быстрее биомассы - рост последней, по мере зарастания поверхности водоема, может стать практически постоянным. И, наконец, на фоне резкого снижения биологического разнообразия экосистемы, обусловленного нарушением кислородного баланса, возможно активное размножение консументов, приспособившихся к указанным условиям. Эта особенность экосистемы используется, в частности, для интродукции в эвтрофицируемые водоемы некоторых видов рыб, свободно размножающихся в подобных условиях, однако не имеющих конкурентов и консументов второго порядка, способных регулировать их численность.

В. А. Красилов также предлагает интегральный показатель нарушения ценотического климаткса, отмечая, что кризисное состояние экосистемы соответствует дисклиматксу - снятию климатксной фазы или, иначе, нарушению квазистационарного состояния, к которому всякая экологическая система стремится в своем развитии. Состояние экологического бедствия характеризуется необратимым ретроградным развитием экосистемы, включая утрату системой самих системных свойств, вплоть до ее видового разнообразия. Однако и эти подходы, при достаточной сложности получения фактических данных, не обеспечивают в исчерпывающую оценку качества окружающей среды, если она рассматривается с позиций качества жизни и анализируется ее воздействие на здоровье человека. Очевидно также, что состояние природной среды или ее компонентов являются лишь частью такого сложного понятия, как качество жизни, предопределяющего степень благополучия или неблагоприятия существования общества и каждого его члена.

## **Раздел 2. Риск, его оценка и анализ**

## 2.1. Риск в природно-техногенных системах и политика приемлемого риска

Природная среда предоставляет человеку условия обитания и ресурсы для жизнедеятельности. Развитие хозяйственной деятельности улучшает условия жизни людей, но требует увеличения расхода природных ресурсов, энергетических и материальных. С другой стороны, хозяйственная деятельность связана с загрязнением окружающей среды, что ухудшает условия обитания человека. Кардинальное решение экологических проблем возможно при проведении ответственной экологической политики, одним из направлений которой является следование положениям **концепции экологического риска**. Сущность этой концепции заключается в том, что в ходе любой хозяйственной деятельности сводится к минимуму возможность нанесения ущерба экологической обстановке. Основопологающим понятием является **степень риска** нанесения ущерба окружающей среде.

Считается, что слово «риск» имеет французское происхождение. Хотя итальянцы утверждают, что рисковать (лабиринт между скалами) - их исконный глагол. Словарь Даля обсуждает два оттенка этого слова. С одной стороны, рисковать значит пускаться наудачу, отважиться, отдать себя на волю случая, надеясь на счастье. С другой стороны, рисковать - подвергаться известной опасности, превратности, неудаче.

Существует множество толкований понятию «риск». В общем случае риск можно определить как возможную опасность какой-либо неудачи, возникшую в связи с предпринимаемыми действиями, а также сами действия, при которых достижение желаемого результата связано с такой опасностью. Понятием «риск» пользуются многие естественные и социальные науки, каждая из которых разрабатывает свои методы исследования риска. Обсуждаются разные виды риска. Выделяют, например, экологический риск, экономический, медико-биологический, социальный, психологический, правовой, политический.

Основное определение: риск – это событие или группа родственных случайных событий, наносящих ущерб объекту, обладающему данным риском.

Случайность наступления события означает невозможность точно определить время, а иногда и место его возникновения. Риск может быть связан с материальным объектом (человек или имущество) или с нематериальным свойством объекта (например, имущественный интерес). Ущерб – это ухудшение или потеря свойств объекта. Для человека это может быть потеря здоровья или жизни, для имущества – разрушения или потеря потребительских свойств. Если риск связан с имущественным интересом, ущерб может выражаться в снижении прибыли. Ущерб может быть выражен в натуральном виде (физический) или в стоимостном выражении (экономический).

В 80-х годах Госпланом, Госстроем и Президиумом Академии наук СССР была разработана методика оценки ущерба. Ущерб экономический - вред окружающей среде, приводящий к ущербу имущественным интересам природопользователя (собственника, владельца, пользователя, арендатора природных ресурсов) в виде прямой утраты материальных ценностей, потери вложенных затрат, неполучения предполагаемых доходов, вынужденных расходов на восстановление имущественных потерь.

Экологический риск - это вероятность возникновения отрицательных изменений окружающей среды или последствий этих изменений, возникающих вследствие отрицательного антропогенного воздействия на окружающую среду. Экологический риск в этом случае выступает как мера экологической опасности. Такое понимание полностью согласуется с трактовкой Ю. А. Израэля, разработавшего концепцию предельной нагрузки на окружающую среду и уделявшего много внимания вероятностным подходам к оценке риска

Обратное экологическому риску понятие – **экологическая безопасность**, под которой понимается степень защищенности территориального комплекса, экосистемы

или человека от возможного экологического поражения, определяемая величиной экологического риска. Деятельность многих промышленных предприятий предвзывает повышенные требования к обеспечению безопасности. В промышленности существует понятие «управление риском» – это специально организованный процесс, цель которого – уменьшить или компенсировать ущерб, наносимый предприятием, как окружающей среде, так и конкретному человеку. В большинстве технических систем риск аварии может быть определен и сведен до минимального уровня.

В последние годы стало ясно, что жизнь каждого человека протекает в системах, слишком сложных для того, чтобы быть полностью предсказуемыми. Всегда присутствует какой-то риск для нашего благополучия, здоровья, жизни. Любой человек может умереть раньше генетически определенного срока. Приемлемым можно считать уровень биологического риска, то есть вероятность родиться с генетическим нарушением при фоновом уровне мутагенов в окружающей среде, риск получить сердечное заболевание при правильном образе жизни, риск погибнуть от молнии, землетрясения или другого экстремального природного фактора. Вероятность преждевременной гибели по независимой от человека причине оценивается величиной примерно  $10^{-6}$ . Если определен показатель естественной видовой смертности  $R_{вид}$ , то дополнительный риск гибели можно выразить через  $R_{доп}$ . Тогда в соответствии с правилом 10% можно записать, что  $R_{доп} = 0,1 * R_{вид} = 10^{-5}$  (чел/год). Сегодня во многих развитых странах уровень приемлемого риска гибели для человека оценивается как  $10^{-4}$  -  $10^{-5}$  (чел/год). При проектировании технических систем такой уровень риска также считается приемлемым. Однако вероятность аварии для любого технического устройства не остается постоянной. По мере эксплуатации эта вероятность может возрастать из-за износа деталей, достигая через какое-то время единицы. Поэтому время эксплуатации любого устройства устанавливается не на срок вероятного сохранения работоспособности, а на время, в течение которого риск возрастает до максимального допустимого предела  $10^{-4}$ .

Следует отметить, что риск не может быть оценен точно, поскольку последствия техногенных воздействий на природную среду и человека зависят от ряда эффектов. **Кумулятивный эффект** отмечается когда в результате долговременных воздействий фактора на объект происходит резкое изменение его свойств, что объясняется суммированием слабых количественных сдвигов в системе. **Синергетический эффект** отмечается когда взаимодействие разных факторов приводит к возникновению нового, непредвиденного результата. **Эффект нелинейности дозовых воздействий** наблюдается когда организм проявляет сверхчувствительность по отношению к очень слабым воздействиям, в то время как сильные воздействия приводят к стрессу, нарушающему процессы метаболизма, что способствует снижению сопротивляемости к любым неблагоприятным факторам среды. **Эффект отсроченных изменений** заключается в формировании терагенных и мутагенных последствий воздействия.

Не все люди достигают максимальной видовой продолжительности жизни. Эта разница выражается через показатель «недожития» (dT), по которому можно судить о степени опасности в конкретных условиях жизни. Риск по этому параметру можно ранжировать, выделяя несколько уровней:

- пренебрежимый риск, когда не требуется повышения мер безопасности, когда  $dT > 0$ . Для такого риска принимается уровень  $10^{-7}$  (чел./год).
- приемлемый риск, когда небольшой показатель недожития компенсируется высоким уровнем жизни за счет технического прогресса, порождающего риск;
- оправданный риск, при котором отдельные группы людей в ограниченное время выполняют свои профессиональные обязанности в условиях повышенного риска. Такая деятельность должна компенсироваться в виде дополнительного заработка, льгот, гарантии возмещения возможного ущерба и т.п.

- чрезмерный риск, при котором контингенты людей, подвергающихся реальному риску в экстремальных ситуациях должны находиться под особым контролем и получать за этот риск повышенную плату или льготы, определяемые в соответствии с «ценой жизни».

Принцип нулевого риска («настолько низко, насколько это достижимо на практике») был популярен в нашей стране до 70-х годов, когда любая техногенная опасность рассматривалась как чрезвычайная и предполагалась к исключению из хозяйственной деятельности. Эффективность технических систем безопасности и степень их надежности определялась на основании экологических нормативов. Нормативный подход, основанный на учете предельно-допустимых концентраций (ПДК) веществ в различных средах, предельно допустимых воздействий на окружающую среду и других норм, долгое время был приоритетным в государственной политике нашей страны. Однако эффективность нормативного подхода оказалась невысока, кроме того, он оставлял возможности для субъективизма в отношении норм и манипулирования ими. Практика показывает, что цель достижения нулевого риска на самом деле просто декларируется, при этом создается режим наибольшего благоприятствования одной деятельности за счет другой, что отрицательно сказывается на уровне безопасности в целом.

**Концепция экологической безопасности**, в основе которой лежало использование гигиенических нормативов при оценке возможного воздействия на окружающую среду сегодня рассматривается как устаревшая. В основу экологической политики России закладывается **концепция экологического риска**, согласно которой принятие оптимальных решений с природоохранной точки зрения означает экономически и социально обоснованное сведение к минимуму отрицательного воздействия проектируемого объекта на экосистему. Вред окружающей среде в результате антропогенных воздействий и природных процессов признается неизбежным, однако он должен быть сведен до минимума, быть экономически и социально оправданным. Для этого необходимо выявление всего комплекса факторов, отрицательно влияющих на окружающую среду. На этой основе рассматриваются разные варианты деятельности, и выбирается оптимальный вариант.

**Политика приемлемого риска**, которой отдается предпочтение в настоящее время, основана на стремлении к совершенствованию технических систем, к улучшению здоровья человека и общества, а также качества окружающей среды. Она предполагает разработку методов оценки факторов риска, а также разработку оценок безопасности, основанных на показателях состояния здоровья человека и качества окружающей среды. Кроме того, необходима разработка методов установления приемлемого баланса между опасностями и выгодами при осуществлении конкретной хозяйственной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других предпочтений и факторов. Новая форма контроля безопасности должна базироваться на мониторинге воздействия факторов опасности на здоровье человека и на состояние окружающей среды. Это означает, что главными показателями безопасности должны стать здоровье населения и качество окружающей среды, а не показатели надежности и эффективности технических систем безопасности.

Любые хозяйственные решения должны приниматься с таким расчетом, чтобы не превысить пределы устойчивости окружающей среды. Установить эти пределы очень трудно, так как неизвестны пороговые величины многих факторов, превышение которых приведет к исчерпанию резервов устойчивости экосистем и к невозможности компенсации нанесенного ущерба за счет естественных механизмов саморегуляции. Поэтому необходимо проводить вероятностные, многовариантные расчеты экологического риска с выделением риска здоровью человека и риска для природной среды.

В рамках концепции риска необходимо учитывать риск аварий и катастроф на предприятиях и на транспорте. Оценка риска аварии необходима постоянно, так как вероятность ее возникновения зависит не только от проектных параметров, но и от текущей ситуации, от управленческих решений, хода технологического процесса, состояния оборудования, подготовленности персонала, а также от внешних условий. Предупреждение аварии возможно при постоянном контроле над процессом и прогнозировании риска.

Разнообразие предприятий делает практически невозможным унификацию оценки риска. В основе формализованной оценки риска возникновения аварии лежит деление локальных рисков на две группы. Первая группа оценок риска формируется с учетом интервалов значений параметров процесса технологического режима: скорость, давление, температура, вибрация, масса продукта и т.д. Вторая группа оценок риска формируется по ситуациям, в зависимости от комбинации нескольких параметров технологического процесса. Количество возможных ситуаций определяется на базе имитационного моделирования этих ситуаций. На основе локальных исследований оценок риска производится комплексная оценка.

Вероятность крупной экологической катастрофы, связанной с техническими авариями, также может быть оценена. Создатели технической системы должны добиться социально и экономически приемлемого уровня риска. В то же время, при размещении на одной территории нескольких потенциально опасных предприятий, экологический риск возрастает. В сверхсложных социоприродных системах, количество элементов в которых слишком велико, взаимодействия между ними не могут быть надежно оценены и смоделированы. В такой ситуации невозможно дать количественную оценку риска, то есть риск становится неопределенным. Нередко отсутствие количественной оценки риска понимается как отсутствие самого риска, и такие проекты получают «добро» на реализацию. При этом тяжелые последствия зачастую многократно превосходят экономический или социальный эффект. Так было с проектом орошения рисовых полей водами Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи, что ускорило падение уровня Арала и привело к развитию в Приарале экологической катастрофы. Дополнительно полученные урожаи риса и хлопка оплачены потерями от исчезновения рыболовства на Арале, разрушения инфраструктуры поселений в Кара-Колпакии. Разнос на сотни километров солей с обсыхающих отмелей Аральского моря привел к массовому ухудшению здоровья населения региона.

Огромные средства, вложенные в сооружение дамбы, отделяющей залив Кара-Багаз-Гол от Каспия, оказались выброшены на ветер. Это стало очевидно после того, как падение уровня Каспия сменилось подъемом в результате естественных колебаний.

Многочисленные примеры нарушения состояния крупных экосистем привели к осознанию необходимости учета неопределенных рисков. Это одна из причин того, что Закон РФ об экологической экспертизе требует проведения наряду с официальной государственной экспертизой еще и общественной экспертизы любого проекта.

Насыщение производства современной техникой резко повисило отставание от него общекультурного развития человечества, что создает разрыв между уровнем риска и готовностью людей к обеспечению безопасности. Только в нефтеперерабатывающей промышленности ежегодно в мире происходит около 60 катастроф, уносящих жизни людей и наносящих ущерб окружающей среде. Устойчивое развитие предполагает управление рисками (менеджмент риска). Для его внедрения в практику требуется высокий уровень культуры, образования в обществе, что позволит противостоять ведомственным интересам.

## 2.2. Классификация и оценка рисков

В основе классификации рисков могут лежать: род опасности; характер деятельности или объекты, с которыми связаны риски. По роду опасности выделяют техногенные (антропогенные), природные и смешанные риски.

**Техногенные риски** порождены хозяйственной деятельностью человека и могут быть связаны с авариями на промышленных предприятиях или на транспорте, с загрязнением окружающей среды и с другими антропогенными воздействиями. Например – огневые риски, связанные с возгоранием различных объектов, могут быть следствием неосторожного обращения человека с огнем (лесные пожары из-за разведения костров и т.п.).

**Природные риски** не зависят от деятельности человека. Сюда относят риски, связанные со стихийными бедствиями: землетрясениями, ураганами, тайфунами, ударами молнии и т.п.

**Смешанные риски** это события природного характера, инициированные хозяйственной деятельностью человека, либо напротив – аварии на предприятиях или на транспорте, вызванные стихийными бедствиями (например – наводнение из-за разрушения плотины или крушение поезда вследствие урагана).

По объекту, на который направлен риск, можно выделить риски экономические, социальные, медицинские, экологические, технологические, правовые, политические.

Объектом экологического риска являются экосистемы, биота, окружающая среда. Экологический риск определяют как вероятностную меру опасности причинения вреда природной среде в виде возможных потерь за определенное время. Таким образом, экологический риск – это оценка на всех уровнях (от точечного до глобального) вероятности появления негативных изменений в окружающей природной среде.

Оценка экологического риска представляет собой исследование, в котором факты и научный прогноз используются для определения возможного экологического поражения. Экологическое поражение – это значительное региональное или локальное изменение условий среды, приводящее к разрушению местных экосистем, хозяйственной инфраструктуры, серьезно угрожающее здоровью и жизни людей, наносящее заметный экологический ущерб. Таким образом, экологический риск можно рассматривать как вероятность экологического поражения с учетом возможного ущерба.

Экологические поражения бывают резкие, внезапные (катастрофа) или протяженные во времени. Катастрофы бывают природные (стихийные бедствия, природные пожары, сильные снегопады, эпидемии, массовые размножения грызунов или насекомых и т.д.) и техногенные (промышленные и коммуникационные аварии, взрывы, антропогенные возгорания, разрушения зданий и сооружений и т.п.).

Техногенные катастрофы – неконтролируемые события, ставшие причиной смерти и травм многих людей, больших экономических потерь и существенного загрязнения окружающей среды. Например в 1984 году в Индии произошла крупнейшая в истории человечества техногенная катастрофа на химическом предприятии. На заводе американской компании «Юнион карбайд» в городе Бхопал произошел взрыв, в результате которого в атмосферу были выброшены десятки тонн метилизоцианата, сильно яда многостороннего действия. В первые часы после взрыва пострадало 150 тысяч человек, тысячи людей ослепли, около 2 тысяч погибли. Наиболее известной техногенной катастрофой XX века является радиационная катастрофа на атомной станции в Чернобыле в 1986 году. При оценке масштабов техногенной катастрофы за основу принимают различные показатели: количество погибших, общее число пострадавших, финансовые потери, характер ущерба окружающей среде, социальные последствия и т.д. По числу пострадавших крупнейшей техногенной катастрофой является химическая авария в Бхопале, если же учесть финансовые, социальные, морально-психологические и экологиче-



ские последствия, вред, нанесенный не только современникам, но и будущим поколениям людей, самой страшной катастрофой несомненно является Чернобыльская. Только финансовые затраты на ликвидацию ее последствий уже превысили доход от работы всех АЭС бывшего СССР.

Длительные, протяженные во времени поражения могут быть связаны с затягивающим воздействием катастрофы или с постепенно нарастающими негативными изменениями («ползучая катастрофа»). Протяженные во времени воздействия также могут быть природными или антропогенными, причем масштаб поражения бывает очень велик. Природные поражения, протяженные во времени, могут быть связаны с последствиями стихийного бедствия, нарушившего функционирование экосистемы или уничтожившего ее. Последствия такого события со временем ослабевают, на пораженной территории идут сукцессионные процессы. Антропогенные длящиеся воздействия могут быть связаны с загрязнением природной среды при аварийных выбросах химических или радиоактивных веществ, либо изменения в окружающей среде могут развиваться постепенно в результате хронических техногенных загрязнений или экологических просчетов при реализации хозяйственных проектов.

Так в результате нерационального использования водных и земельных ресурсов почти иссяк сток рек Аму-Дарья и Сыр-Дарья в Аральское море. В результате за тридцать лет с 1960 по 1990 год уровень моря упал на 13 метров, площадь акватории уменьшилась на одну треть, объем воды в море снизился на 60%, в некоторых местах вода отступила на 100 километров. При этом соленость воды возрасла в 2,5 раза, погибли рыбы, исчезли прибрежные растения, а с ними – множество пушных зверей и птиц. С обнаженного морского дна в атмосферу ежегодно поднимается 15-75 миллионов тонн ядовитой соли. Соляные бури воздействуют в радиусе до 500 километров от моря. Идет опустынивание большой территории. Уникальное творение природы – огромное море среди песков – утратило свои терморегуляторные функции. Климат в регионе стал более суровым. Катастрофически осложнились условия жизни почти миллионна человек: жителей Кара-Колпакии, ряда областей Казахстана и Туркмении. «Слоновые дозы» ядохимикатов проникают в организм людей с пылью и соленой водой, разрушая физическое и генетическое здоровье. Сегодня каждый третий житель пораженных территорий болен, особенно страдают дети. Арал, как и Чернобыль, являются примерами экоцида. **Экоцид** – значительное угнетение и гибель экосистем, различных организмов, в том числе и людей, под влиянием резких или длительных антропогенных нарушений нормальных экологических условий.

Большинством исследователей экологический риск определяется как вероятность возникновения в природной среде при антропогенном воздействии нарушений, которые могут быть неблагоприятны для дальнейшего функционирования и состояния экосистем. Экологический риск трактуется как совокупность условий, угрожающих среде обитания, здоровью и жизни людей. Напротив, безопасность – это такое состояние объекта, при котором риск для него или от него не превышает некоторого приемлемого уровня. Риск для общества определяется как масштаб опасного события, например – природного бедствия, умноженный на вероятность его возникновения. Количественно риск от определенных бедствий иногда выражают числом погибших в единицу времени.

Сегодня оценка экологического риска закладывается в основу принятия любых хозяйственных решений. При этом учитываются следующие правила допустимого экологического риска: неизбежность ущерба для окружающей природной среды; минимизация ущерба; реальная возможность восстановления потерь в природной среде; отсутствие вреда здоровью человека и необратимых изменений в природной среде; соразмерность экологического вреда и экономического эффекта.

Для техногенных чрезвычайных ситуаций различают три главных составляющих оценки антропогенного экологического риска:

- оценка влияния на здоровье человека и возможного числа жертв;
- оценка влияния на состояние биоты, в первую очередь – растений (фотосинтезирующих организмов, продуцентов);
- оценка воздействий загрязняющих веществ на человека и окружающую среду.

Для стихийных бедствий оценка природного риска должна включать расчеты возможного числа погибших и пострадавших людей, а также экономических потерь.

Оценка риска проводится, в частности, при экологической экспертизе проектов или действующих производств. Экологическая экспертиза – оценка соответствия объектов (проектов, планов, мероприятий, технологий и др.) требованиям экологической безопасности общества. Это сложное, комплексное междисциплинарное исследование, которое должны проводить специально подобранные группы квалифицированных экспертов. Если риск оказался высоким, предлагается принять соответствующие меры по его снижению. Например, может быть предложено провести обеззараживание местности, закрыть вредный цех, запретить потребление данного вида пищи, отклонить новый проект.

Например, в связи с загрязненностью рек США полихлорбифенилами, которые накапливаются в рыбах, в штате Нью-Джерси была проведена оценка риска заболевания раком печени. Оценка показала, что потребление в пищу 37 граммов полосатого окуня из реки Гудзон ежедневно приводит к росту заболеваемости, который намного превышает средний уровень и составляет 38 случаев на 100 тысяч человек в год. По результатам оценки риска был наложен запрет на ловлю некоторых видов рыб из реки Гудзон и предложено ограничивать их употребление в пищу. Беременным детям и женщинам рекомендовано совсем отказаться от употребления данных видов рыбы, а остальным жителям – не употреблять их чаще, чем один раз в неделю.

Существует понятие **общий риск**, который оценивается как число смертей в год в расчете на 1000 человек среднего по возрасту населения. Общий риск включает в себя социально-экономический и техногенный риски. Социально-экономический риск это число смертей в год на 1000 человек среднего по возрасту населения, обусловленный недостаточным уровнем развития экономики, низким уровнем жизни, недостатком питания. Социально-экономический риск можно представить как функцию среднего годового дохода:  $R_{c-3} = 280/L^{1/3}$ , где L – средний годовой доход человека в долларах США.

**Техногенный риск** – это число смертей в год на 1000 человек среднего возраста, обусловленных причинами, связанными с хозяйственной деятельностью человека. В промышленной безопасности используется такая формула величины риска:  $R = A * g$ , где A – величина ущерба, g - вероятность наступления события.

**Промышленный риск** – опасность нанесения ущерба предприятию или третьим лицам вследствие нарушения нормального хода производственного процесса. Сюда же относится опасность повреждения или утери оборудования и транспорта, разрушение зданий и сооружений предприятия в результате действия внешних сил (стихийные бедствия) или третьих лиц (злоумышленники).

В 1994 году несколько международных организаций: UNEP (Программа ООН по окружающей среде), UNIDO (Программа ООН по промышленному развитию), IAEA (Международное агентство по атомной энергетике) и ВОЗ (WHO, Всемирная организация здравоохранения), разработали рекомендации для оценки и управления риском, связанным с угрозами здоровью людей в результате работы энергетических и промышленных комплексов.

Самым серьезным для промышленного производства является риск отказа машин и оборудования, крайний случай – аварийная ситуация в результате событий природного, техногенного или смешанного характера (как нефтяной фонтан при бурении

скважины, оползень при строительных работах и др.). Авария может привести к таким неблагоприятным последствиям, как **взрыв**, например в результате утечки газа или образования горючей воздушной смеси; **пожар** в результате взрыва или возгорания легко воспламеняющихся веществ; **поломка механизмов и оборудования** (механические поломки, нарушения электроснабжения, разрушение материалов из-за химического воздействия и др.); **нанесение ущерба окружающей среде** (утечка и выбросы в атмосферу ядовитых веществ, пожары, взрывы, загрязнение акваторий мирового океана при авариях судов и т.п.). Ущерб окружающей среде наносится при освоении природных ресурсов, при строительстве дорог и промышленных объектов. Результатом аварии может также стать нанесение ущерба персоналу предприятия (гибель, нарушение трудоспособности, или экономический ущерб из-за остановки производства). Могут также пострадать третьи лица, например при взрыве или при распространении ядовитых химических веществ за пределы предприятия. В этом случае также возможен как имущественный ущерб, так и физический (ущерб здоровью). Следствием аварии или поломки оборудования может стать остановка или снижение производства продукции, что приводит к потере части прибыли предприятия, из-за уменьшения количества произведенной продукции, а также в результате судебных исков в связи с недопоставками.

Любое превышение пределов допустимого экологического риска на отдельном предприятии должно пресекаться по закону. Для этого их деятельность ограничивают или приостанавливают. На стадии принятия решений о строительстве нового предприятия допустимый экологический риск оценивают с помощью государственной экологической экспертизы, в случае его превышения материалы отклоняют.

**Индивидуальный риск** – это вероятность возникновения поражающих воздействий определенного вида в конкретной точке пространства. Этот показатель характеризует пространственное распределение разных видов риска. На основе информации о пространственном распределении риска строятся **карты риска**, на которых показаны территории с разной степенью риска. Такие карты помогают эффективно решать вопросы, связанные с управлением рисками и планировать социально-экономическое развитие региона. Средний уровень индивидуального риска для населения России на два порядка превышает допустимый уровень, принятый в развитых странах, однако в стране не реализуется концепция нормирования рисков.

Группой экспертов Агентства по охране природы США создана и используется «система экологических рисков». Они разбили всю совокупность экологических проблем на группы по степеням риска. Рассматриваются совокупный, медицинский, экологический и экономический риски.

Высокий (средний) совокупный риск связан в этой системе с загрязнением воздуха, водоемов и продуктов питания. Малый (средний) совокупный риск связан с загрязнением почвы и подземных вод в результате свалок опасных отходов, с подземным хранением отходов.

Высокий медицинский (малый экологический и экономический риск) связан с загрязнением вредными компонентами воздуха жилых помещений, продуктов питания, питьевой воды, потребительских товаров. Малый медицинский (высокий экологический и экономический) риск обусловлены потеплением климата, загрязнением водных акваторий и т.д.

Оценка вероятного риска необходима для мест хранения отходов, для перевозки опасных грузов, для промышленных предприятий. Риск следует оценивать на этапах проектирования, строительства, при выборе способа перевозки, энергообеспечения и технологии производства.

### 2.3. Анализ экологических рисков

Техногенный и экологический риски можно определить как вероятностную меру возникновения техногенных и природных опасностей, которые сопровождаются формированием и действием вредных факторов и приводят к ущербу. Количество риска можно определить по формуле:  $R=R_1*R_2*R_3$ , где  $R$  – уровень риска, то есть вероятность нанесения ущерба человеку и окружающей среде;  $R_1$  – вероятность возникновения события или явления, лежащего в основе формирования и действия вредных факторов;  $R_2$  – вероятность формирования определенных уровней физических полей, концентраций вредных веществ и т.п., воздействующих на объекты биосеры, в том числе – на людей;  $R_3$  – вероятность того, что указанные уровни полей и концентраций приведут к определенному ущербу.

Математическое ожидание величины ущерба определяется по формуле:

$$R_{\text{мо}} = \sum_{i=1}^n R_i * Y_i, \text{ где } R_i - \text{вероятность возникновения опасного события, } Y_i - \text{величина ущерба при } i\text{-том опасном событии;}$$

$n$  – число опасных событий.

Принципиально оценка риска включает в себя идентификацию, собственно оценку и прогнозирование негативного воздействия на окружающую среду опасных производств, объектов или природных процессов. Согласно методологии оценки риска, принятой за рубежом и получившей распространение в России с середины 1990-х годов, в настоящее время выделяют экологический риск и риск для здоровья человека.

Экологический риск – функция от вероятности наступления нежелательного для окружающей природной среды события ( $P$ ) и масштаба его последствий ( $M$ ):  $R=R(P,M)$ . Риск для здоровья человека – функция от вероятности наступления нежелательного для здоровья населения события ( $P$ ) и масштаба его последствий ( $M$ ):  $R=R(P,M)$ .

Экологический риск и риск для здоровья человека имеют особое значение для промышленников, так как влекут за собой штрафы, различные санкции, денежные затраты на ликвидацию последствий загрязнения, а также влияют на имидж компании и на стоимость ее акций. Риск от загрязнения окружающей среды может быть видимым (очевидным) и невидимым (неочевидным), контролируемым и неконтролируемым. Согласно методике, разработанной Европейским банком реконструкции и развития (ЕБРР), анализ экологических рисков и рисков для здоровья человека проводится в шесть этапов.

1. Идентификация опасностей. Опасность – это условие, несущее в себе потенциал реализации нежелательных последствий (например, утрату имущества, болезни, смерть, вред ОС и т.д.).
2. Рассмотрение сценариев последствий. Сценарий последствий – нежелательное развитие событий, связанное с опасностью.
3. Оценка масштаба последствий. Масштаб последствий может быть выражен качественно (значительные, умеренные, малые) или количественно, например в денежном эквиваленте или в количестве пострадавших.
4. Оценка вероятности осуществления сценария, то есть возможности того, что данное событие произойдет. Она может быть выражена качественно (высокая, средняя, низкая) или количественно.
5. Оценка степени рисков. Степень риска – это произведение оценки вероятности осуществления нежелательного события и оценки масштаба последствий в том случае, если эти величины выражены количественно. Если эти величины выражены качественно, то можно воспользоваться матрицей оценки рисков, представленной в методике ЕБРР (таблица 1).

Таблица 1

Матрица оценки рисков

Вероятность сценария	Масштаб последствий	
	Незначительные	Умеренные
Низкая	Возможно, это приемлемо	Возможно, это приемлемо
Умеренная	Возможно, это приемлемо	Действовать в ближайшее время
Высокая	Возможно, это приемлемо	Действовать в ближайшее время

6. Оценка вариантов управления риском. На этом этапе необходимо предложить варианты устранения риска, снижения риска или контроля над ним. Из предложенных вариантов выбирается наиболее подходящий по соотношению затрат и эффективности. Здесь может помочь матрица реагирования на риск (табл.2).

Таблица 2.

Матрица реагирования на риск

Стоимость управления риском	Риск				
	Низкий	Низкий умеренный	Низкий высокий	Умеренный	Умеренный высокий
Низкая	2	2	1	1	1
Умеренная	3	3	2	2	2
Высокая	3	3	2	2	2

1 – стоимость управления риском достаточно мала, надо осуществлять данный вариант управления;

2 – анализ необходимо продолжить;

3 – стоимость управления риском слишком велика, необходимо искать другой вариант управления.

Конкретные цифры, находящиеся на границах ячеек данной матрицы, могут варьировать от объекта к объекту, так как понятия «низкая» или «высокая» стоимость, а также «умеренный» или «высокий» риск относительны.

Методика ЕБРР тесно связана с этапами оценки риска, разработанными Американски агентством по охране ОС:

#### 1) идентификация опасности;

На этом этапе происходит сбор информации об источниках негативных воздействий и выбор наиболее важных для анализа веществ. При этом следует учитывать различие в понятиях риск и опасность. Опасность – это любой фактор, при воздействии которого может наблюдаться негативное влияние на ОС и человека, то есть это качественная характеристика источника загрязнения, которая не зависит от наличия реципиентов и условий местности. Риск, напротив, можно рассчитать количественно, он возникает при непосредственном соприкосновении загрязняющего вещества с реципиентами, зависит от условий местности и от дозы. На начальном этапе оценки риска анализируются данные о загрязнителях, их распространении, возможных путях проникновения в организм реципиента, возможном ущербе для здоровья. Различают следующие пути воздействия на реципиентов: ингаляционный, пероральный, кожный. На практике невозможно учесть воздействия всех загрязняющих веществ из-за их большого количества, поэтому в первую очередь анализируются только особо опасные вещества. Критериями отбора таких веществ являются тяжесть эффекта, частота и продолжительность действия, способность накапливаться в организме и вызывать генетические изменения, а также спо-

способность трансформироваться в более токсичные вещества. Особое внимание уделяется канцерогенам, таким как соединения ртути, кадмия, свинца, никеля, хрома, бензапирен, формальдегид, полихлорированные бифенилы и др.

## 2) оценка экспозиции;

Экспозиция – соприкосновение реципиента с физическим, химическим или биологическим агентом. Она может быть измерена количественно в каком-либо объеме среды при непосредственном воздействии на организм реципиента за определенное время. Оценка экспозиции – определение продолжительности, характера и особенностей воздействия. Экспозиция рассчитывается как масса вещества, воздействующая за единицу времени (мг/день), как количество вещества в ОС (мг/м<sup>3</sup>), как количество вещества, отнесенное к массе тела и продолжительности воздействия (мг/кг\*день), то есть как суточная доза загрязнителя. В последнем случае расчет производится по формуле:

$$I = C_s * E_f * E_t * C_f2 * E_d * C_r / (D_w * A_t * Y_t), \text{ где}$$

I – величина поступления загрязнителя (мг/кг\*день);

C – концентрация действующего на реципиента химического вещества (мг/кг, мг/л или мг/м<sup>3</sup>);

E<sub>f</sub> – частота воздействия (дней/год)

E<sub>t</sub> – время воздействия (час/день);

C<sub>f2</sub> – пересчетный коэффициент (дней/час);

E<sub>d</sub> – продолжительность воздействия (лет);

C<sub>r</sub> – величина контакта, то есть количество химического вещества, контактирующего с органами реципиента в единицу времени (кг/день, л/день или м<sup>3</sup>/день);

D<sub>w</sub> – масса тела реципиента (кг);

A<sub>t</sub> – период усреднения экспозиции (лет);

Y<sub>t</sub> – число дней в году (день/год).

При оценке экспозиции обычно рассматривают селитебный (E<sub>t</sub>=24 часа/день) и рекреационный сценарии. При равенстве T<sub>d</sub> и A<sub>t</sub> в случае селитебного сценария суточная доза оценивается по формуле:  $I = C_s * C_r / D_w$

## 3) оценка дозы-эффекта;

На третьем этапе проводится оценка зависимости «доза-эффект». Под эффектом в данном случае понимается вредное воздействие загрязнителя на здоровье реципиента, характеризуемое величиной риска. Риск может быть годовым или пожизненным, индивидуальным или популяционным.

Все вредные вещества по своему действию подразделяются на две группы: канцерогены и неканцерогены. Канцерогены характеризуются отсутствием порога воздействия, то есть концентрации, ниже которой они безопасны. При длительном воздействии эти вещества в любой концентрации вызывают раковые опухоли. Согласно классификации американского агентства по охране ОС канцерогены делятся на пять групп:

- группа А – канцерогены для человека, для которых имеются достаточные доказательства канцерогенных свойств в эпидемиологических исследованиях;
- группа В – вероятные канцерогены для человека;
- группа С – возможные канцерогены для человека, для которых имеются ограниченные или неоднозначные доказательства канцерогенности в опытах на животных при отсутствии данных для человека;
- группа D – не классифицируемые как канцерогены для человека, для которых имеются неадекватные доказательства на животных;
- группа E – неканцерогены, для которых отсутствуют доказательства канцерогенности по крайней мере в двух адекватных экспериментах на животных разного вида или в эпидемиологических и экспериментальных исследованиях.

При анализе риска от воздействия канцерогенных соединений принимаются во внимание два вида риска: индивидуальный канцерогенный риск в течение всей жизни (пожизненный) и годовой популяционный канцерогенный риск.

**Индивидуальный пожизненный канцерогенный риск** определяется как дополнительный риск для особи популяции заболеть раком в течение жизни при воздействии конкретного канцерогенного вещества в определенной концентрации или дозе. Данный тип риска рассчитывается по следующей формуле:  $ICR=LANDD*SF$ , где  $ICR$  – индивидуальный канцерогенный риск,  $LADD$  – среднесуточное поступление загрязнителя за весь период жизни (мг/кг\*день), определяемое по методике ЕБРР;  $SF$  – фактор канцерогенного потенциала, или фактор наклона (мг/кг\*день)<sup>-1</sup>, отвечающий за связь между дозой вредного вещества и увеличением вероятности ракового заболевания реципиента в течение всей его жизни. Уровень приемлемого индивидуального (пожизненного) риска для здоровья человека в США и Западной Европе составляет  $10^{-6}$ , в России, согласно нормам радиационной безопасности, он составляет  $5*10^{-5}$ . По оценкам экспертов в настоящее время существующий уровень индивидуального (пожизненного) риска для здоровья человека, обусловленный загрязнением воздуха и воды, составляет от  $5*10^{-4}$  (Великий Новгород) до  $8*10^{-3}$  (Новокуйбышевск).

**Годовой популяционный канцерогенный риск** определяется в виде числа дополнительных случаев рака, ожидаемых в течение каждого года, на определенное количество особей популяции в результате воздействия конкретной дозы канцерогена. Данный тип риска рассчитывается по следующей формуле:  $PCR=(ICR*POP)/LT$ , где  $PCR$  – популяционный канцерогенный риск в течение года (особей/год);  $IR$  – индивидуальный канцерогенный риск от перорального воздействия;  $POP$  – число особей исследуемой популяции, подвергающихся вредному воздействию;  $LT$  – время воздействия, используемое при оценке индивидуального риска (средняя продолжительность жизни (лет) особей исследуемой популяции).

Поскольку обычно имеет место комплексное и/или многокомпонентное химическое загрязнение объектов ОС, то определяется суммарный (аддитивный) канцерогенный риск, обусловленный одновременным воздействием сразу нескольких канцерогенных химических соединений или одновременного поступления канцерогенного вещества несколькими путями:

$R_{сум}=R_1+R_2+.....+R_n$ , где  $R_{сум}$  – суммарный канцерогенный риск;  $R_1, R_2, R_n$  – канцерогенные риски, обусловленные компонентами смеси химических веществ.

Неканцерогены (диоксиды азота и серы, оксид углерода и др.) могут повышать уровень других заболеваний и смертности и при длительном и при кратком действии, для них определены концентрации, ниже которых риск отсутствует. Для оценки и характеристики неканцерогенного риска от воздействия целой группы веществ, не обладающих канцерогенным действием, используется так называемый коэффициент опасности (HQ), представляющий собой соотношение между величинами экспозиции (например, суточной дозой ADD) и безопасным уровнем воздействия, в качестве которого используются: референтная доза (RfD), референтная концентрация (RfC) или при их отсутствии отечественная предельно допустимая концентрация, установленная по санитарно-токсикологическому признаку вредности:  $HQ=ADD/RfD(RfC)$ . Чем больше величина HQ превышает 1, тем более значительную опасность может представлять анализируемое воздействие.

Для условий комплексного поступления (одновременного поступления вещества несколькими путями) и комбинированного воздействия (одновременного действия нескольких веществ) характеристикой суммарного неканцерогенного риска является величина индекса опасности HI:

$$HI=HQ_1+HQ_2+...+HQ_n$$

где  $HQ_1, HQ_2, HQ_n$  – коэффициенты опасности для нескольких веществ или разных путей поступления одного и того же вещества.

4) **Четвертый этап - характеристика и ранжирование рисков.** При этом канцерогенные риски ранжируются с использованием количественной шкалы, позволяющей определить количество дополнительных случаев заболеваний раком, а неканцерогенные риски ранжируются с использованием порядковой шкалы, позволяющей выявить вредные загрязнители. На данном этапе также важно проведение сравнений полученных оценок с результатами эпидемиологических исследований. Кроме того, на данном этапе проводится экономическая оценка риска.

5) **Далее наступает этап управления риском,** направленный на его снижение. Существуют два подхода к снижению экологического риска. Первый – анализ соотношения затрат на сокращение риска и выгоды от его уменьшения. В этом случае целесообразно сокращать риск до тех пор, пока затраты на его сокращение не станут больше, чем выгоды. Второй подход предполагает максимальное сокращение имеющегося риска путем использования конкретных ограниченных ресурсов, то есть достижения возможно большей эффективности по затратам.

Национальной академией наук США дано определение оценки риска для здоровья – это использование доступной научной информации и научно-обоснованных прогнозов для оценки опасности воздействия вредных условий факторов окружающей среды на здоровье человека. Определены необходимые и достаточные условия, которые создают угрозу риска для здоровья, связанную с загрязнением среды: существование самого источника риска, токсичного вещества в объектах окружающей среды или в продуктах питания либо реализация технологического процесса с использованием вредных веществ, присутствие данного вещества в дозе, вредной для здоровья и подверженность населения действию такой дозы токсичного вещества. Процедура оценки риска здоровью складывается из 4 стадий: идентификация опасности, оценка действующих доз, оценка зависимости доза-эффект и характеристика риска.

Т.Е.Гридэл и Б.Р.Алленби (2004) описывают количественную методику оценки экологического риска, основанную на оценке угрозы раковых заболеваний населения. Эта оценка состоит из пяти этапов: 1) идентификация опасности; 2) определение получаемой дозы; 3) определение вероятности нежелательного эффекта как результата полученной дозы; 4) выявление подвергнутого воздействию населения; 5) характеристика, то есть вычисление общего воздействия риска: численность подвергшегося воздействию населения, умноженная на вероятность того, что полученная доза вызовет нежелательный эффект:  $I=N \cdot P(d)$ .

Определение вероятности нежелательного эффекта при полученной дозе  $P(d)$  представляет наибольшие трудности при оценке риска, особенно когда рассматриваются маленькие дозы химических веществ, действие которых может сказаться спустя годы. Исследование канцерогенеза и мутагенеза проводят только на лабораторных животных, при этом используются большие дозы, которые позволяют добиться эффекта за короткое время. Затем дозы экстраполируют до обычного уровня, причем метод экстраполяции может сильно повлиять на результаты оценки риска.

Модели полной оценки риска основаны на признании того, что существуют разные категории риска, связанные с экологическими проблемами. В большинстве моделей используется классификация, принятая правительством Нидерландов, которая определяет три категории риска: 1) ущерб биологическим системам и людям в частности; 2) эстетический ущерб окружающей среде; 3) ущерб биосфере, фундаментальным биосферным процессам. Полный риск равен сумме трех видов риска.

Один из западных подходов к оценке качества окружающей среды основан на исследовании распределения часовых концентраций в конкретных местах проживания



населения или в местах нахождения важных природных объектов вблизи источника выбросов. При этом можно пролучить следующую информацию: с какой вероятностью может быть превышен предельный уровень концентраций в заданной точке; какова средняя концентрация вещества в течение года; с какой вероятностью можно ожидать превышения предельного уровня концентраций.

### **Раздел 3. Экологические катастрофы и их последствия**

#### **3.1. История катастроф и современные тенденции**

Экологическая катастрофа – это событие, вызванное природными или антропогенными причинами, разрушительное действие которого проявляется в рамках широких пространственно-временных пределов и вызывает гибель или нарушение здоровья людей, существенные изменения в живых системах, а значит и экономический ущерб вследствие неблагоприятных воздействий на человеческую деятельность и природные ресурсы.

Природные катастрофы на Земле происходили всегда. Ледниковые периоды на нашей планете были катастрофами планетарно-космического масштаба. Самый ранний известный ледниковый период имел место более двух миллиардов лет назад, последний – 15-70 тысяч лет назад. Крупные катастрофы были связаны с падением на Землю крупных метеоритов, с извержением и взрывами вулканов. Сегодня доказано, что исчезновение флоры и фауны мезозоя, в том числе – динозавров, было связано с планетарно-космическим катаклизмом. Это могло быть падение метеорита, встреча Земли с ядром кометы или прохождение через межзвездное облако.

В старинных хрониках описаны многочисленные стихийные бедствия и катастрофы, от которых страдали люди в прежние времена. Так во время землетрясения в Иудее в 153 году до нашей эры погибло 30 тысяч человек; в 526 году до нашей эры в Антиохии – 269 тысяч человек. Землетрясение в Китае в 1556 году нашей эры вызвало гигантский оползень и привело к гибели более миллиона человек.

По данным русских летописей в течение 1000 лет (X-XIX века) зарегистрировано 360 засух, 162 землетрясения, 137 наводнений, 136 «великих бурь», 350 голодных лет, 105 возвратов холодов в начале лета, 185 эпидемий и эпизоотий, 93 нашествия вредителей.

Вот как в одной из летописей (1553-1567 годы) описывается нашествие грызунов на Среднюю Волгу: «Пришла из лесов тучами великими мышь мелкая и поела на поле всякий хлеб, не оставив ни единого колоска. Мышь поела не только все в поле, но и в закормах. Люди отгоняли их метлами и лопатами, но тучи грызунов лишь умножались. Люди остались без хлеба».

В русских летописях регистрировались и медико-экологические последствия катастроф. Часто катастрофические события сопровождались вспышками инфекционных болезней людей и животных. Например, в Киеве в 1091 году было землетрясение и возникла эпидемия язвы («мор язвой») и эпизоотия (гибель коней). Отмечены эпидемии и в связи с голодом в Новгороде в 1291 году и т.д.

Динамика катастроф в пространстве и во времени подчиняется определенным тенденциям. Так можно заметить рост частоты экстремальных природных явлений, зарегистрированных в русских рукописных источниках (табл.4).

Таблица 4

Рост частоты экстремальных природных явлений от XI до XIX века

Век	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX
Количество катастроф	66	80	162	181	211	215	268	298	378	671

Статистика последних десятилетий подтверждает эту тенденцию (табл.5).

Таблица 5

Количество катастроф в последние десятилетия XX века в России

Виды катастроф	Среднегодовое количество катастроф		
	1960-1970	1970-1980	1980-1990
Наводнения	15	22	32
Тайфуны, циклоны и т.п.	18	18	23
Землетрясения	7	8	13
Засухи	5	10	12

Катастрофы со временем становятся все более разрушительными. Растет число жертв катастрофы материальный ущерб от них. По неполным данным в 60-ые годы XX века в катастрофах ежегодно погибало в среднем 22700 человек, а в 70-ые годы – 114080 человек.

По данным МЧС России (Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий) в 1996 году количество чрезвычайных ситуаций составила 1076, а в 1997 году - 1582. Подразделения войск гражданской обороны (ГО) и поисково-спасательная служба (ПСС) более 4500 раз участвовали в операциях по спасению людей, их усилиями были спасены более 11000 человек.

По прогнозу экспертов МЧС тенденция роста опасности природных и техногенных процессов сохранится в РФ и в последующие годы. Регионами, где риск является максимальным, названы Дальний Восток и Северный Кавказ. Велик также риск в сейсмоопасных зонах: на Камчатке, Курильских островах, острове Сахалин, в Байкальском регионе.

По частоте возникновения в последние годы первое место занимают метеорологические катастрофы: наводнения, засухи, циклоны, тайфуны и т.п.), на втором месте – антропогенные чрезвычайные ситуации (выбросы токсических веществ, хронические загрязнения окружающей среды и т.п.), на третьем – геофизические (землетрясения, извержения вулканов, цунами). В промышленных странах наиболее значимы по своим последствиям техногенные катастрофы на промышленных предприятиях и на транспорте. В развивающихся странах природные катастрофы чаще приводят к гибели многих людей, тогда как в развитых странах выше материальный ущерб. По оценке Р.Кейста ежегодная вероятность гибели от природных катастроф в развивающихся странах составляет  $10^{-6}$ , а в развивающихся странах –  $10^{-5}$ .

В развивающихся странах тяжелее и последствия техногенных катастроф. За период с 1960 по 1981 год в среднем на одну катастрофу в развитых странах приходилось 135 погибших, а в развивающихся – более 200. Причинами этого являются демографический взрыв, деградация окружающей среды вследствие нерационального природопользования и высокая социальная уязвимость населения, широкое распространение нищеты. В результате действия данных факторов жители развивающихся стран вынуждены заселять места с высоким риском природных и техногенных катастроф.

Например, десятки тысяч крестьян, заселивших склон вулкана Агунга на острове Бали в Индонезии, стали жертвами его извержения в 1963 году. В результате катастрофы на химическом заводе в Бхополе (Индия) в 1985 году, расположенном вдали от города, пострадали в основном бедняки, поселившиеся вокруг завода.

Нерациональное природопользование в развивающихся странах, например, вырубка лесов под посевы, способствует возникновению частых засух и наводнений. По этой причине в Индии, например, площадь территорий, подверженных наводнениям, в 1970-1980 годах возросла с 20 млн.га до 40 млн.га, а материальный ущерб от наводнений возрос в 14 раз за 20 лет с 1950 до 1970 года.

Природные катастрофы разных видов чаще всего происходят в определенных регионах. Для Африки характерны засухи, для Индии – наводнения, для Тихоокеанского побережья Америки – ураганы и тайфуны. На территории России Курило-Камчатская зона – это зона вулканов и цунами, для Кавказа, Урала характерны сели, оползни, землетрясения. Одна из особенностей природных катастроф – каскадность их проявления: землетрясения провоцируют оползни, обвалы, сели, а иногда – штормы и цунами.

В 1988 году в Научном центре по эпидемиологическим катастрофам (CRED) в Брюсселе начаты работы по составлению базы данных природных катастроф в мире. Включались катастрофы, в которых погибло не менее 10 или пострадало не менее 100 человек. За 35 лет было рассмотрено 6385 случаев, связанных с семью наиболее распространенными опасностями (землетрясения, наводнения, тайфуны и штормы, засухи, извержения вулканов, экстремальные температуры, оползни). Показан закономерный рост числа катастроф. В 1990-1994 году среднее ежегодное количество катастроф возросло по отношению к 1965-1969 годам в три раза. Отмечено снижение защищенности людей и техносферы. За период с 1962 по 1992 годы число погибших возрастало ежегодно на 4,3%, пострадавших – на 8,6%, материальный ущерб – на 6%. За 35 лет от 7 видов катастроф погибло 3,8 миллионов человек. Рост тяжести последствий природных катастроф связан с социально-экономическими факторами: рост бедности в развивающихся странах увеличивает их уязвимость.

По количеству погибших и пострадавших лидируют 4 вида катастроф (данные 1963-1992 годов): засухи (33), речные наводнения (32%), тропические циклоны (20%) и землетрясения (4%). Среди континентов по количеству природных катастроф с большими жертвами (100 и более погибших) лидирует Азия (378 событий), гораздо меньше таких катастроф произошло за тот же период в Европе (44 события) и Северной Америке (41 событие). Из 17 катастроф с жертвами более 50 тысяч человек 15 произошло в Азии.

Относительное количество пострадавших максимально в Африке, здесь произошло наибольшее количество катастроф с числом жертв, превышающим 1% населения страны – 181 случай. Это связано с большой раздробленностью Африканского континента государственными границами. В Азии за тот же период произошло 138 таких случаев, в Европе – всего 8, в Северной Америке – ни одного.

Существует множество определений понятию «катастрофа» и множество их классификаций. Согласно распространенному мнению, все катастрофы объединяются действием деструктивных сил, вызывающих гибель людей и материальный ущерб. Но природные катастрофы не всегда вредят населению (например, землетрясение в пустыне). В середине 60-х годов XX века ЮНЕСКО начала ежегодно публиковать регистрируемые природные катастрофы. В 1969 году зарегистрировано 759 событий, но лишь 12 из них признаны катастрофами, в которых пострадали люди.

Научная группа по изучению природных факторов риска университета Колорадо (США) относит к катастрофам события, связанные с гибелью или тяжелыми ранениями более 100 человек и с материальным ущербом свыше 1 миллиона долларов США. Однако, например, железнодорожная авария может быть связана с большим материальным ущербом, но не связана с серьезными экологическими последствиями и с большим количеством жертв. В 1980 году извержение вулкана Святой Елены (США) привело к экологическому бедствию: уничтожению хвойного леса на площади несколько десятков тысяч гектаров, но при этом число человеческих жертв было ничтожным. С другой стороны, пандемии холеры сопровождались многими жертвами, но не оказывали существенного влияния на природу.

Чаще всего катастрофы делят на природные и антропогенные, или на природные, технологические и социальные. Природные катастрофы вызываются энергией стихий: земли, воды, воздуха, огня. Поэтому их еще называют стихийными бедствиями. Это

землетресения, извержения вулканов, оползни, провалы земной коры, лавины, сели, наводнения, цунами, ливни, таяние ледников, сильные снегопады, тайфуны, торнадо, пожары. Вызванные попаданием молнии и т.п. Иногда сюда относят биологические катастрофы: эпидемии, аллергии, нашествия саранчи, крыс, термитов.

Технологические катастрофы связаны с производственной и хозяйственной деятельностью человека. Это пожары, разрушения зданий, прорывы плотин, дамб, продуктопроводов, взрывы горючего и боеприпасов, взрывы и обвалы в шахтах, аварии на промышленных предприятиях, морских буровых платформах, железнодорожном, водном, воздушном транспорте, техногенные загрязнения воздуха, воды, почвы.

К социальным катастрофам относят военные действия, вооруженные конфликты, мятежи, бунты, голод, панику, террористические акты.

Согласно другой классификации все катастрофы, независимо от причин возникновения, можно разделить на естественные и искусственные. Понятие «естественная катастрофа» относится ко всем экстремальным ситуациям, независимо от причин их возникновения (природные или антропогенные), так как роль техногенных воздействий на окружающую среду постоянно растет и тесно переплетается с природными последствиями этих воздействий: повреждения плотин часто становятся причинами наводнений, нерациональное использование водных ресурсов или вырубка лесов – причиной опустынивания, часто бывает трудно установить источник возгорания при лесных пожарах и т.д. Искусственными называют катастрофы, вызванные преднамеренными действиями: диверсиями, террористическими актами, военными операциями и т.п.

Медики понимают под катастрофой внезапное, быстротечное, очень опасное для здоровья и жизни людей событие. Основные медицинские последствия катастроф в первую очередь связаны с появлением большого количества пострадавших, раненых, с психическими нарушениями у людей в зоне поражения. Одновременно с ростом потребности в медицинской помощи в районе катастрофы происходит дезорганизация системы управления местным здравоохранением, материальные и людские потери в его звеньях. В результате возникает несоответствие между острой потребностью людей в медицинской помощи и возможностью сил медицинской службы по ее оказанию.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) предлагает следующую классификацию катастроф, в основе которой лежат медицинские последствия:

- 1) метеорологические: ураганы, тайфуны, торнадо, циклоны, морозы, жара, засухи;
- 2) топологические: наводнения, лавины, сели, оползни;
- 3) тектонические и теллурические: землетрясения, извержения вулканов;
- 4) аварии: пожары, крушения поездов, выход из строя технических сооружений (плотин, тоннелей, зданий, шахт), отравление воды в системах водоснабжения и др.

Классификация санитарных потерь (пострадавших) при катастрофах:

- 1) умеренные (25-99 человек);
- 2) средние (100-999 человек, из которых от 50 до 250 подлежат госпитализации);
- 3) большие (более 1000 человек, из которых более 250 подлежат госпитализации).

В основе еще одной классификации катастроф по медицинским последствиям лежит необходимость привлечения сторонних сил для помощи пострадавшим. Катастрофы с большими потерями требуют привлечения сил из других регионов или других стран. Чаще всего такая необходимость возникает при землетрясениях, наводнениях, цунами, циклонах или тайфунах, промышленных и транспортных авариях. Для ликвида-

ции медицинских последствий схода лавины или селя, оползня, обильного ливня или снегопада и т.п. обычно достаточно локальных или региональных сил.

Географическое распространение санитарных потерь при катастрофах может быть:

- ограниченное (очаговое);
- умеренное по направлениям (ветер, течение и др.) или концентрическим зонам;
- обширное.

Ramade F. (1989) разработал классификацию катастроф, основанную на учете их экологических последствий (табл.6).

Катастрофы часто разделяют на внезапные и медленно развивающиеся. К внезапным можно отнести большинство природных, техногенных и военных катастроф, а к медленно развивающимся («ползучая катастрофа») – эпидемии, голод, хронические интоксикации загрязняющими веществами. Однако это деление условно, так как иногда эпидемии и голод развиваются внезапно, а некоторые природные или техногенные катастрофы, например засуха, загрязнение окружающей среды, развиваются постепенно.

Таблица 6

Классификация катастроф с учетом экологических последствий

Природа катастрофы		Экологические последствия					
		Нарушения биосферных процессов	Снижение биопродуктивности	Снижение био-разнообразия	Гибель людей	Эпидемии	Голод
Геофизические:	- землетрясения;	0	0	0	3	2	0,5
	- извержения вулканов;	1	0	0,5	2	0,5	0,5
	- цунами.	1	0	0	3	2	?
Климатические:	- циклоны;	0,5	0,5	0	2	1	1
	- морозы;	0,5	2	0,5	1	1	2
	- наводнения;	2	0	0	4	2	1

	- засухи.	2	3	0,5	0	0,5	3
<b>Антропогенные:</b>	- эрозия почв;	3	3	2	0	0	3
	- сведение лесов	3	2	3	0	0	2
<b>Демографические:</b> - перенаселение.		3	3	4	1	3	4
<b>Технологические:</b>	- загрязнение окружающей среды;	2	3	1	3	0	0
	- «ядерная зима»	7	7	7	7	6	6

По длительности действия основных поражающих факторов катастрофы делятся на кратковременные, длительностью менее одного часа (землетрясения, взрывы, аварии на транспорте, террористические акты, торнадо и др.); средней продолжительности (до 24 часов, например штормы, ураганы, выброс токсических веществ и др.) и долговременные (> 24 часов – наводнения, пожары, эпидемии, повторные толчки при землетрясениях).

По протяженности зоны поражения катастрофы делятся на три типа:

- с радиусом зоны до 1 километра (транспортные взрывы и пожары в городах, технологические катастрофы, в которых главными поражающими факторами являются термические и механические);
- с радиусом зоны 1-100 километров (землетрясения, ураганы, цунами, торнадо);
- с радиусом зоны поражения более 100 километров (землетрясения, цунами, технологические катастрофы, когда происходит загрязнение атмосферы и гидросферы, взрывы на АЭС).

По степени воздействия на человека и биоту среди природных явлений выделяют опасные, в том числе катастрофические, и неблагоприятные. Вероятность появления таких процессов существенно влияет на комфортности среды обитания. Опасные процессы связаны с угрозой для жизни человека, как непосредственной, так и опосредованной, через разрушения антропогенных объектов. Для таких процессов характерна неопределенность момента возникновения и высокая скорость развития.

Существуют разные критерии опасности природного явления. Понятие «поражающий фактор» характеризует превышение порога устойчивости природной или социальной системы по разным параметрам. Чаще всего критерии опасности основаны на определении числа погибших, пострадавших и материального ущерба. Швейцарская страховая компания (Цюрих) предлагает считать событие стихийным бедствием, если оно связано с гибелью не менее 20 человек или с материальным ущербом не менее 16,2 миллионов долларов США. Согласно английским критериям, событие является стихийным бедствием если оно связано с гибелью или ранениями не менее 100 человек или с материальным ущербом не менее одного миллиона долларо США.

В соответствии с отчетом UNEP о состоянии окружающей среды бедствиями природного характера считают события, в результате которых погибло не менее 10 человек или нанесен ущерб не менее 2 миллионов доллров США.

Условия возникновения природной катастрофы:

- 1) Определенная сила проявления природного процесса. Она оценивается по разным параметрам, в зависимости от природы процесса (скорость, высота, амплитуда, радиус действия и др.), по шкалам с разным числом градаций. В целом чем сильнее процесс, тем больше человеческие жертвы, исключение составляют горные лавины. Многолетняя статистика показывает, что лавины средних размеров приводят к гибели большего количества людей, чем крупные. Возможная причина этого – разная плотность населения на территориях, где есть опасность схода крупных и средних лавин.
- 2) Плотность населения, освоенность территории. Например, Гоби-Алтайское землетрясение (4.12.1957) силой 11 баллов в эпицентре по шкале Рихтера ощущалось на огромной площади в 5 миллионов квадратных километров, на территории Монголии, Бурятии, Китая, Иркутской и Читинской областей РФ. Однако жертв было очень мало из-за низкой плотности населения в полупустынях Гобийского Алтая.
- 3) Уровень развития общества, то есть степень разработанности системы прогноза и смягчения последствий опасного природного явления. Если потенциально опасный процес предсказан и приняты меры защиты, например, возведены дамбы, использованы сейсмостойкие конструкции, проведена эвакуация жителей, то катастрофы может и не произойти. Однако полностью избежать жертв, как правило, не удается, из-за скорости развития опасных процессов, их слабой изученности и прогнозируемости. Даже в Японии, стране с высоким уровнем подготовленности к опасным природным процессам, с высокой организованностью населения, с высокой технической оснащенностью, среднегодовые потери за 1955-1963 годы составили 1491 человек, в основном пострадавших в результате тайфунов.

Поражающие факторы при стихийных бедствиях могут быть прямого действия (непосредственная угроза жизни) и косвенного действия (нарушение параметров окружающей среды). Например, при землетрясениях поражающим фактором является колебание земной поверхности, но за всю историю непосредственно от действия этого фактора погиб только 1 человек, попавший в трещину земли в 1948 году во время землетрясения в Японии, которое унесло жизни 5000 человек. Косвенными поражающими факторами при землетрясениях являются: разрушение, затопление, поражение электротоком, взрывы и пожары в результате утечки газа из поврежденных труб и др. Основная причинами гибели людей: неправильные действия из-за испуга и паники.

Косвенными последствиями засухи могут быть осолонение воды, пыльные бури, эрозия почвы. При ураганах также происходит интенсивное выдувание плодородного слоя почвы. Последствия извержения вулкана – загрязнение почв тяжелыми металлами,

мышьяком, бором, которые могут попадать в организм человека при возобновлении сельскохозяйственной деятельности на этой территории. Последствиями наводнений являются заиливание территории, гибель посевов, голод.

### 3.2. Техногенные катастрофы

### 3.3. Природные катастрофы

### 3.4. Экологические и медицинские последствия катастроф

На последствия природных катастроф и возможность их ликвидации влияют следующие факторы: разные виды катастроф имеют определенную пространственную приуроченность и цикличность, нередко они возникают во взаимодействии друг с другом; несмотря на возможность прогнозирования, возникают катастрофы, как правило, внезапно.

Основным фактором формирования неблагоприятной экологической обстановки в зоне техногенной катастрофы или аварии является **загрязнение окружающей среды**. При авариях, как правило, отмечается комплексное воздействие на среду, загрязнение, включающее в себя физическое загрязнение (радиоактивное, тепловое, звуковое (в том числе, ультразвуковое), электромагнитное), а также химическое загрязнение (ксенобиотики, АХОВ, биогены) и биологическое (патогенные микроорганизмы).

Дополнительные воздействия на окружающую среду могут оказывать термобарические поля (взрывы); гидродинамические волны и потоки (затопления); распространение огня (пожары).

Экологические последствия аварийных загрязнений включают три основных фазы: распространение загрязнения; включение загрязняющих веществ в биомассу растений, животных; биологическое накопление загрязняющих веществ. Загрязнение ОС изменяет условия среды обитания, затрудняет или исключает использование человеком природных ресурсов (рис.1). Вода и воздух являются транспортирующими компонентами окружающей среды, тогда как почва и донные отложения играют роль аккумулирующих (концентрирующих, депонирующих) компонентов для техногенных загрязнителей.

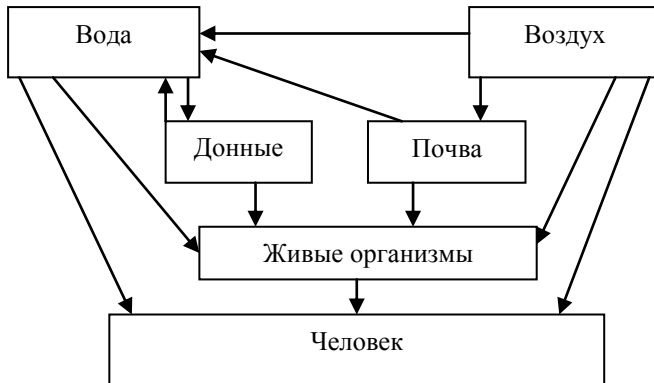


Рис.1. Миграция загрязнений в окружающей среде



Последствия аварии оказывают влияние на физиологию организмов, на их репродуктивные функции, на состав и структуру популяций и на на биocenoz, а также на ландшафты и на экосистемы в целом. Причиной негативных изменений является ухудшение экологической обстановки в районе аварии. Экологическая обстановка - это совокупность условий обитания и антропогенных воздействий, которые влияют на естественные процессы в ОС и меняют качество жизни людей. Это понятие используют для того, чтобы оценить характер и масштаб последствий аварии.

Интегрального параметра экологической обстановки не существует, для ее оценки необходимо системное рассмотрение комплекса показателей, таких как уровни физических полей (радиационного, теплового, электромагнитного, акустического); концентрации радиоактивных и химических веществ; заболеваемость и смертность среди населения, их структура; коэффициенты репродуктивности и смертности видов-индикаторов, динамика численности популяций.

Для оценки последствий техногенного воздействия на окружающую среду, прогнозирования реакции биотических и абиотических составляющих экосистемы используют данные экологического мониторинга. **Биологический** мониторинг направлен на изучение состояния и динамики реагирования живых организмов в разных средах на техногенную нагрузку. **Геофизический** мониторинг предусматривает оценку состояния возобновимых ресурсов биосферы, состояния почвы, растительности, водных ресурсов и др.

При оценке экологических последствий аварии главное внимание уделяется сообществам живых организмов, причем человек рассматривается как элемент такого сообщества сообщество. Важными характеристиками являются состав и структуру сообщества.

**Состав** сообщества определяется видовым разнообразием с учетом относительной **значимости** разных видов, которая выражается числом особей или биомассой и отражает благополучие вида в сообществе. **Структура** сообщества – это число и характер взаимодействий между видами, с учетом **значимости** этих взаимодействий, которая оценивается как доля общего потока вещества и энергии, приходящаяся на данное взаимодействие.

Очень информативно изменение видового разнообразия сообщества. Видовое разнообразие сообщества формируется как адаптация к количеству и качеству энергии и питательных веществ в экосистеме. Техногенные нагрузки меняют видовой состав сообщества. Так, даже небольшая радиоактивность значительно меняет видовой состав. Значимость популяции оценивается по величине средней энергии, остающейся у особи для удовлетворения ее нужд. Эта энергия характеризует возможность выживания популяции при техногенных воздействиях и определяется по следующей формуле:

$$G_i(E) = dE_i - dR_i - dK_i - dJ_i$$

$dE_i$  - энергия, поступающая с пищей из ОС;

$dR_i$  - прямые затраты на жизнедеятельность;

$dK_i$  - потери при внутривидовой конкуренции;

$dJ_i$  - потери при межвидовой конкуренции.

Удельная значимость вида в сообществе определяется как отношение:  $P_i = G_i/G$ , где  $G$  - суммарная средняя энергия всех видов сообщества.

Показателями видового разнообразия являются индексы Симпсона и Шеннона.

**Индекс Симпсона:**  $D = 1 - \sum P_i^2$  (i от 1 до n, где n - число видов)

**Индекс Шеннона:**  $H = 1 - \sum P_i * \lg P_i$  (i от 1 до n, где n - число видов)

Максимальные значения этих показателей соответствуют случаю, когда значимости всех видов сообщества равны ( $P_i = 1/n$ ), тогда  $\max D = n/1-n$  и  $\max H = \lg(n)$ .

Видовое разнообразие в природе проявляется стремление к росту разнообразия сообщества до тех пор, пока не начнется снижение эффективности использования ресурсов и энергии. В сообществах, деградирующих под влиянием радиоактивных или химических загрязнений наблюдается низкое разнообразие. Изменение видового разнообразия на 25-50% говорит об опасном техногенном воздействии, на 50% и более - об очень опасном воздействии.

Изменение структуры сообщества выражается в замене доминирующих видов другими, более приспособленными к воздействию. Жизненность сообщества характеризуется откликом доминирующих видов на изменение потока энергии и питательных веществ. Оценка воздействия на структуру сообщества: безразмерный энергетический параметр  $rE$ , характеризует количество утилизированной сообществом энергии. Определение  $rE$  основано на обобщении результатов натурных исследований и очень трудоемкий процесс. Значение лежит в диапазоне от 0 до 1.

Энергетический параметр  $rE$ :

- 0 - 0,3 - допустимое воздействие;
- 0,3 - 0,5 - опасное воздействие;
- 0,5 и выше - чрезмерная техногенная нагрузка, значительное изменение структуры сообщества.

При авариях возникает изменение ландшафтно-геохимических условий (загрязненность). Опасность загрязненности связана с возможностями самоочищения ландшафта. По отношению к почве скорость самоочищения определяется **персистентностью** вещества (время выведения из почвы). Последствия некоторых воздействий могут быть скомпенсированы самоочищением ландшафта. Это последствия первой формы. При воздействиях, последствия которых недоступны процессам компенсации, в системе надо проводить преобразования, для перевода ее в первую форму.

Катастрофы имеют серьезные медицинские последствия: гибель и травмы многих людей, рост заболеваемости, эпидемии, подрыв потенциала здравоохранения (материальные и кадровые потери, нарушение системы управления). На динамику санитарно-эпидемиологической обстановки влияют следующие факторы:

- резкое изменение экологических условий, интенсивные миграции групп населения, возникновение новых мест размножения грызунов и других переносчиков возбудителей болезней, нарушение экологического равновесия в природных очагах болезней, увеличение контакта с ними людей;
- разрушение объектов санитарно-гигиенического и коммунально-бытового назначения (водопровод, канализация, бани и т.п.);
- снижение неспецифической резистентности людей к инфекционным заболеваниям;
- ухудшение условий размещения людей (скученность, полевые условия, загрязнение окружающей среды);
- выход из строя санитарно-эпидемиологических учреждений (лабораторий, дезостанций, инфекционных стационаров, складов с запасом вакцин, химиопрепаратов, репеллентов и др.), потери среди их персонала;
- часто паника, распространение слухов об угрозе эпидемии, что затрудняет организацию противэпидемиологических мероприятий.

Характер и объем потерь во многом зависит от местных особенностей, таких как экологическая ситуация, местные ресурсы здравоохранения, образ жизни и культура населения и др. На организацию и проведение мероприятий по ликвидации последствий катастрофы влияют следующие факторы: массовый характер и многопрофильность санитарных потерь, внезапность их появления; резкое несоответствие имеющихся медицинских сил и потребности в них; неблагоприятные (как правило, полевые) условия

оказания медицинской помощи; использование подвижных медицинских формирований (военно-полевой госпиталь, передвижные лаборатории и т.п.); трудности получения адекватной медицинской информации, языковой барьер при действиях на зарубежной территории.

В условиях стихийного бедствия или техногенной чрезвычайной ситуации население испытывает сильные физические, психологические и экономические воздействия. Организация эффективной помощи людям требует учета их состояния. Психологи изучили особенности поведения, состояния и работоспособности людей, подвергшихся воздействию стихийного бедствия большой разрушительной силы: землетрясения в 10 баллов по шкале Рихтера в период с 12 по 22 декабря 1988 года в Ленинкане. Изучали 70 мужчин в возрасте 19-35 лет. Все они были соматически здоровы, не получили травм. Однако эмоциональное воздействие оказалось очень сильным: 9 этажные здания, устойчивые после первых толчков, рушились у них на глазах вместе с выбегавшими на балконы и террасы жителями. Реакция ступора (оцепенения) длилась около 15 минут, потом, слыша стоны и крики из-под развалин, все, кто мог приступили к спасательным работам, в первую очередь люди пытались найти свои семьи. Обследованные указывали, что выходу из ступора способствовали побуждения лидеров. В первые сутки продолжительность спасательных работ составила 18-20 часов.

В динамике состояния обследуемых выделяли 4 последовательные стадии:

1. **Острый эмоциональный шок.** Развивался после оцепенения и длился 3-5 часов. Для этого периода характерно общее психическое напряжение, предельная мобилизация сил, обостренное восприятие, увеличение скорости мыслительных процессов, безрассудная смелость, особенно при спасении близких. Одновременно снижалась способность критической оценки ситуации, но сохранялась способность к целесообразной деятельности. В эмоциональном состоянии преобладало чувство отчаяния, что сопровождалось головокружением, головной болью, сердцебиением, сухостью во рту, жаждой, затруднением дыхания. До 30% обследованных при субъективном ухудшении состояния отмечали рост работоспособности в 1,5-2 раза и более. Например, один из обследованных, обнаружив жену и дочь на круше 9-этажного дома, в котором были разрушены лестничные пролеты нижних этажей, используя веревку и металлическую ограду клумбы в течение часа смог влезть на крышу и спасти семью.
2. **Психофизиологическая демобилизация.** Эта стадия длится до 3 суток. Ее наступление связано с первыми контактами с теми, кто получил травмы, с телами погибших, с пониманием масштаба трагедии («стресс озонания»). Характеризуется серьезным ухудшением самочувствия, психоэмоционального состояния, с преобладанием чувства растерянности, паники (часто – иррациональным), со снижением моральной нормативности поведения, эффективности деятельности, мотивации, депрессивными тенденциями, изменениями внимания и памяти. Позднее люди не могли вспомнить, что они делали в эти дни. Обследуемые жаловались в этот период на тошноту, тяжесть в голове, неприятные ощущения в ЖКТ, отсутствие аппетита. К этому периоду относятся первые отказы от выполнения спасательных и очистных работ, особенно связанных с извлечением тел погибших, значительный рост ошибок при управлении техникой, вплоть до аварий.
3. **Стадия разрешения.** Это период 3 до 12 суток после землетрясения. Самочувствие и настроение обследуемых постепенно стабилизировалось. Сохранялся сниженный эмоциональный фон, ограничивались контакты, отмечалась гипомимия (маскообразность лица), речь без интонация, замедление движений. К концу этого периода появлялось желание «выговориться», направленное на лиц, которые не были свидетелями бедствия, сопровождающееся возбуждением. Появлялись сновидения.

дения. В том числе – кошмары, трансформирующие впечатления трагедии. Субъективно состояние несколько улучшалось, но объективно наблюдалось дальнейшее снижение физиологических резервов, нарастали признаки переутомления. Показатели физической силы, работоспособности, в том числе – умственной, снизились на 30-50%.

4. **Стадия восстановления.** После 12 дня активизируется общение, нормализуется эмоциональная окраска речи, мимики, появляются шутки, восстанавливаются сновидения. Физическое восстановление – более длительный процесс.

Эти же исследователи изучали людей, пострадавших в Уфимской катастрофе в июне 1989 года. Это техногенная катастрофа, которая включала взрыв газа и крушение двух пассажирских поездов. В результате взрыва люди получили массовые ожоги. Обследовались пострадавшие с легкими и средними поражениями, всего 71 человек. У всех обследованных выявлены изменения в психической сфере с преобладанием астенодепрессивных состояний и ступора. В момент взрыва люди спали. В первые минуты реакции были направлены на самосохранение. В дальнейшем те, у кого погибли близкие, тяжело переживали комплекс вины, который сопровождался психопатологической симптоматикой, вплоть до бреда и галлюцинаций.

Характерна психогенная анестезия в первые 10-15 минут после взрыва, получения травм, ожогов. Сохранялось ясное сознание, способность к рациональной деятельности, особенно у лиц с повышенной ответственностью. Мобилизация сил – люди выбиралась из вагонов, раздирая руками перегородки. В последующие дни динамика психического состояния обследованных также была сходна с динамикой состояния пострадавших от стихийного бедствия. Члены аварийно-спасательных команд также отмечали психические изменения: ужас, страх от увиденного, чувство растерянности, слабости, многочисленные samotические жалобы, в том числе и в последующие дни.

Таким образом, людям, пострадавшим при ЧС, необходима помощь не только врачей, но и психологов, психотерапевтов. Для этого создаются бригады быстрого реагирования в составе полевого многопрофильного госпиталя ВЦМК «Защита», при психиатрических клиниках на региональном и территориальном уровнях.

Порядок работы таких объединений:

- 1) психолого-психиатрическая разведка: сбор информации, анализ ситуации, прогноз последствий, определение неотложных мер;
- 2) выявление пострадавших в остром психотическом состоянии, в состоянии выраженного психомоторного возбуждения и их эвакуация из очага поражения. Важно предупредить панику и агрессивные формы поведения. Специфика ЧС в том, что помощь необходимо оказать в сжатые сроки и оказывают ее не психиатры, а спасатели и врачи других специальностей. Важно обучить их распознаванию психотических состояний. В первую очередь помощь необходима лицам, опасным для себя и окружающих. Это лица с нарушениями сознания, грубой дезорганизацией мышления, невозможностью вербального контакта, выраженным психомоторным возбуждением, ступором.
- 3) Особое значение имеет «борьба с хаосом», паникой. Изоляция психотиков важна из-за возможности быстрого охвата окружающих индуцированными состояниями. Большое значение имеет выявление отрицательных лидеров, увлекающих толпу возбуждением и неадекватным поведением.

Международное сотрудничество при ликвидации последствий катастроф в настоящее время возрастает. Сегодня в мире регистрируется в среднем одна катастрофа в неделю, в ликвидации последствий которой принимают участие международные силы. Это Технологическое агентство ООН, Международный институт катастроф (Лондон), центр исследования эпидемиологии катастроф (Брюссель). Издаются специальные жур-

налы, проводятся международные конференции по медицине катастроф. Так, советские врачи помогли населению Перу, пострадавшему при землетрясении 1970 года. К нам тоже неоднократно приезжали зарубежные врачи.

## **Раздел 4. Экологические неблагоприятные территории**

### **4.1. Чрезвычайные ситуации и их классификация**

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определённой территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу, населению, народному хозяйству и окружающей среде. Экологические ЧС связаны с изменением состояния биосферы, литосферы, атмосферы и гидросферы.

В России опасные явления природного или техногенного характера называют чрезвычайной ситуацией при одном из следующих условий: не менее 4 погибших; не менее 10 пострадавших; материальный ущерб превышает 500 тысяч рублей в ценах 1992 года (Инструкция о порядке обмена информацией о чрезвычайных ситуациях, 1992).

Источником ЧС может стать опасное природное явление, авария или техногенное происшествие; широкое распространение инфекционной болезни людей или сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения. Соответственно ЧС по своему происхождению могут быть техногенные, природные или социальные.

Техногенные ЧС могут быть связаны с транспортными авариями; пожарами; взрывами; выбросами токсических, радиоактивных или биологически опасных веществ; с обрушениями зданий; авариями на электроэнергетических системах или на коммуникациях жизнеобеспечения (водопровод, канализация и т.п.); авариями на очистных сооружениях и др.

Природные ЧС могут быть следствием геофизических, геологических, метеорологических, гидрологических опасных природных явлений, природных пожаров, инфекций, поражения сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями.

Оценка экологических последствий опасных и неблагоприятных природных процессов соответствует оценке состояния экосистем: норма, риск, кризис и бедствие. Для промышленных и урбанизированных территорий с высокой плотностью населения и концентрацией материальных ценностей воздействие оценивается по комплексу критериев: медико-биологических, экономических и социальных. Другие критерии, геодинамические, почвенные, ботанические, зоологические, используются для оценки состояния природных экосистем.

Экологическая норма: такое воздействие опасных и неблагоприятных природных процессов, при котором не нарушается устойчивое развитие экосистем и не происходят несчастные случаи с человеческими жертвами. В психологическом плане воздействия таких процессов не замечаются, отдельные травмы воспринимаются как несчастные случаи.

Экологический риск: такое воздействие, при котором снижается стабильность экосистем и при этом число жертв не превышает 30 человек. У большей части населения такое событие (например, сход селя или оползнь) вызывает чувство неудобства, беспокойства.

Экологический кризис: такое воздействие, при котором происходит потеря устойчивости экосистем, а число жертв не превышает 1000 человек. Эти события существенно влияют на психологию людей, вызывают вспышки миграции.

Экологическое бедствие: такое воздействие, при котором происходят необратимые нарушения экосистем, с числом жертв более 1000 человек. Эти события вызывают всеобщее уныние, принципиально меняют жизненные ценности, становятся трагедией для уцелевших людей.

Классификации последствий по медико-биологическим критериям учитывает число человеческих жертв. Иногда оценивается опасность каждого процесса в отдельности. При этом одни ученые в наиболее опасным природным процессам относят ураганы, другие – засухи, третьи – наводнения.

Классификация МЧС России, универсальная шкала стихийных бедствий Н.В.Шебалина и шкала UNDPO (бюро ООН по координации помощи в случае стихийных и иных бедствий) и ряд других классификаций соотносят людские потери с площадью воздействия всей совокупности опасных процессов. Воздействие природных процессов делят на три уровня: локальный (не более 30 жертв), региональный (не более 1000 жертв) и планетарный (более 1000 жертв).

В соответствии с Федеральным Законом «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (1994) разработано и утверждено постановлением Правительства РФ Положение о классификации чрезвычайных ситуаций (1996). По масштабам распространения и тяжести последствий ЧС подразделяются на локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные.

**Локальная:** ЧС, в результате которой пострадало не более 10 человек, или нарушены условия жизнедеятельности не более чем 100 человек, или материальный ущерб составляет не более одной тысячи минимальных размеров оплат труда (МРОТ) на день возникновения ЧС и зона ее не выходит за пределы территории объекта производственного или иного социального значения.

**Местная:** ЧС, в результате которой пострадало более 10, но не более 50 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности более 100, но не более 300 человек, либо материальный ущерб составил свыше тысячи и не более пяти тысяч МРОТ на день возникновения ЧС, а зона ЧС не выходит за пределы населенного пункта, города, района.

**Территориальная:** ЧС, в результате которой пострадало более 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности более 300, но не более 1000 человек, либо материальный ущерб составил свыше пяти тысяч и не более пятисот тысяч МРОТ на день возникновения ЧС, а зона ЧС не выходит за пределы субъекта РФ.

**Региональная:** ЧС, в результате которой пострадало более 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 1000 человек, либо материальный ущерб составил свыше пятисот тысяч, но не более пяти миллионов МРОТ на день возникновения ЧС и ее зона охватывает территорию двух субъектов РФ.

**Федеральная:** ЧС, в результате которой пострадало более 500, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 1000 человек, либо материальный ущерб составил свыше пяти миллионов МРОТ на день возникновения ЧС и ее зона выходит за пределы двух субъектов РФ.

**Трансграничная:** ЧС, поражающие факторы которой выходят за пределы РФ, либо ЧС, которая произошла за рубежом и затрагивает территорию РФ.

Согласно данным статистики, по количеству жертв первые места в XX веке занимают речные наводнения (40% жертв), затем идут тропические циклоны и затопления морских побережий (36%), на третьем месте – землетрясения (13%). Статистика смертности от катастроф различна у разных авторов. Причины этого связаны с тем, что данные о жертвах часто засекречены (например, в бывшем СССР). Так сведения об Ашхабадском землетрясении 1948 года, жертвами которого стали 110 тысяч человек, стали известны лишь недавно. Также иногда происходит сознательное занижение числа жертв

или же их просто сложно оценить. Так по разным оценкам число жертв тропического циклона в Бангладеш в 1970 году составляет от 265 тысяч до 500 тысяч человек.

Во второй половине XX века большими жертвами сопровождалась засуха. По данным западных экспертов от засухи и голода в Китае в 1959-1961 годах погибло порядка 30 миллионов человек. Среднегодовое число жертв засухи в последнее десятилетие XX века достигло 50% от числа всех жертв стихийных бедствий.

Среди крупнейших катастроф XX века с числом жертв свыше 50 тысяч человек выделяют три вида: землетрясения (9 событий), тропические циклоны (4 события) и речные наводнения (3 события). Самыми крупными бедствиями в истории стали циклон и наводнение в Бангладеш в 1970 году (300 тысяч жертв), землетрясение в Китае в 1976 году (242 тысячи жертв), наводнение в Китае в 1931 году (140 тысяч жертв).

Воздействие природных процессов можно оценить в денежной форме – это экономические критерии. Среди ученых нет единого мнения о том, какой процесс наносит наибольший материальный ущерб. Чаще всего называют землетрясения, тропические циклоны, засухи и речные наводнения. В России для большинства экономических районов наиболее затратными являются подтопления, а для Северо-кавказского, Восточно-Сибирского, Дальневосточного регионов – землетрясения. Для оценки материального ущерба используют среднескользящие данные, в которые часто максимальный вклад вносят редкие сильные события, либо оценивают вероятный экономический ущерб в миллионах рублей за год. Экономический ущерб делится на прямой и косвенный. Прямой ущерб включает «цену» жизни и стоимость содержания инвалидов, а также стоимость восстановительных работ. Среднемировая «цена жизни» одного человека составляет 120 тысяч долларов США, в СССР в 80-ые годы XX века жизнь человека стоила 350 тысяч рублей. Косвенный ущерб включает стоимость недополученной продукции разрушенных предприятий, снижение качества продукции предприятий-смежников, затраты на замену вариантов снабжения, транспорта и так далее.

Средний многолетний ущерб от постоянно действующих неблагоприятных процессов сравним с ущербом от катастроф.

Согласно рекомендациям МЧС России, предлагается следующая классификация катастроф по экономическим критериям:

- норма – не более 1 тысячи минимальных размеров оплаты труда (МРОТ);
- риск – более тысячи но не более 500 тысяч МРОТ;
- кризис – более 500 тысяч, но не более 5 миллионов МРОТ;
- бедствие – свыше 5 миллионов МРОТ.

За период с 1976 по 1995 годы произошло 30 событий с материальным ущербом более 1 миллиарда долларов США. В их числе 12 землетрясений (суммарный ущерб 105 миллиардов долларов США), 16 циклонов (55 миллиардов долларов США), 2 речных наводнения (29 миллиардов долларов США).

Самый большой материальный ущерб несут богатые, промышленно развитые государства, тогда как число жертв, как правило, больше в развивающихся странах. Например в США в 1988 году ущерб от засухи составил 39 миллиардов долларов, ущерб от землетрясения в Японии в 1995 году оценивается в 40 миллиардов долларов. В 1988 году в Армении произошло землетрясение с материальным ущербом 11 миллиардов долларов, были разрушены несколько городов. В Бангладеш в 1981 году ущерб от циклона и затопления составил всего 1,4 миллиардов долларов, хотя число жертв достигло 139000 человек.

Социальные критерии классификации катастроф пока не разработаны.

#### 4.2. Зоны экологического риска

Фактор экологического риска существует везде, особенно там, где развито производство. По степени возрастания экологического неблагополучия обстановку на некоторой территории могут определить как относительно удовлетворительную, напряженную, критическую, кризисную или катастрофическую.

На значительной территории нашей страны состояние окружающей среды является вполне благополучным. Прежде всего это малоосвоенные северные районы, составляющие по разным оценкам 40-46% территории России. Однако есть регионы, в которых вероятность проявления негативных изменений в экосистемах, истощения природно-ресурсного потенциала и, следовательно, вероятность потери здоровья и жизни особенно велика. Это **территории экологического риска**.

В их пределах выделяют зоны:

- 1) хронического загрязнения окружающей среды;
- 2) повышенной экологической опасности;
- 3) чрезвычайной экологической ситуации;
- 4) экологического бедствия.

Федеральный закон от 10.01.02 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» выделяет два вида зон, отличающихся от иных территорий экологически неблагополучной ситуацией. В соответствии с законом Правительство РФ может объявить территорию, пострадавшую в результате экологического поражения, зоной чрезвычайной экологической ситуации или зоной экологического бедствия. Министерство природных ресурсов РФ разработало «Методические указания о порядке выделения зон экологического поражения» и «Критерии оценки экологической обстановки территорий». Вне зон экологического поражения экологическая обстановка территории может характеризоваться разной степенью неблагополучия: относительно удовлетворительная, напряженная, критическая.

**Зоной чрезвычайной экологической ситуации (ЗЧЭС)** объявляется территория, в пределах которой в результате аварий, катастроф, военных действий или стихийных бедствий произошли отрицательные изменения в окружающей среде, угрожающие здоровью человека, состоянию экосистем, генофонду растений и животных.

В России ЗЧЭС объявлены районы Северного Прикаспия, озеро Байкал, Кольский полуостров, промышленная зона Урала, рекреационные зоны Черного и азовского морей. Для этих зон характерны серьезные экологические проблемы. Например в районах Северного Прикаспия отмечается дефицит пресной воды, деградация пастбищ, снижается плодородие почв, интенсивно идут процессы ветровой эрозии, засоления, заболачивания земель, что уже привело к потере примерно 320 тысяч гектаров сельскохозяйственных угодий.

**Зоной экологического бедствия (ЗЭБ)** могут быть объявлены участки территории РФ, на которых произошли глубокие, необратимые изменения в природной среде, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушение природного равновесия, разрушение естественных экосистем, деградацию флоры и фауны. В России это зона аварии на Чернобыльской атомной станции, Кузбасс, степные районы Калмыкии. В ближнем зарубежье наиболее пострадавшей зоной является Арал и его окрестности.

При схожести современных определений ЗЧЭС и ЗЭБ основное различие между ними заключается в том, что, если в ЗЧЭС имеет место надвигающаяся угроза бедствия, то в зоне ЧЭБ бедствие уже свершилось (табл.7). Установить такое различие на практике весьма непросто. В обоих случаях имеется в виду, что воздействие антропогенных факторов происходит длительно и хронически, не менее года. Оценка экологического со-



стояния проводится по сравнению с «фоном», в качестве которого принимается относительно удовлетворительное экологическое состояние в регионе.

Таблица 7

## Классификационные признаки экологического неблагополучия территорий

Объект, подвергшийся изменению	Признаки неблагополучия территории	
	Чрезвычайная ситуация (кризисное состояние)	Экологическое бедствие (катастрофическое состояние)
Окружающая среда	Устойчивые негативные изменения	Глубокие необратимые изменения
Здоровье населения	Угроза здоровью	Существенное ухудшение здоровья
Естественные экосистемы	Устойчивые негативные изменения (снижение видового разнообразия, исчезновение отдельных видов, нарушение генофонда)	Разрушение естественных экосистем, нарушение природного равновесия, деградация флоры и фауны, потеря генофонда.

С позиции права важно, что экологически неблагополучные территории – это участки, на которых состояние окружающей среды соответствует законодательно установленным критериям, свидетельствующим о необходимости принятия мер по восстановлению благоприятного состояния. Порядок объявления и установления режима ЗЭБ установлен действующим законодательством о зонах экологического бедствия, а защита окружающей среды в зонах ЧС – Федеральным законом от 21.12.94 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

При выделении зон экологического поражения приоритетными являются критерии социальной гигиены (медико-демографические и социально-экономические характеристики территории). При этом состояние здоровья населения оценивается в совокупности с показателями загрязнения окружающей среды (воздуха, воды, почвы) и радиационного заражения.

Медико-демографические показатели: это заболеваемость, детская смертность, генетические нарушения, специфические экпатологии. Например, детская экпатология – это врожденные пороки развития, аллергии, нервно-психические, онкологические заболевания, хронические болезни. Экологическое неблагополучие территории меняет типичную картину протекания детских болезней, ведет к «омоложению» ряда заболеваний, таких как язвенная болезнь желудка и кишечника, гипертония, диабет, инфаркт, инсульт, эпилепсия.

В РФ экологическая обстановка сильно различается в разных регионах. Причины этого связаны со спецификой природно-климатических условий и с размещением хозяйственных объектов. Так на три экономических района: Уральский, Западно-Сибирский и Восточно-Сибирский приходится 60% выбросов в атмосферу от стационарных источников, а более 80% всего объема сточных вод сбрасывается в Центральном, Северокавказском и Уральском регионах.

Регионы различаются по площади, объему и отраслевой структуре производства, накопленному и текущему загрязнению среды. Поэтому определен особый порядок объявления зон экологической чрезвычайной ситуации и экологического бедствия. Эти зоны объявляются постановлениями Государственной Думы РФ или указом президента РФ по представлению специально уполномоченных государственных органов и на основании заключения государственной экологической экспертизы. Информационная и математи-

ческая поддержка государственной экологической экспертизы осуществляется с помощью «Экспертной системы для государственной экологической экспертизы».

Если ситуация возникла на небольшой территории и негативные последствия можно ликвидировать, используя местные ресурсы, территория объявляется зоной экологической ЧС. Инициаторами этого могут быть органы государственной власти или местного самоуправления.

Инициатор должен подготовить проект социально-экономического развития в условиях экологической ЧС, вместе с территориальным органом Министерства природных ресурсов РФ. В программе должна содержаться характеристика и анализ основных экологических проблем, их влияния на условия социально-экономического развития территории. Проект программы инициатор должен согласовать на местном уровне с предприятиями-загрязнителями, органами здравоохранения, санитарно-эпидемиологического надзора, строительными организациями, то есть с основными исполнителями Программы. На уровне субъекта РФ программа согласуется с органами власти, региональными органами Министерством природных ресурсов.

Рекомендуется планировать выполнение программы в два этапа:

- 1) неотложные меры по улучшению состояния окружающей среды, санитарно-эпидемиологической обстановки, здоровья населения;
- 2) специальный режим ведения хозяйственной деятельности для устойчивого социально-экономического развития территории.

После представления Проекта и согласования его на местном уровне, инициатор обращается в правительство РФ с обоснованием целесообразности объявления территории зоной чрезвычайной экологической ситуации. После этого начинается второй этап подготовки программы, включающий экологическую экспертизу документов и согласование проекта с Министерствами финансов, экономики, природных ресурсов, здравоохранения. Министерство экономики вносит в Правительство окончательный проект, а Министерство природных ресурсов готовит и вносит проект указа Президента РФ «Об объявлении территории зоной чрезвычайной экологической ситуации и реализации программы социально-экономического развития в условиях чрезвычайной экологической ситуации». После подписания указа президентом правительство РФ дает поручения всем участвующим министерствам.

Придание территории статуса зоны экологического поражения определяет правовой режим и финансирование затрат на оздоровление окружающей среды и предусматривает проведение следующих мероприятий:

- 1) прекращение, приостановление или ограничение экологически вредной деятельности хозяйственных объектов, расположенных на территории зоны или вне ее, влияющих на состояние данной территории;
- 2) проведение восстановительных работ в природной среде: рекультивация земель, воспроизводство лесов, очистка рек, ликвидация мест захоронения отходов, нарушающих санитарно-экологические нормы безопасности;
- 3) выплата экологического пособия, установление различных льгот для населения территории, отдельно для детей, женщин, пенсионеров.

Финансирование данных мероприятий идет за счет министерств, ведомств, предприятий, организаций – виновников аварий и катастроф, а также за счет целевых средств федеральных и республиканских бюджетов.

К началу 1997 года в РФ зарегистрировано более 400 территорий и пунктов, отвечающих признакам ЗЧЭС и ЗЭБ. Их общая площадь примерно два миллиона квадратных километров, что составляет 12% от всей территории РФ с численностью населения не менее 35 миллионов человек. Эти территории требуют от государства огромных финансовых затрат, а также разработки четких количественных критериев определения их

границ, норм экологической безопасности и социально-экономической реабилитации, а также разработки способов оздоровления населения.

#### **Раздел 4. Управление риском**

##### **5.1. Прогноз и снижение риска катастроф**

Известно, что уровень безопасности общества зависит от его экономических и научно-технических возможностей. Он имеет стохастическую природу и определяется рядом случайных явлений:

- 1) вероятность возникновения техногенных аварий, катастроф, опасных природных явлений, возможным ущербом от них (риск катастрофы);
- 2) степень негативного воздействия на окружающую среду и человека медленных техногенных и природных процессов (риск негативных процессов);
- 3) вероятностью перехода экологической обстановки в критическую и возникновения ЧС (риск возникновения ЧС).

Суммарный риск равен произведению этих частных рисков:  $R=R1*R2*R3$ , где R – суммарный уровень риска, то есть вероятность нанесения ущерба человеку и окружающей среде; R1 – вероятность (частота) возникновения событий, явлений, приводящих к появлению вредных факторов; R2 – вероятность формирования определенных уровней физических полей, концентраций вредных веществ и т.п.; R3 – вероятность того, что эти уровни или концентрации приведут к определенному ущербу.

В качестве ущерба могут рассматриваться как негативные последствия непосредственного воздействия поражающих факторов, так и долгосрочные экологические последствия. Соответственно определяется техногенный и экологический риск для источника опасности:

- 1) разрушение, повреждение промышленных и других объектов, утрата материальных и культурных ценностей, поражение людей, животных и др.;
- 2) негативные изменения экологической обстановки – дисгармонизация естественных процессов, ухудшение здоровья людей, снижение видового разнообразия, нарушение генофонда, разрушение экосистем.

Уровень приемлемого риска и стратегии его обеспечения определяются исходя из следующих принципов:

- 1) принцип безусловного приоритета безопасности и сохранения здоровья людей над любыми другими элементами качества жизни;
- 2) принцип приемлемой опасности и риска, в соответствии с которыми устанавливается нижний (допустимый) и верхний (желаемый) уровни безопасности и в этом интервале с учетом социально-экономических и других соображений выбирают приемлемый уровень безопасности и риска;
- 3) принцип минимальной опасности, в соответствии с которым уровень риска устанавливается настолько низким, насколько это реально достижимо, исходя из допущения, что любые затраты на защиту человека и окружающей среды оправданы;
- 4) принцип последовательного приближения к абсолютной безопасности или нулевому риску.

В СССР в основу концепции любого вида безопасности был положен принцип нулевого риска. Чернобыль показал неправомерность такого подхода, поскольку полная безопасность в принципе не достижима. Сегодня концепция абсолютной безопасности признается неадекватной внутренним законам техносферы, в РФ. Как и в большинстве стран мира, принята концепция ненулевого приемлемого риска.

Установление уровней приемлемых рисков, уровней техногенной и экологической безопасности – сложная задача. Для ее решения надо анализировать экономические,

социальные, экологические, демографические и другие факторы, определяющие развитие общества, взаимосвязи между этими факторами.

Экологический риск определяется возможностью возникновения неблагоприятных последствий для человека или экосистем в результате действия природных или антропогенных факторов. Количественная оценка риска чаще всего связана с оценкой числа жертв, материального ущерба, а также с определением степени нарушения устойчивости экосистем и возможностями их самовосстановления.

Эколог А.Адамс справедливо отметил, что полная теория риска столь же возможна, как и законченная теория счастья. Однако каждого человека можно считать экспертом по проблеме риска, так как жизнь требует постоянной оценки и управления самими разнообразными рисками.

Волнуют проблемы риска не только отдельных людей, но и международные организации. Последнее десятилетие XX века объявлено ООН «Десятилетием по ослаблению последствий природных бедствий». Несомненно, что решение этой задачи должно состоять в уменьшении риска от стихийных бедствий.

В.И.Данилов-Данильян (2000) указывает, что важнейшими факторами экологического риска являются опасные природные и техногенные процессы; уязвимость населения; социальный и природный фон развития опасных явлений; реакция населения на опасные явления, степень подготовленности к ним. Все эти факторы можно разделить на две группы:

- 1) опасное явление (его природа, специфика, масштаб и др.);
- 2) уязвимость населения (экономические, социальные, психологические, этнокультурные и другие составляющие).

Все факторы риска изменяются в пространстве, следовательно их можно картировать. Карты риска позволяют планировать меры по его снижению. В соответствии с двумя главными факторами риска существует две основные концепции его снижения: поведенческая и структурная.

Поведенческая концепция предусматривает снижение риска путем борьбы с самими опасными явлениями с помощью технических средств. Сегодня эта концепция является доминирующей.

Структурная концепция предполагает, что решение проблемы стихийных бедствий следует обеспечивать путем оптимизации социально-экономических условий, то есть снижая уязвимость населения.

Рассмотрим первую составляющую риска: особенности опасного феномена. Риск варьирует в зависимости от генезиса события (оползень, взрыв или что-то другое), места его развития, временной динамики и природных условий протекания события.

Генезис – это особенности риска, которые существенно зависят от характера прямого и косвенного воздействия опасного явления на окружающую среду. Некоторые природные явления опасны не столько сами по себе, сколько из-за сопутствующих процессов. Так в 1985 году в Колумбии во время извержения вулкана был уничтожен целый город Армеро, но его опустошили не потоки лавы, не выбросы пепла, а огромный селевой поток, спровоцированный извержением. При землетрясениях часто губительными становятся оползни и так далее. Учитывая генезис и сопутствующие процессы опасного природного явления, можно снизить риск с помощью превентивных мер, например, создавая сооружения для отвода селевых или лавовых потоков.

Место появления катастрофы нередко можно предсказать. В глобальных масштабах общие закономерности распространения катастроф хорошо изучены. Например, проведено сопоставление крупных катастроф, в которых число жертв было не менее 100, за период с 1963 по 1992 год в разных географических районах Земли. При этом определили площадь на разных континентах, на которую приходилась одна крупная катастро-

фа: Северная Америка – 470 тыс. км<sup>2</sup>; Африка – 270 тыс. км<sup>2</sup>; Европа – 240 тыс. км<sup>2</sup>; Южная Америка – 230 тыс. км<sup>2</sup>; Центральная Америка и Карибы – 150 тыс. км<sup>2</sup>; Азия – 120 тыс. км<sup>2</sup>; Австралия и Океания – 80 тыс. км<sup>2</sup>. Таким образом, наиболее опасные районы Земли – Центральная Америка и Карибы, Азия и Австралия и Океания.

Однако, на масштаб бедствия существенно влияют другие факторы, кроме вероятности катастроф, в первую очередь – меры по минимизации последствий, принимаемые в разных странах региона. Поэтому по количеству жертв лидируют Азия и Африка. Опасное географическое положение многих государств, которые вкладывают большие средства в минимизацию риска, не приводит к большим жертвам. Так Япония подвержена землетрясениям, тропическим циклонам, извержениям вулканов и тропическим циклонам. На Западе США часты землетрясения, в центральной части – речные наводнения, а на востоке – тропические циклоны.

Если опасное географическое положение сочетается с высокой плотностью населения и бедностью страны – это приводит к большим жертвам. Лидеры по количеству жертв стихийных бедствий на миллион жителей за период с 1947 по 1981 годы: Бангладеш – 3958 человек (тропические циклоны, затопления. Речные наводнения), Гватемала – 3174 и Никарагуа – 2590 (землетрясения, извержение вулканов). За тот же период в экономически развитых странах жертв оказалось гораздо меньше: ЮАР – 1 человек; Швейцария – 9 человек; Австралия – 11 человек; Канада – 12 человек; США – 51 человек, Япония – 276 человек. Цифры показывают, что уровень смертности от стихийных бедствий в развитых странах, даже расположенных в опасных районах, многократно ниже, чем в развивающихся странах.

Наиболее важна информация о точном месте катастрофы, но такие сведения часто отсутствуют. Пока невозможно точно предсказать, где будет эпицентр землетрясения, зоны распространения вулканического извержения, области затопления. Отсутствие такой информации усиливает последствия стихийных бедствий. Например при наводнениях на реках Миссисипи и Миссури в США (1972, 1983 годы) зоны затопления оказались неожиданно обширными, что привело к бедствиям национального масштаба. Позднее установили, что подобные наводнения случаются один раз в 100 и в 500 лет.

Проще указать место возможной техногенной катастрофы: это, как правило, промышленно развитые государства; места размещения промышленных производств, особенно химических. Чаще всего такие территории находятся в городах или вблизи городов. За период с 1900 по 1990 годы 2/3 из 339 крупных аварий, связанных с загрязнением воздуха, на химических предприятиях, трубопроводах, транспорте, произошли в странах Западной Европы, США, Канады. Однако в последние годы опасные производства мигрируют в развивающиеся страны. Тем не менее сведения о точной локализации техногенных катастроф и зон распространения их последствий часто очень скудны. Например, последствия аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году, распространение радиоактивных загрязнений почвы, оказались неожиданными. В России зоны с наиболее высоким риском техногенных катастроф – это Санкт-Петербург, Башкирия, Пермь, Челябинск.

Временная динамика природных катастроф также привлекает внимание исследователей. Информация о времени возникновения катастрофы – важный фактор снижения риска. Получение подобной информации возможно только для некоторых типов природных катастроф. Прогноз времени наступления события может базироваться на признаках скорого наступления события или на статистике повторяемости явлений. На основе статистических данных невозможно построить точный временной прогноз, но можно оценить степень риска с точностью до сезона года и детальнее.

Например, по данным французских ученых, от 40% до 70% пожаров возникает летом, в период засушливой погоды и сильных ветров. Зимой большие пожары случают-

ся редко, только в морозную, сухую и ветренную погоду. Летом большинство пожаров возникают в определенное время суток: от 11 до 17 часов. В Томской области также большинство крупных пожаров происходит в летнее время, лесные пожары вспыхивают чаще в выходные дни, чем в рабочие.

Риск формирования тропических циклонов на Атлантическо побережье Северо-Западной Европы также изменяется в течение года. По данным наблюдений за 1959-1969 годы чаще всего циклоны возникают зимой (51% случаев), осенью – в 1,5 раза меньше (33% случаев), весной – еще реже (14%). Летом риск возникновения циклона минимален, но в это время они особенно неожиданны и опасны.

На риск опасных природных явлений сильно влияют их внезапность, интенсивность, скорость, продолжительность и частота их развития. Временная динамика катастроф изучена гораздо хуже, чем их пространственное распределение. Отчасти это связано с психологией восприятия катастроф. Как правило, большие катастрофы не происходят в одном месте при жизни одного поколения, а следовательно, они воспринимаются людьми как чрезвычайно редкие события. Один из подходов к пониманию и прогнозу динамики катастроф – выявление их ритмической составляющей. Важное практическое значение имеют кратковременные ритмы с малым периодом (несколько лет или десятилетия лет). Такие ритмы определяют, в частности, колебания озер и внутренних морей.

Пример удачного прогноза: в 70-ые годы XX века наблюдалось падение уровня Каспийского моря. Несколько специалистов независимо предсказали повышение его уровня, которое действительно началось в 1977 году. Однако эти прогнозы не были учтены в хозяйственном планировании. В 70-ые годы Минводхоз СССР разработал ряд крупных гидротехнических проектов: перекрытие поступления Каспийской воды в ее мощный испаритель – залив Кара-Богаз-Гол; строительство каналов Волга-Дон-2 и Волга-Чаграй для пополнения оросительных систем юга России; переброска части стока северных рек в Волжский бассейн для восполнения расхода Волжской воды. В 1980 году залив отгородили сплошной перемычкой. За три года он полностью высох. Богатейшему в мире месторождению морских солей был нанесен колоссальный ущерб. Уже в 1984 году приток воды из каспия был частично восстановлен, но для восстановления экосистемы залива теперь потребуются десятки лет. В 1986 году под нажимом ученых и общественности были прекращены работы по повороту северных рек и строительству канала Волга-Чаграй, а также ряд других гидротехнических проектов, не имевших экологического обоснования. Предсказанный учеными быстрый подъем уровня Каспия также грозит экологической катастрофой: идет затопление прибрежных населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, нерестилищ рыбы, а также зоны астраханского биосферного заповедника в дельте Волги.

В США при прогнозе развития Больших озер ученые не учли ритмику, не смогли предсказать смену знака колебания уровня Большого соленого озера, которая стала неожиданностью и вызвала бедствие. Большой интерес имеет установление цикличности тропических циклонов над Индией. Выявлены циклы в 15 и 37 лет. Долгосрочные прогнозы установлены для наводнений на юге Миссисипи (США) – 100 и 500 лет.

Статистические данные не позволяют предсказать точный момент возникновения катастрофы: для наводнений на реке Ним (Франция) установлен период 150 лет. Однако за 300 лет с 1557 года по 1858 год здесь не было наводнений, а за следующие 130 лет случилось 3 больших наводнения (1859. 1868 и в 1988 году).

В динамике техногенных и природно-техногенных катастроф также прослеживаются ритмы. Анализ 3000 ситуаций в России с 1990 по 1994 год выявил четырехмесячные и шестнадцатимесячные циклы. Наиболее выражена цикличность в железнодорожных авариях и пожарах на железнодорожном транспорте, слабее – в авиакатастрофах. На риск техногенных катастроф сильно влияет социальная напряженность. Отчетливые

пики на кривых риска коррелировали с ростом социальной напряженности в России в 1991, 1993 годх, в январе 1994 года. Восемь из одиннадцати аварий на АЭС в России приходятся на статистически установленные опасные периоды.

Таким образом, для природных и техногенных катастроф характерно сочетание ритмичности и хаотичности, что дает возможность строить прогнозы, хотя точность этих прогнозов ограничена.

Природный фон может способствовать или препятствовать развитию опасного явления, а следовательно – усиливать или ослаблять негативные воздействия (например, сильный ветер во время пожара).

Уязвимость населения – фактор, сильно влияющий на масштабы бедствия. Рост риска для населения от стихийных бедствий во многом обусловлен ростом численности населения планеты, концентрацией населения в мегаполисах, освоением и заселением людьми опасных регионов Земли. Сегодня примерно половина населения Земли живет в прибрежных регионах, подверженных затоплениям.

Социальные причины повышения риска: бедность людей, экономическая отсталость государств. Так в 1978 году во время землетрясения в Гватемале почти все из 59 тысяч разрушенных домов были трущобами, расположенными в оврагах, на неустойчивых породах.

Целая группа социальных факторов определила серьезные последствия землетрясения в Армении в 1988 году. По силе (6,7 балла по шкале Рихтера) оно примерно соответствует землетрясению в Калифорнии в 1989 году. В обоих случаях катастрофа произошла в густонаселенных регионах. Но число погибших в Калифорнии было всего 400 человек, тогда как в Армении погибло 25 тысяч человек. В спитаке, Ленинокане люди гибли из-за обрушения зданий, построенных по сниженным нормам сейсмичности. Население в районе бедствия не было в должной степени информировано об опасности и о правилах поведения в ситуации землетрясения. Администрация городов не была подготовлена к проведению спасательных работ. Все эти факторы стали предпосылками к огромному числу жертв землетрясения.

Политическая структура общества также влияет на масштаб бедствий. В периоды ослабления государства, снижения экономической мощи, растет число техногенных катастроф и более серьезными становятся последствия природных. К этому приводит отсутствие инвестиций в снижение риска, а также игнорирование исторического опыта.

Например в Армении много веков назад уже было сильное землетрясение, которое разрушило древнюю столицу страны – город Ани. Для оценки опасности подземных толчков следует учитывать тектоническую активность и в доисторический период, которую можно изучать по смещениям горных пород. За 17 тысяч лет в районе Спитака было два землетрясения интенсивностью 6-7 баллов по шкале Рихтера, хотя в историческое время сила подземных толчков не превышала 6 баллов. Во время наводнения во Франции в 1988 году город Ним был полностью затоплен, не помогли и защитные дамбы. В прошлом такие мощные наводнения были в этом районе в 1557, 1859 и 1868 годах.

Таким образом, для снижения риска стихийных бедствий необходим комплекс мер, основанных на учете исторического опыта. Это относится к развитию городов, мелиорации земель, сооружению защитных жамб и отводных каналов.

Экологический риск может быть уменьшен только с учетом социально-экономических аспектов. Если очаги концентрации населения и очаги опасных явлений будут далеко друг от друга, риск будет стремиться к нулю. Однако в реальных условиях главную роль играют социально-экономические и психологические факторы. В ряде регионов Земли принципом жизнедеятельности должна стать концепция «Жизнь с риском». То есть риск – не редкий случайный феномен, а часть жизни людей. Учет риска должен стать составной частью жизнедеятельности всех социальных структур.

Важно информировать население о риске, знакомить с природной возможностью опасного явления, с необходимыми действиями во время его развития. Своевременная информация об угрозе, знание жителями правил оптимального поведения могут снизить риск.

Восприятие риска опасных явлений различается у людей разного социального положения, образования и информированности. Особенно опасно неадекватное восприятие риска администрацией населенных пунктов. Например в 1970 году в Пакистане случилось катастрофическое наводнение, вызванное циклоном. Метеорологическая служба Пакистана на основе спутниковой информации заранее предупреждала о возможности катастрофы. Однако власти страны, администрация прибрежных районов, не оценили эту информацию должным образом, что привлекло большим жертвам от наводнения.

Другой пример: отсутствие должного осознания риска населением и администрацией района послужило главной причиной гибели 23 тысяч человек в Колумбии в 1985 году во время извержения вулкана Невада-дель-Руис. Больше всего погибло жителей города Армеро, расположенного в 72 километрах от вулкана. Сюда не достигали потоки лавы, но город находился в зоне действия лахаров: селевых потоков, связанных с извержением. Об опасности лахаров было хорошо известно: составлены карты зон риска, где город Армеро входил в зону риска распространения лахаров. Однако население города и администрация не были готовы к восприятию риска. Они даже не прореагировали на сигналы тревоги за 2 часа до начала извержения вулкана и за 2,5 часа до момента затопления, когда лахар уже двигался к городу.

Восприятие риска тем адекватнее, чем полнее информация о нем. В Армении в 1988 году сведения о возможных сильных подземных толчках скрывались от населения, что стало фактором неготовности населения к встрече с катастрофой. Основная информация об опасных явлениях появляется в результате мониторинга окружающей среды, важной частью которого должны стать спутниковые наблюдения.

Восприятие опасности должно быть активным. Опасные явления обычны для многих регионов, это часть динамики окружающей среды. К опасным явлениям следует приспосабливаться, тем более, что у них могут быть и положительные последствия: они могут способствовать улучшению экологической обстановки, благоприятствовать жизни людей. Например, на вулканических породах возникают плодородные почвы. Реки, угрожающие наводнениями, откладывают на землях плодородный ил. Тропические циклоны тоже необходимы: год без сильных циклонов, дождей – это год засухи, поэтому люди ждут прихода циклонов. Население опасных регионов находит способы сосуществовать со стихией. Для снижения риска в таких регионах наиболее приемлема концепция «жизни с риском», которую разрабатывают французские ученые.

Практический подход к управлению риском был предложен Гранжером Морганом. Морган так определяет свою стратегию: «Ни для кого вероятность смерти от этой опасности не превысит определенной величины». Любые риски, превышающие установленный уровень приемлемого риска, должны быть понижены, независимо от затрат. Возможное снижение риска ниже установленного уровня зависит от результатов экономического анализа затрат-выгод. Управление риском в методе Моргана проводится до точки, когда предельные выгоды становятся равны предельным затратам. Однако социальные и культурные ценности также должны быть учтены.

Сегодня интенсивно развиваются исследования, направленные на получение качественных оценок стоимости продления жизни за счет внедрения мер по техническому усовершенствованию производственного или организационного характера для повышения уровня безопасности населения. Например, в Гарвардском центре по налuzu риска сделали такую оценку (табл.3).



Таблица 3

Оценка стоимости продления жизни (тысячи международных долларов за год дополнительной жизни) в связи с техническими или организационными мерами

Технические организационные меры снижения техногенного риска	Стоимость продления жизни
Контроль за качеством пищевых продуктов	1
Вакцинация против гриппа	1
Хлорирование питьевой воды	3
Автомобильные ремни безопасности	80
Надувные автомобильные мешки безопасности	320
Противопожарные детекторы дыма	50
85% улавливание серы на угольных ТЭС: - высокосернистый уголь - низкосернистый уголь	100 – 1 400 700 – 10 000
Технические системы безопасности на АЭС: - система аварийного охлаждения активной зоны реактора - противоаварийная защитная оболочка реактора - рекомбинаторы водорода	100 4000 > 3 000 000

## 5.2. Принципы управления риском и повышение устойчивости объектов экономики

Цель управления риском – устойчивое развитие общества, повышение качества жизни людей и качества природной среды. Достижение этой цели возможно при соблюдении следующих принципов:

- принцип оправданности практической деятельности на любом уровне социально-экономических систем, оптимизация соотношения выгоды и ущерба;
- принцип оптимизации мер по безопасности и защите, обеспечению полноценной и деятельной жизни людей в состоянии полного физического, душевного и социального благополучия и максимально возможной среднестатистической ожидаемой продолжительности предстоящей жизни (СОПЖ);
- принцип обеспечения необходимого уровня безопасности для любого человека и общества в целом с учетом всех существующих опасностей;
- принцип экологического императива, то есть принятие управленческих решений по обеспечению безопасности в рамках строгих ограничений техногенного воздействия на экосистемы и природно-территориальные комплексы.

Рассмотрим более подробно первый принцип. Ценность любой хозяйственной деятельности определяется, в первую очередь, ее полезностью для общества с учетом выгоды и ущерба. Так как выгода и ущерб могут «достаться» разным членам общества, исходят из оценки общественного блага от данной деятельности. При этом необходимо ограничивать хозяйственную деятельность таким образом, чтобы гарантировать реализацию материальных и духовных потребностей, а также личную безопасность каждого члена общества. Российские ученые (Н.А.Махутов и др) предлагают развить первый принцип управления риском следующим образом:

- 1) деятельность, при которой отдельные члены общества подвергаются чрезмерному риску, не может быть оправдана, даже если она выгодна для общества в целом;

- 2) члены общества добровольно соглашаются на определенный риск, связанный с осуществлением деятельности, необходимой для удовлетворения их материальных и духовных потребностей.

При этом должны быть предприняты все возможные меры для защиты каждого члена общества от чрезмерного риска. Затраты на эти меры (переселение людей, создание защитных барьеров, денежные компенсации и т.п.) должны включаться в общую сумму расходов на реализацию данного вида деятельности. При выборе конкретных мер защиты от чрезмерного риска необходимо учитывать мнение индивида, нуждающегося в такой защите.

Уровни индивидуального риска должны лежать в основе принятия решений о допустимости и целесообразности любой деятельности. Деятельность может осуществляться при уровне индивидуального риска, который оценивается как пренебрежимо малый или приемлемый. В условиях приемлемого риска деятельность должна контролироваться надзорными органами. Если индивидуальный риск оценивается как чрезмерный, такая деятельность недопустима.

Для практической реализации принципа оправданности хозяйственной деятельности важную роль играет правильный выбор количественной меры выгоды и ущерба от конкретной деятельности, учитывающий все экономические, социальные, экологические последствия для человека, общества в целом, окружающей среды.

Ведущие российские и зарубежные ученые, специалисты по безопасности, предлагают в качестве такой меры применять величину СОПЖ (средняя ожидаемая продолжительность предстоящей жизни). Тогда чистая выгода деятельности выражается формулой:  $V = T(+)-T(-)$ , где  $T(+)$  – увеличение СОПЖ, а  $T(-)$  – уменьшение СОПЖ.

Всемирная конференция по природным катастрофам в японском городе Иокогама (май, 1994) приняла Декларацию, в которой сказано, что борьба за уменьшение ущерба от природных катастроф должна быть важным элементом государственной политики всех стран. Конференция обратилась к мировому сообществу с призывом перейти на новую стратегию, связанную с прогнозированием и предупреждением риска.

До недавнего времени усилия людей были направлены на ликвидацию последствий катастроф и на помощь пострадавшим. Рост числа катастроф делает эти усилия все менее эффективными. Новая концепция основана на «глобальной культуре предупреждения». Международный опыт показывает, что затраты на прогнозирование и на обеспечение готовности к чрезвычайным ситуациям примерно в 15 раз меньше, чем предотвращенный ущерб.

Управление риском становится возможным, так как риск зависит не столько от природных явлений, сколько от особенностей жизнедеятельности населения в опасных регионах. Опасные природные явления неизбежны, но ущерб от них можно и нужно снижать. Например, управление риском лесных пожаров. Человек не может управлять природными факторами, провоцирующими лесные пожары: предотвращать засушливую погоду или сильный ветер. Однако ущерб от пожаров существенно снижается, если внедрить систему управления риском пожаров, которая включает осуществление следующих мероприятий:

- расчистка лесов, устройство водозаборов;
- организация наблюдений за лесами, в том числе со спутников, с самолетов, с целью своевременного обнаружения очага возгорания;
- организация борьбы с пожарами и мер по восстановлению нарушенной огнем лесной экосистемы.

Внедрение такой системы требует затрат, но существенно снижает ущерб от лесных пожаров, а значит и снижает риск.

Аналогично организована система управления риском циклонов, направленная не на борьбу со стихией, а на смягчение последствий опасного природного явления. При этом используются такие меры, как:

- информирование общественности по данным наблюдений и прогнозов о характеристиках и перемещении конкретного циклона;
- своевременное оповещение населения и администрации конкретного района об опасности;
- заблаговременная подготовка: определение зон максимального и минимального риска, мест укрытия; четкое планирование действий администрации и населения во время чрезвычайной ситуации.

Удачным является опыт управления риском снежных лавин во французских Альпах. За 30 лет с 1960 по 1990 годы количество жертв лавин не превысило 30 человек. Если в 1950-ые годы от лавин страдали жители горных поселков, то сейчас это в основном неорганизованные лыжники и туристы. Управление риском лавин опирается на картирование зон риска и организацию мер защиты.

Таким образом, риском природных и техногенных катастроф можно управлять. Элементы такого управления, это: зонирование территории по степени опасности; организация хозяйственного освоения территории с учетом риска (например, сооружение химических предприятий в наименее опасных для населения районах); регулярный мониторинг опасных явлений; адекватное образование, обучение и информирование населения; строительство защитных сооружений; оперативное противодействие опасному явлению со стороны администрации всеми доступными мерами накануне и во время его развития.

Устойчивость экономики любого государства к чрезвычайным ситуациям определяется устойчивостью составляющих ее объектов, то есть предприятий, организаций. Устойчивость объекта – это его способность производить установленные виды продукции (материальной, энергетической или информационной) в необходимых объемах и номенклатуре в условиях ЧС, а также приспособленность этого объекта к восстановлению в случае повреждения. Для объектов, не связанных с производством материальных ценностей (например, радиолокационная станция), устойчивость определяется их способностью выполнять свои функции в условиях ЧС. Устойчивость объекта определяется главным образом организационно-техническими мероприятиями.

Предварительно проводят оценку устойчивости объекта. Такая оценка проводится сначала на стадии проектирования проектной организацией, а затем на стадии функционирования устойчивость объекта оценивают эксперты при технических, экономических, экологических экспертизах.

На устойчивость объекта влияют: район расположения объекта, вероятность воздействия опасных факторов природного происхождения; метеорологические условия района: количество осадков, роза ветров, максимальные и минимальные температуры и т.п.; рельеф местности; характер грунта; глубина залегания и состав грунтовых вод и др. На устойчивость объекта влияют также характер застройки территории, смежные производства, транспортные магистрали, характер местности. Например лес рассматривается как потенциальный источник пожара, а водный объект (река), как альтернативная транспортная коммуникация. Плотность и тип застройки влияют на возможность возникновения и распространения пожаров, образование завалов у входов в убежища или в проходах между зданиями.

Особое внимание следует уделить участкам, где могут возникнуть вторичные факторы поражения. Это емкости с легко воспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) и сильно действующими ядовитыми веществами (СДЯВ); скалды взрывчатых веществ, взрывоопасные технологические установки, технологические коммуникации, разруше-

ние которых может вызвать взрывы, пожары, опасную загазованность и др. При этом следует четко оценивать последствия от таких процессов, как утечка тяжелых и легких газов, токсичных дымов; рассеивание продуктов сгорания во внутренних помещениях; возгорание цистерн, колодцев, фонтанов; нагрев и испарение жидкостей в бассейнах и емкостях; воздействие на человека продуктов горения и иных химических веществ; взрывы паров ЛВЖ; образование ударной волны в результате взрыва паров ЛВЖ; сосудов, находящихся под давлением; взрывов в помещениях; распространение пламени в зданиях и сооружениях объекта и др.

Большое значение имеет устойчивость систем управления производством на объекте. Для этого изучают расстановку сил, состояние пунктов управления, надежность узлов связи, определяют источники пополнения рабочей силы, возможности заменяемости руководящего состава объекта и т.п. Исследование устойчивости функционирующего объекта проводят в два этапа.

На первом этапе осуществляют анализ устойчивости и уязвимости отдельных элементов объекта в условиях ЧС, оценивают вероятность выхода из строя или разрушения этих элементов и всего объекта в целом. Анализу подвергают надежность установок и технологий; последствия ранее произошедших аварий; наиболее вероятные направления распространения ударной волны по территории объекта при взрыве сосудов, коммуникаций, ядерных зарядов и др.; распространение огня в случае возникновения пожаров разных видов; характер рассеивания веществ, высвобождающихся при ЧС; возможность вторичного образования токсичных, пожароопасных и взрывоопасных веществ и др.

На втором этапе проводится разработка мероприятий, направленных на повышение устойчивости и подготовку объекта к восстановлению после ЧС. На основе этих мероприятий составляют план-график повышения устойчивости объекта. В плане указывают объем и стоимость работ, перечень основных материалов и их количество, машины и механизмы, рабочую силу, ответственных исполнителей, сроки выполнения, источники финансирования работ по проекту.

Реконструкция или расширение объекта требует нового анализа его устойчивости. Таким образом, исследование устойчивости - это систематически проводимый процесс, требующий постоянного внимания руководства объекта, служб гражданской обороны и т.п. Предприятия и организации, имеющие в своем составе производства повышенной опасности, в соответствии постановлением Правительства РФ обязаны разработать Декларацию промышленной безопасности объекта. МЧС РФ и Госгортехнадзор РФ приказом от 1996 года ввели в действие порядок разработки такой декларации. Декларация промышленной безопасности объекта должна включать следующие разделы: общая информация об объекте; анализ уровня опасности объекта; обеспечение готовности объекта к локализации ЧС в случае ее возникновения; информирование общественности; приложения (ситуационный план объекта и информационный лист).

На таком объекте создается и постоянно действует комиссия по чрезвычайным ситуациям, председателем которой является руководитель объекта. В обычных условиях комиссия осуществляет планомерные действия по предупреждению ЧС, повышению уровня готовности сил, средств, органов управления к ликвидации возможных аварий, катастроф, стихийных и экологических бедствий. В режиме повышенной готовности комиссия оценивает возникшую угрозу, разрабатывает сценарии развития обстановки, принимает меры к усилению служб контроля и наблюдения за приведением в готовность сил и средств, уточняет планы их действий. В режиме ЧС комиссия берет на себя непосредственное руководство ликвидацией ЧС, защитой персонала от возникающих или ожидаемых опасностей. Эти задачи решаются в соответствии с планом действий в случае ЧС, для уточнения плана при возникновении конкретной ЧС проводится разведка и оценка оперативной обстановки.

План действий в условиях ЧС:

1. Экстренные меры по защите персонала, предотвращению развития ЧС, осуществление аварийно-спасательных работ:

- а) оповещение об опасности и информирование о правилах поведения в условиях ЧС;
- б) медицинская профилактика, оснащение персонала средствами защиты;
- в) эвакуация работников с участков, где есть реальная опасность поражения людей;
- г) оказание первой медицинской помощи пострадавшим.

2. Первоочередное жизнеобеспечение населения, пострадавшего в результате ЧС. Восстановление энергосистем, коммунальных сетей, линий связи и т.д.

3. Санитарная обработка людей, дезактивация, дегазация, дезинфекция одежды, обуви, транспорта, техники, дорог, сооружений, территории.

Комиссия по ЧС постоянно информирует органы управления ГО и ЧС о развитии ситуации и принимаемых мерах.

В условиях повышенного риска необходимо создавать финансовые механизмы, обеспечивающие гарантии его снижения. К числу таких механизмов можно отнести экологическое страхование. Экологическое страхование – это экономические отношения, направленные на создание гарантий возмещения убытков от аварийного загрязнения среды и на формирование дополнительного источника финансирования природоохранных мероприятий.

Доля случайных процессов в общем объеме загрязнений велика и составляет до 1/3. Вероятность таких загрязнений возрастает из-за морального и физического старения основных фондов, низкой технологической дисциплины и культуры производства, а также вследствие организационных недостатков в эксплуатации сооружений по принципу «от ввода в эксплуатацию до первой аварии минимум внимания и затрат». **В России отсутствует страхование риска загрязнения окружающей природной среды.**

*В зарубежной практике* экологическое страхование чаще всего означает страхование гражданско-правовой ответственности владельцев потенциально опасных объектов в связи с необходимостью возмещения ущерба третьим лицам, обусловленного технологической аварией или катастрофой. Страхуется предусмотренная законом об уголовной ответственности обязанность страхователя возместить ущерб, причиняемый юридическим и физическим лицам в результате воздействия вредных веществ на землю, воздух, воду и водоемы. Страхуются имущественные убытки, вытекающие из нарушения права собственности, права на оборудование и производственную деятельность и права пользования водным пространством.

Страхование имущественной ответственности, связанное с ущербом от загрязнения, возникло в 1960-х годах, когда полисы были направлены на обеспечение покрытия аварийных и непредвиденных ситуаций, определяемых как "случай, включающий продолжительные или повторяющиеся воздействия на условия, которые влекут личный или имущественный ущерб и являются неожиданными и непреднамеренными со стороны страхователя". Эти полисы являлись фактически лицензией на загрязнение.

*В отечественной литературе* сложилось несколько иное представление об экологическом страховании. Его определение следует давать на основе характеристики черт, присутствующих как процессам, возникающим в окружающей природной среде под воздействием поступающих в нее вредных веществ, так и операциям имущественного страхования и страхования ответственности.

Страхование аварийного загрязнения окружающей среды ориентируется на риски, происхождение которых часто не удается идентифицировать, а, следовательно, оценить и адекватно отразить в количественных показателях. Если рассматривать риск как "математическое ожидание функции потерь", то его величина зависит, по крайней мере, от пяти особо важных составляющих: объема поступившего вредного вещества; вида

реципиента; периода экспозиции; времени года; степени экологической опасности этого химического или физического элемента. Построить интегральный показатель последствий аварийного загрязнения, достоверно отражающий уровень экономических потерь, вероятно, никогда не удастся. Надо создать приемлемую для пользователей (страховщиков и страхователей) методику оценки убытков.

Специфика аварийного загрязнения заключается и в том, что последствия его и постоянного антропогенного давления на природу несопоставимы. В то же время непрерывное поступление вредных веществ в окружающую среду в объемах, значительно превышающих временно допустимые, можно квалифицировать по его негативным результатам как аварийное загрязнение. Это дает основания говорить о методах определения качественных и количественных характеристик аварийного загрязнения окружающей среды.

Однако вероятность ситуации, при которой воздействие на природные компоненты вписывается в очерченные рамки, рассчитать на имеющейся сегодня информационной базе невозможно. Статистика аварий с зарегистрированными экологическими эффектами отсутствует, либо недоступна. Это в первую очередь связано с отсутствием четкой концепции экологической аварии. Можно привести достаточно примеров аварий и техногенных катастроф, даже частоты их возникновения, но методологии оценки экологической опасности того или иного производства, отвечающей требованиям экологического страхования, не существует.

Главным в методологии оценки экологической опасности предприятий и производств должно стать страховое экологическое аудирование. Оно призвано ответить на два вопроса:

- 1) какова вероятность экологической аварии на конкретном объекте, включенном в систему экологического страхования,
- 2) какова величина убытков, которые могут быть вызваны экологической аварией.

К проблеме страхового экологического аудирования имеется несколько методологических подходов. Опасность промышленного производства:

- 1) идентифицируется по перечню вредных химических веществ, используемых в этом производстве в критических количествах;
- 2) определяется по кратному превышению предельных норм воздействия на окружающую среду;
- 3) выявляется исходя из расчетных величин риска загрязнения и причиняемого им гипотетического ущерба.

Методология экологического страхования характеризуется несходством взглядов зарубежных и отечественных исследователей на его роль в экономической жизни общества. У первых оно осуществляется в рамках имущественного страхования. Если же оно проводится в процессе страхования ответственности, то ущерб, нанесенный владельцу имущества или его здоровью в результате загрязнения, причем не обязательно аварийного, компенсируется страховой организацией. Она это делает либо на основании заключенного ранее договора страхования, предусматривающего регулярные страховые взносы, либо за счет виновника, установленного в судебном порядке. В обоих случаях величина убытка определяется традиционными методами оценки потерь имущества и неполученной прибыли. Особую роль в этом играют нормативно-правовые документы.

Уже говорилось об убытках, причиняемых аварийным загрязнением. *В экологическом страховании убытками считаются потери, обусловленные поступлением в окружающую среду от одного источника определенного количества (в аварийном объеме) вредного вещества и образованием у конкретных реципиентов негативных эффектов.*

В страховании ответственности за аварийное загрязнение происходит персона-

фикация того, кто причиняет вред, и реципиента. В имущественном страховании на случай загрязнения среды вклад отдельного загрязнителя не выделяется. Отсюда следует, что финансовое покрытие страховых сумм обеспечивается не только из разных источников, но и полученная страховая премия используется страховщиком по разным целевым направлениям.

Итак, экологическое страхование, осуществляемое как страхование ответственности за аварийное загрязнение окружающей среды, направлено на обеспечение экологической безопасности и компенсации убытков третьих лиц (разумеется, при условии соблюдения коммерческих интересов страхователей), а как имущественное страхование - направлено лишь на компенсацию потерь страхователя.

Этим оно отличается от других видов страхования, например медицинского, хотя, казалось бы, охватывает тот же круг лиц, называемых в страховании "третьи лица", что и последнее. Убытки, выражающиеся в потере здоровья населения, определяются в экологическом страховании на совершенно иных принципах, нежели в медицинском. В экологическом нужно с максимальной достоверностью идентифицировать источники причинения вреда и реципиентов и в зависимости от этого определить тарифную и компенсационную политику. Медицинское страхование исходит из других посылок: каждое предприятие, выплачивающее заработную плату своим работникам, несет финансовую нагрузку по ликвидации убытков, связанных с заболеваемостью, населения, независимо от того, причиняет ли это предприятие вред.

Определение экологического страхования как страхования *ответственности* предприятий - источников повышенной экологической опасности и *имущественных интересов* страхователей, возникающих в результате аварийного загрязнения окружающей среды, обеспечивающее возможность компенсации части причиняемых загрязнением убытков и создающее дополнительные источники финансирования природоохранных мероприятий, ориентируется именно на тот методологический базис, о котором здесь шла речь. Главная его задача - дополнительное финансовое обеспечение экологической безопасности при соблюдении интересов всех сторон: страховщиков, страхователей и третьих лиц.

Если для операций имущественного страхования существует достаточно богатый спектр нормативно-методической документации, то для страхования ответственности за аварийное загрязнение среды ее еще предстоит разработать.

То, что необходимость изыскания новых источников финансирования природоохранных мероприятий сегодня как никогда остра, понятно, как и то, что реальными дополнительными финансовыми резервами обладает пока только частный капитал. Найти для него привлекательные направления вложения средств - еще одна функция экологического страхования.

Существует точка зрения, что принятие Федерального Закона "Об экологическом страховании" обяжет предприятия-загрязнители включиться в экологическое страхование. Обязанность, не подкрепленная экономической целесообразностью, останется пустым звуком. Закон должен вписаться в экономические отношения, учесть реалии страхового бизнеса и природоохранной деятельности страхователей. В настоящее время имеется несколько законодательных актов, очерчивающих границы ответственности загрязнителя окружающей среды и роль страхования в этой сфере.

В ст. 23 Закона "Об охране окружающей среды" указано, что в "Российской Федерации осуществляется... экологическое страхование предприятий, учреждений, организаций, а также граждан, объектов их собственности и доходов на случай экологического и стихийного бедствия, аварий и катастроф". Страхование служит не только извлечению прибыли, но и предотвращению, ликвидации и компенсации вреда, причиняемого пострадавшим. Под экономическим ущербом здесь понимается сумма затрат на преду-

преждевание воздействия загрязненной среды на реципиентов (в тех случаях, когда такое предупреждение, частичное или полное, технически возможно) и затрат, вызываемых воздействием на них загрязненной среды. В Гражданском кодексе Российской Федерации узаконено: "Под убытками понимаются расходы, которое лицо, чье право нарушено, произвело или должно будет произвести для восстановления нарушенного права, утрата или повреждение его имущества (реальный ущерб), а также неполученные доходы, которые это лицо получило бы при обычных условиях гражданского оборота, если бы его право не было нарушено (упущенная выгода). Если лицо, нарушившее право, получило вследствие этого доходы, лицо, право которого нарушено, может требовать возмещения наряду с другими убытками упущенной выгоды в размере не меньшем, чем такие доходы".

Таким образом, теоретически величина страховой суммы состоит из затрат на предупреждение аварийного загрязнения и оценки воздействия загрязненной среды на реципиента. Для страхователя первое представляет дополнительные, неоправданные в случае отсутствия в период действия договора экологического страхования, расходы. Для общества и третьих лиц, в чью пользу заключается договор страхования ответственности за аварийное загрязнение среды, такие затраты - часть потенциальных убытков. Осознавая это и оценивая возможное страховое возмещение, страховщик либо сам выделяет средства на превентивизацию аварий, либо понуждает (экономически стимулирует) страхователя на природоохранные мероприятия. Их можно либо осуществить, либо учесть в расчете страховой суммы.

Вторая составляющая страховой суммы - это убытки, в результате воздействия поступивших в окружающую среду вредных веществ на реципиентов. В отличие от первого вида убытков, они проявляются и у третьих лиц. И в том, и в другом случае экологическое страхование выступает как страхование ответственности за аварийное загрязнение среды источниками повышенной экологической опасности.

Убытки от аварийного загрязнения терпят не только реципиенты - третьи лица, в интересах которых проводится страхование ответственности, но и сами страхователи - источники загрязнения, тоже являющиеся реципиентами. Страхователями же могут быть те и другие.

В связи с этим выше и говорилось о дифференциации компенсационной политики страховщиков. Так, компенсируя убытки источника аварийного загрязнения в рамках имущественного страхования, страховщик не создает заинтересованности у страхователя в предотвращении загрязнения. Возмещая убытки реципиентов - третьих лиц, он освобождает страхователя - эмитента загрязнения - от необходимости ликвидации последствий и превентивизации будущей аварии.

Особая роль в контроле за поведением страхователя отводится тарифным ставкам по экологическому страхованию. Они не могут быть установлены едиными не только, например, по отраслям производства страхователей, но даже и по отдельным предприятиям. То же относится и к лимитам ответственности по принимаемым страховщиком рискам загрязнения окружающей среды.

Теоретические аспекты взаимоотношений страховщиков и страхователей в подобных ситуациях требуют моделирования возможных ситуационных решений и разработки соответствующей методологической базы.

Процесс страхования сам по себе вознаграждает тех, кто минимизирует будущие риски и издержки общества. В результате механизм частного рынка становится инструментом регулирования и управления риском с возможностью значительного снижения ущерба окружающей среде. Применение такого прямого экономического стимула может быть эффективным дополнением к традиционным способам экономико-правового регулирования взаимоотношения общества и природы.



### 5.3. Государственная политика РФ в сфере защиты населения и территорий от ЧС

Защита населения и окружающей природной среды от чрезвычайных ситуаций различного характера, уменьшение их социально-экономических и экологических последствий – это важнейшая задача, без решения которой невозможно обеспечить устойчивое развитие государства.

Актуальные вопросы обеспечения безопасности рассмотрены в Федеральном законе от 21.12.94 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Статья 18 Закона провозгласила права граждан РФ:

- на защиту жизни, здоровья, личного имущества в случае возникновения ЧС;
- на использование средств коллективной и индивидуальной защиты и другого имущества органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления и организаций, предназначенного для защиты населения от ЧС;
- на информацию о риске, которому они подвергаются в определенных местах пребывания на территории страны и о необходимых мерах безопасности;
- на возмещение ущерба, причиненного их здоровью и имуществу вследствие ЧС;
- на медицинское обслуживание, компенсации и льготы за проживание и работу в зонах ЧС;
- на бесплатное государственное социальное страхование, получение компенсаций и льгот за ущерб, причиненный здоровью при ликвидации последствий ЧС;
- на пенсионное обеспечение в случае потери трудоспособности в связи с увечьем или заболеванием, а также на пенсионное обеспечение по случаю потери кормильца, погибшего или умершего от увечья или заболевания, полученного при выполнении обязанностей по защите населения и территорий от ЧС.

В законе определены основные понятия. Так, **предупреждение ЧС** – это комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение вероятности возникновения ЧС, а также на сохранение здоровья людей, снижение ущерба окружающей среде и материальных потерь в случае их возникновения. **Ликвидация ЧС** – это аварийно-спасательные и другие неотложные работы, которые проводят при возникновении ЧС с целью спасения жизни и здоровья людей, снижения размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь, а также с целью локализации зоны ЧС и прекращения действия характерных для нее опасных факторов. **Зона ЧС** – это территория, на которой сложилась чрезвычайная ситуация. В законе подчеркивается, что наиболее эффективны профилактические меры, то есть предупреждение ЧС.

Имеются два основных пути минимизации риска ЧС. Первое направление состоит в разработке и последующем осуществлении таких организационных или технических мероприятий, которые уменьшают вероятность появления поражающих факторов при эксплуатации современных технических систем. Эти системы оснащаются защитными устройствами – средствами взрыво- и пожарозащиты оборудования и техники, электро- и молниезащиты, локализации и тушения пожаров и т.п.

Суть второго направления состоит в подготовке обслуживающего персонала технического объекта, служб. Гражданской обороны, военнослужащих, населения к действиям в условиях ЧС. Это направление предусматривает формирование планов действий в условиях ЧС на основе детально разработанных сценариев возможных аварий. Для этого необходимо располагать статистическими и экспертными данными о физических, химических и иных явлениях, связанных с возможной аварией, а также о возможных потерях. Необходимо постоянно оценивать обстановку на объекте: до возникнове-

ния ЧС, при угрозе ЧС, а также в ходе ее развития. Без этого невозможна эффективная защита и ликвидация последствий ЧС.

Согласно постановлению Правительства РФ от 29.04.95 № 444 (с изменениями от 24.06.96) утвержден порядок подготовки ежегодного государственного доклада о состоянии защиты населения от ЧС природного и техногенного характера. Такой доклад, который является официальным правительственным документом, готовится с целью обеспечения федеральных органов власти и органов исполнительной власти субъектов РФ систематизированной аналитической информацией. На основе этой информации определяются пути защиты населения и территорий от ЧС, разрабатываются меры, направленные на снижение риска.

Постановлением Правительства РФ от 05.11.95 создана Единая государственная система предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Главная цель РСЧС – объединить усилия центральных и региональных органов власти, организаций и учреждений для предупреждения и ликвидации последствий ЧС. РСЧС базируется на следующих положениях:

- 1) риск возникновения ЧС полностью исключить невозможно;
- 2) следует соблюдать принцип превентивной (опережающей) безопасности, который предусматривает снижение риска возникновения ЧС;
- 3) следует отдавать приоритет профилактической работе;
- 4) следует осуществлять комплексный подход при формировании системы, то есть учитывать все виды ЧС, все стадии их развития и все разнообразие последствий;
- 5) следует строить систему на правовой основе с четким разграничением прав и обязанностей участников.

#### 5.4. Экологическая безопасность населения и биосферы

Сегодня состояние системы человек-биосфера (Человек-Экономика-Биота-Среда) характеризуется значительной нестабильностью, которая проявляется на всех уровнях: от локальных техногенных экологических катастроф до глобального экологического кризиса. Такая ситуация представляет значительную опасность для человечества. Говоря о факторах опасности иногда различают техногенную и природную опасность. Но в масштабах биосферы природные источники опасности сегодня действуют гораздо слабее, чем антропогенные, люди быстро учатся их прогнозировать и предотвращать тяжелые последствия.

В 1958 году вытор термина экосфера Л.Кол обозначил им совокупность всего живого на Земле вместе с его окружением и ресурсами. Акимов и Хаскин преобразовали этот термин, определив экосферу как совокупность современной биосферы и техносферы. В таком понимании экосфера становится главным объектом мегаэкологии. Рассмотрим систему «Человек-Экономика-Биота-Среда» (ЧЭБС), чтобы понять причины нарушения биосферного равновесия. Биосфера в этой системе подразделяется на биоту и окружающую среду, включая среду человека. Техносфера подразделяется на человеческое общество и экономику. Подобно тому, как биота представляет собой совокупность биоценозов, экономику можно представить как совокупность техноценозов.

При изучении сложных систем важнейшее значение имеет анализ взаимосвязей между элементами. Взаимосвязи исследуют с помощью корреляционного анализа, этот статистический метод позволяет охарактеризовать направление и силу линейных зависимостей между показателями.

В реальных системах связи между элементами образуют сложные цепи и сети. Цепочки причинно-следственных связей часто образуют замкнутые кольца: контуры

обратных связей. Например в системе «хищник-жертва» такой контур имеет отрицательный знак: если хищник уничтожит всех своих жертв, то он и сам обречен на гибель. Такая система способна сама себя поддерживать, показатели численности популяций будут колебаться вокруг среднего уровня, не отклоняясь от него слишком далеко. Отрицательная обратная связь – основа автоматического регулирования в технике и всех систем поддержания гомеостаза в природе. Все экосистемы включают контуры отрицательных обратных связей. Контур положительной обратной связи, напротив, дестабилизирует систему, ведет либо к угнетению и гибели, либо к ускоренному росту, за которым также следует разрушение системы.

Рассмотрим контуры связей в системе ЧЭБС (рис.2).

Контур биосферы имеет отрицательный знак, так как воздействие между организмом и средой в природе уравновешаны: биота обладает средообразующей функцией и точно контролирует свойства среды (положительная связь), а условия среды, ограниченность ресурсов, лимитируют увеличение биомассы (отрицательная связь). Взаимодействия между экономикой и биотой образуют контур отрицательной обратной связи: биота является важным ресурсом потребления, изъятие части этого ресурса угнетает и обедняет биоту.

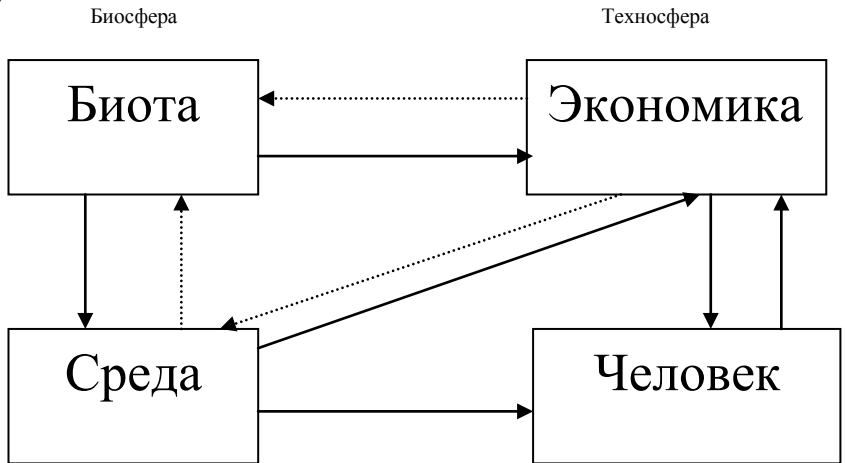


Рис. 2. Контуры обратных связей в системе «Человек-Экономика-Биота-Среда».

Влияние экономики на биоту также опосредовано общей средой, причем здесь не уравновешаны слабая положительная и сильная отрицательная связи. Негативное влияние экономики на биоту и среду почти не встречает противодействия. Воздействие людей на биоту и среду практически полностью опосредовано экономикой (техникой, производством). Прямые взаимосвязи между человеком и биотой также невелики, здесь сочетаются положительное влияние (часть ресурсов потребления, не опосредованная экономикой, а также информационное значение биоты для науки и искусства) и негативные (природные яды, возбудители и переносчики заболеваний).

Безопасность сложной системы определяется в основном ее внутренними свойствами – устойчивостью, надежностью, способностью к саморегуляции. Человек в про-

цессе своей хозяйственной деятельности нарушает устойчивость и биотическую регуляцию среды, снижая тем самым и собственную безопасность.

Благополучие человечества обусловлено двумя сильными положительными связями: со стороны экономики и окружающей среды. Контур техносферы имеет положительный знак, так как обе связи (прямая и обратная) между людьми и экономикой положительны: человечество растет и наращивает производство ресурсов для своего дальнейшего роста. На протяжении всей истории и особенно в XX веке эта подсистема находилась в состоянии экспоненциального роста, который лишь частично сдерживался дефицитом ресурсов и лимитирующими факторами среды. Рост экономики сопровождается ростом техногенного давления на среду, а через нее и на человека. Следовательно, вся система крайне неравновесна. Но это временное состояние, которое не может продолжаться долго.

Два миллиона лет человек жил в согласии с природой, но два поледних столетия он осуществлял глобальный экоцид. Вероятно, в пределах такого же масштаба времени экосфера должна стабилизироваться, стать равновесной. Вопрос лишь в том, сохранится ли сегодняшняя ее структура, или же останется только измененная биосфера, которая будет постепенно восстанавливаться, но уже никогда не станет прежней, и в которой не будет места человеку.

Теоретически возможны различные пути стабилизации системы ЧЭСБ:

- 1) Сокращение техносферы, ослабление ее влияния на биосферу, уменьшение потоков техногенного загрязнения среды.
- 2) Изоляция человека от среды, создание искусственной среды, что очень затратно и возможно только для небольшой группы людей.
- 3) Адаптация человека к неблагоприятным условиям среды. Однако, хотя резервы адаптации человека достаточно велики по отношению к природным факторам, они недостаточны по отношению к техногенным воздействиям, которые приводят к быстрым и значительным изменениям окружающей среды.
- 4) Снижение численности людей на Земле, которое может быть вызвано ухудшением состояния среды и угнетением экономики.
- 5) Переключение экономики с демографических влияний, стимулирующих рост населения, на социально-культурные влияния, способствующие сокращению численности населения. Сегодня это возможно только в экономически развитых странах.
- 6) Сокращение потребностей людей – в масштабах экосферы нереально.

Состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий, определяется понятием экологическая безопасность. Население является частью эколого-экономической системы и его безопасность определяется устойчивостью развития и функционирования всех компонентов системы. Интегральным критерием экологической безопасности биосферы и ее частей (биомов, регионов, ландшафтов, административных образований и др.) может служить уровень эколого-экономического паритета, то есть степени соответствия общей техногенной нагрузки экологической техноемкости территории, то есть ее предельной выносимости по отношению к повреждающим техногенным воздействиям.

Понятие «безопасность» раскрывается в законе РФ «О безопасности» (1992): «Под безопасностью Российской Федерации понимается качественное состояние общества и государства, при котором обеспечивается защита каждого человека, проживающего на территории РФ, его прав и гражданских свобод, а также надежность существования и устойчивость развития России, защита ее основных ценностей, материальных и духов-

ных источников жизнедеятельности, конституционального строя и государственного суверенитета, независимости и территориальной целостности от внутренних и внешних врагов».

Безопасность человека – это степень его защищенности от возможного ущерба качеству жизни, здоровью, благосостоянию. Здоровье человека сегодня является одной из главных характеристик благополучия человека. По определению ВОЗ, здоровье – это состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов. Здоровье человека – это процесс сохранения и развития его психических и физиологических качеств, оптимальной работоспособности и социальной активности при максимальной продолжительности жизни. Возможность сохранения здоровья и нормальной жизнедеятельности является главным критерием безопасности человека.

С точки зрения социальной медицины выделяют три уровня оценки состояния здоровья:

- здоровье отдельного человека (индивидуума);
- здоровье малых социальных, этнических групп (семейное или групповое здоровье);
- здоровье всего населения (популяции), проживающей в городе, в селе, на определенной территории.

При оценке здоровья населения в санитарной статистике используют типовые медико-демографические показатели:

- ❖ Показатели естественного движения населения;
  - смертность общая и возрастная;
  - рождаемость и плодовитость;
  - естественный прирост населения.
- ❖ Показатели механического движения населения: миграция населения (иммиграция, эмиграция, сезонная, внутригородская миграция и др.).
- ❖ Показатели заболеваемости и распространения болезней (болезненности).
- ❖ Показатели инвалидности и инвалидизации.
- ❖ Показатели физического развития населения.

Из всего многообразия показателей индикаторами здоровья населения могут выступать следующие:

- ◆ ожидаемая продолжительность предстоящей жизни (для мужчин, женщин, городского населения, сельского населения, при рождении, в возрасте 15, 45 и 65 лет);
- ◆ смертность (общие и стандартизированные показатели, смертность от злокачественных новообразований органов пищеварения, дыхания, от рака крови, младенческая смертность);;
- ◆ частота врожденных пороков развития; доля детей с массой тела при рождении меньше 2500 граммов; показатели физиологического развития детей;
- ◆ заболеваемость (ОРЗ и бронхиальной астмой у детей, онкозаболеваемость, кишечные инфекции, гепатит А, болезни щитовидной железы, профессиональные заболевания).

Здоровье можно охарактеризовать количественно числом лет, прожитых без тяжелых продолжительных болезней. Среднюю видовую продолжительность жизни человека принято оценивать в 100 лет ( $T_{\text{вид}}$ ). Частота смертей  $\lambda=1/T_{\text{вид}}$ . Индивидуальная вероятность смерти в течение года  $R_{\text{вид}}$  равна математическому ожиданию числа смертей за 1 год.  $R_{\text{вид}}=0,01$ .

Улучшение здоровья популяции и рост средней продолжительности жизни способствует установлению состояния динамического равновесия и повышает устойчивость

развития общества. Негативные процессы в виде опасных, техногенных и социальных явлений формируют условия риска, препятствующие такому развитию.

Безопасность экосистемы – это возможность сохранения целостности, видового состава, биоразнообразия, структуры внутренних взаимосвязей. В основе хозяйственной деятельности должен лежать критерий безопасности территориального комплекса, который выражается формулой  $U \leq T_3$ , где  $U$  – природоемкость производства, то есть совокупность объемов хозяйственного изъятия и поражения местных возобновимых ресурсов, включая загрязнение среды и другие формы техногенного угнетения, в том числе – ухудшение здоровья людей.  $T_3$  – экологическая техноемкость территории, то есть обобщенная характеристика, отражающая потенциал самовосстановления природной системы и количественно равная максимальной техногенной нагрузке, которую может длительное время переносить совокупность всех экосистем и организмов данной территории без нарушения структуры и функций. Этот показатель может быть выражен в массе токсичного вещества на единицу площади, а также в энергетических или финансовых единицах.

Степень напряженности экологической обстановки можно определить по формуле:  $K_3 = U/T_3$ . В зависимости от природы факторов опасности, градации  $K_3$  могут быть разными. Обычно  $K_3 \leq 0,3$  соответствует благополучной экологической обстановке;  $1 \leq K_3 \leq 2$  – критическая обстановка;  $2 < K_3 < 10$  – опасная обстановка;  $K_3 \geq 10$  – крайне опасная обстановка.

#### Литература:

1. Гридэл Т.Е., Алленби Б.Р. Промышленная экология: Учебное пособие для ВУЗов / Пер. с англ. Под редакцией проф. Гирусова Э.В. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2004. – 527 с.
2. Катастрофы конца XX века / ред. В.А.Владимиров. – М.: 2001.
3. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. – Ростов- на-Дону: Феникс, 2003. – 576 с.
4. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология. – М.: Дрофа, 2003. – 624 с.
5. Трифонова Т.А., Селиванова И.В., Мищенко И.В. Прикладная экология: учебное пособие для ВУЗов. – М.: Академический проект: Традиция, 2005. – 384 с.
6. Хохлов Н.В. Управление риском: учебное пособие для ВУЗов. – М.: 1999.
7. Экология и безопасность жизнедеятельности / ред.Л.А.Муравей. – М.: ЮНИТИ, 2000. – 447 с.
8. Экология: учебное пособие / ред. В.В.Денисов. – Ростов н/Д: изд.центр «МарТ», 2002. – 640 с.
9. Экономика природопользования / ред. Папенев К.В.. – М.: ТЕИС, ТК Велби, 2006. – 928 с.