

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

**Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)  
государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**О. А. Саблина**

**ЭКОЛОГИЯ  
И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Учебное пособие*



**Орск 2017**

УДК 574  
ББК 20.1  
С12

Утверждено редакционно-издательским советом  
Орского гуманитарно-технологического института  
(филиала) ОГУ

### Научный редактор

*Корнева И. Н., кандидат медицинских наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и биологии Орского гуманитарно-технологического института (филиала) ОГУ*

### Рецензенты:

*И. В. Лупова, кандидат биологических наук, доцент, методист МАУДО «Станция юных натуралистов г. Орска»*

*А. В. Швалева, кандидат педагогических наук, заведующий кафедрой математики и естествознания Новотроицкого филиала ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»*

**С12 Саблина, О. А. Экология и охрана окружающей среды : учебное пособие / О. А. Саблина. – Орск : Издательство Орского гуманитарно-технологического института (филиала) ОГУ, 2017. – 103 с. – ISBN 978-5-8424-0854-2.**

*Учебное пособие содержит краткие сведения по основам общей экологии, а также раскрывает причины и последствия антропогенной деградации окружающей среды и меры по ее охране. Предназначено для студентов технических профилей и направлений подготовки, изучающих дисциплину «Экология».*

**ISBN 978-5-8424-0854-2**

© Саблина О. А., 2017

© Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ, 2017

© Издательство Орского гуманитарно-технологического института (филиала) ОГУ, 2017

## Оглавление

Введение.....	4
1 Основы общей экологии.....	5
1.1 Предмет изучения и разделы экологии.....	5
1.2 Экологические факторы .....	7
1.3 Экология популяций .....	9
1.4 Сообщества и экосистемы.....	19
1.5 Биосфера как глобальная экосистема .....	29
2 Антропогенная деградация окружающей среды .....	34
2.1 Загрязнение окружающей среды .....	34
2.2 Экологические проблемы атмосферы.....	37
2.3 Экологические проблемы гидросферы .....	45
2.4 Экологические проблемы литосферы .....	48
2.5 Сокращение биоразнообразия .....	51
3 Методы и технологии охраны окружающей среды .....	55
3.1 Защита атмосферного воздуха от загрязнения .....	55
3.2 Методы очистки сточных вод.....	64
3.3 Методы хранения и утилизации отходов .....	79
3.4 Методы сохранения биоразнообразия .....	87
3.6 Международное экологическое сотрудничество.....	93
Библиографический список .....	101

## Введение

Данное учебное пособие предназначено для преподавания дисциплины «Экология» студентам технических профилей и направлений подготовки. Учебное пособие разработано с учетом требований ФГОС высшего образования и соответствует рабочей программе дисциплины «Экология». Цель освоения дисциплины является формирование у бакалавров теоретических знаний и практических умений и навыков в сфере современной экологии, осознание важности экологизации сознания и степени опасности экологических рисков в современном мире.

Материал, представленный в данном учебном пособии, позволяет добиться реализации указанной цели путем формирования: основных понятий в области общей экологии: экологические факторы, популяции, сообщества, экосистемы; представлений о глобальных и региональных экологических проблемах; представлений о влиянии экологически опасных и вредных факторов на состояние здоровья населения; знаний о концептуальных основах и методологических подходах, направленных на решение проблемы обеспечения экологической безопасности и устойчивого взаимодействия человека с окружающей средой; экоцентрического сознания и способности применять полученные знания в практической деятельности.

В каждом разделе представлен материал по основным темам дисциплины, а также имеются вопросы и задания для самоконтроля. Учебное пособие может быть использовано студентами как во время учебных занятий, так и для организации самостоятельной работы, подготовки к семинарам, коллоквиумам и промежуточной аттестации. Данное учебное пособие может быть использовано также в процессе преподавания дисциплин «Теоретические основы защиты окружающей среды», «Общая экология», «Естествознание», «Естественнонаучная картина мира» у студентов педагогических направлений подготовки.

# 1 Основы общей экологии

## 1.1 Предмет изучения и разделы экологии

Слово «экология» образовано от греч. *oikos*, что означает дом (жилище, местообитание, убежище), и *logos* – наука. То есть в буквальном смысле экология – это наука, изучающая условия существования живых организмов, их взаимосвязи со средой, в которой они обитают [16].

В самостоятельное научное направление экология оформилась в конце XIX века, однако наибольшего развития она достигла во второй половине XX века, когда человечество начало осознавать нарастающие угрозы окружающей среде со стороны нерациональной хозяйственной деятельности. В настоящее время экология включает огромное количество научных отраслей, ее идеи проникают как в смежные естественные науки (географию, геологию и др.), так и в социальные и гуманитарные науки (философию, социологию и проч.), а также в общественное сознание.

Сейчас экологию можно охарактеризовать как комплекс наук, который изучает функциональные взаимосвязи между организмами (включая человека) и окружающей их средой, круговорот веществ и потоков энергии.

*Научные направления в экологии.* Основные природные процессы, закономерности, биологические макросистемы, их взаимодействие друг с другом изучает общая экология. Она является теоретической базой для других разделов экологии. По размерам изучаемых объектов общую экологию делят на: *аутэкологию* (объект изучения – организм и его среда), *демэкологию*, или популяционную экологию (популяция и ее среда), *эйдэкологию* (биологические виды), *синэкологию* (биотическое сообщество, экосистема и их среда), *географическую, или ландшафтную, экологию* (крупные геосистемы, географи-

ческие процессы с участием живого и их среды) и *глобальную экологию* (мегаэкология, учение о биосфере Земли).

По отношению к предметам изучения общую экологию подразделяют на экологию микроорганизмов, грибов, растений, животных, человека. По средам и компонентам различают экологию суши, пресных водоемов, морскую, Крайнего Севера, высокогорий и т. д.

Кроме общей экологии в последние десятилетия активно развиваются различные отрасли прикладной экологии: инженерная, сельскохозяйственная, медицинская и др. *Инженерная экология* изучает закономерности взаимодействия природы и техники, способы и методы защиты окружающей среды, а также занимается разработкой стратегии экологической безопасности, контроля соответствия технологических процессов и объектов соответствующим требованиям.

*Сельскохозяйственная экология, или агроэкология*, рассматривает экологические аспекты повышения урожайности сельскохозяйственных культур при сохранении высокого плодородия почв. Ее предметом является разработка методов, необходимых для получения качественной сельскохозяйственной продукции в условиях индустриального хозяйства, а следовательно, учитывающих применение химических и биологических удобрений, мелиорацию почв, выпас скота и т. д.

*Медицинская экология* изучает возникновение болезней человека и животных, появившихся в результате техногенной нагрузки на окружающую среду. Медицинская экология пытается установить причину заболеваний в непосредственной связи с окружающей средой, при этом учитывается большое разнообразие экологических факторов, нозологических форм заболеваний и генетических особенностей человека [20].

## 1.2 Экологические факторы

*Среда* – это часть природы, окружающая живые организмы и оказывающая на них прямое или косвенное воздействие. Организмы на Земле освоили четыре среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную, тело других организмов.

Среда складывается из множества элементов неорганической и органической природы и элементов, привносимых человеком и его производственной деятельностью. При этом одни элементы могут быть частично или полностью безразличны организму, другие необходимы, а третьи оказывают отрицательное воздействие.

*Условия жизни*, или условия существования, – это совокупность необходимых для организма элементов среды, с которыми он находится в неразрывном единстве и без которых существовать не может.

Отдельные свойства или элементы среды, воздействующие на организмы, называются *экологическими факторами*. Многообразие экологических факторов подразделяется на три большие группы: *абиотические* (факторы неживой природы – свет, влажность, давление и т. д.), *биотические* (влияние живых организмов друг на друга), *антропогенные* (воздействие человека на природу).

Способность видов адаптироваться к тому или иному диапазону факторов среды обозначается понятием «*экологическая пластичность*» (экологическая валентность) вида. Чем шире диапазон колебаний экологического фактора, в пределах которого данный вид может существовать, тем больше его экологическая пластичность.

Экологически выносливые виды называют *эврибионтными*, маловыносливые – *стенобионтными* (*stenos* – узкий). Эврибионтность и стенобионтность характеризуют различные типы приспособления организмов к выживанию. Виды, длительное время развивающиеся в относительно стабильных условиях, утрачивают экологическую пластичность и вырабатывают черты стенобионтности, тогда как виды, существовавшие при значительных колебаниях факторов среды, при-

обретают повышенную экологическую пластичность и становятся эврибионтными. Эврибионтность, как правило, способствует широкому распространению видов. Многие простейшие, грибы (типичные эврибионты) являются космополитами и распространены повсеместно [20].

Все факторы среды взаимосвязаны, и среди них нет абсолютно безразличных для любого организма. Действие одного какого-либо фактора зависит от уровня других. Сочетание с разными факторами оказывает заметное влияние на проявление оптимума в свойствах организма и на пределах их существования. Действие одного фактора не заменяется действием другого. Однако при комплексном воздействии среды часто можно видеть «эффект замещения», который проявляется в сходстве результатов воздействия разных факторов.

В комплексном действии среды факторы по своему воздействию неравноценны для организмов. Их можно подразделить на *ведущие* (главные) и *фоновые* (сопутствующие, второстепенные). Ведущие факторы различны для разных организмов, если даже они живут в одном месте. В роли ведущего фактора на разных этапах жизни организма могут выступать то одни, то другие элементы среды.

Например, в жизни многих культурных растений, таких как злаки, в период прорастания ведущим фактором является температура, в период колошения и цветения – почвенная влага, в период созревания – количество питательных веществ и влажность воздуха. Ведущий фактор может быть неодинаков у одних и тех же видов, живущих в разных физико-географических условиях. Например, активность комаров, мошек, мокрецов в теплых районах определяется комплексом светового режима, тогда как на севере – изменениями температуры.

Фактор, уровень которого в качественном или количественном отношении (недостаток или избыток) оказывается близким к пределам выносливости данного организма, называется *ограничивающим*, или *лимитирующим*. Ограничивающее действие фактора будет проявляться и в том случае, когда другие факторы среды благоприятны



или даже оптимальны. В роли ограничивающего фактора могут выступать как ведущие, так и фоновые экологические факторы. Понятие о лимитирующих факторах было введено в 1840 г. химиком Ю. Либихом. Лимитирующим фактором может быть не только недостаток, на что указывал Либих, но и избыток таких факторов, как, например, тепло, свет и вода. Представление о лимитирующем влиянии максимума наравне с минимумом (рис.1) ввел В. Шелфорд (1913), сформулировавший *закон толерантности* [13, 20].



*Рис. 1. Зависимость действия экологического фактора от его интенсивности*

### 1.3 Экология популяций

Популяция является генетической единицей вида, изменения которой осуществляет эволюция вида. Как группа совместно обитающих особей одного вида, популяция выступает первой надорганизменной биологической макросистемой. У популяции приспособительные возможности значительно выше, чем у слагающих ее индивидов.

Пространство, или ареал, занимаемый популяцией, может быть различным как для разных видов, так и в пределах одного вида. Величина ареала популяции определяется в значительной мере подвижностью особей или *радиусом индивидуальной активности*. У растений радиус индивидуальной активности определяется расстоянием, на которое могут распространяться пыльца, семена или вегетативные части, способные дать начало новому растению. Во многих других случаях *трофический ареал* не совпадает с *репродукционным*. Так, несмотря на огромный трофический ареал белого аиста, обитающего в Европе, а зимой – в Африке, каждая пара птиц возвращается обычно в район своего старого гнезда, и популяции аистов, хотя и смешиваются на местах зимовок, но во время размножения занимают относительно небольшую территорию.

В зависимости от размеров занимаемой территории Н. П. Наумов выделяет три типа популяций: элементарные, экологические и географические (рис. 2).

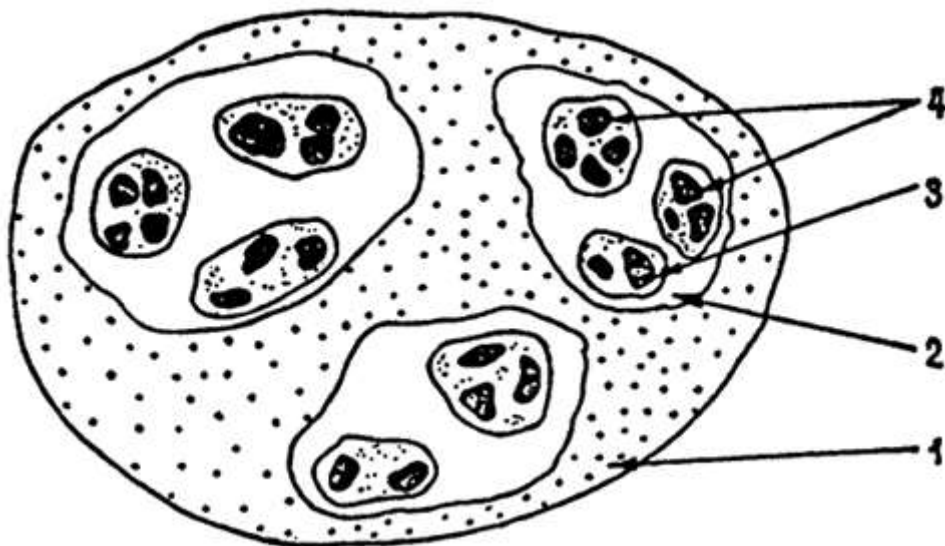


Рис. 2. Пространственное подразделение популяций: 1 – ареал вида; 2-4 – соответственно географическая, экологическая и элементарная популяции

*Элементарная*, или микропопуляция, – это совокупность особей вида, занимающих какой-то небольшой участок однородной площади. В состав их обычно входят генетически однородные особи. Между элементарными популяциями всегда имеются некоторые отличия, проявляющиеся в генетическом своеобразии, фенологических особенностях, способности к накоплению питательных веществ, интенсивности обмена, в характере поведения, или каждая элементарная популяция морфофизиологически и этологически (поведенчески) специфична, различия между ними определяются их генетическим своеобразием и средой обитания. Однако нередко смешение особей элементарных популяций, происходящее в природе, стирает границы между ними.

*Экологическая популяция* формируется как совокупность элементарных популяций. Обмен генетической информацией между ними происходит сравнительно часто, но реже, чем между элементарными популяциями. Экологическая популяция имеет свои особые черты, отличающие ее в чем-то от другой соседней популяции. Так, белки заселяют различные типы леса, и могут быть четко выделены «сосновые», «еловые», «пихтовые», «елово-пихтовые» и другие их экологические популяции.

*Географическая популяция* охватывает группу особей, населяющих территорию с географически однородными условиями существования. Географические популяции занимают сравнительно большую территорию, довольно основательно разграничены и относительно изолированы. Они различаются плодовитостью, размерами особей, рядом экологических, физиологических, поведенческих и других особенностей.

Для географической популяции характерен генетический обмен, и хотя он может быть редким, но все же возможен. При перекрестном скрещивании особи каждой популяции приобретают общий морфологический тип, в чем-то несколько отличающийся от соседней географической популяции, с которой регулярного контакта нет. Например,

узкочерепная полевка занимает большой ареал. Она встречается в степных районах нашей страны и далеко на севере в зоне тундры. Географические популяции из тех и других районов имеют существенные отличия между собой по физиологии и размерам животных. Тундровые, в отличие от степных, более крупные, значительно раньше начинают размножаться, обладают более высокой плодовитостью и больше накапливают жира. Отличия настолько четко выражены, что длительное время считали эти группы разными видами. Однако эксперименты показали, что обе формы полевок легко скрещиваются и дают плодовитое потомство, следовательно, принадлежат к одному виду [20].

Основными показателями структуры популяций является численность и распределение организмов в пространстве и соотношение разнокачественных особей.

*Численность популяции* – это общее количество особей на данной территории или в данном объеме. Зависит от соотношения интенсивности размножения (плодовитости) и смертности. *Плотность популяции* определяется количеством особей или биомассой на единицу площади либо объема, например: 400 деревьев на 1 га, 0,5 г циклопов в 1 м<sup>3</sup> воды.

Особь, составляющие популяции, имеют различные типы *пространственного распределения*. Различают три типа распределения или расселения особей внутри популяции: равномерное, случайное и групповое. *Равномерное распределение* в природе чаще связано с острой конкуренцией между разными особями. Такой тип распределения отмечают у хищных рыб и у колюшек с их территориальным инстинктом и сугубо индивидуальным характером. *Случайное распределение* имеет место только в однородной среде. Так на первых порах распределяется тля на поле. По мере ее размножения распределение приобретает групповой или пятнистый (конгрегационный) характер. *Групповое распределение* встречается наиболее часто. Так, в сосновом лесу деревья вначале расселяются группами, а в дальней-

шем их размещение становится равномерным. Популяции групповое распределение обеспечивает более высокую устойчивость по отношению к неблагоприятным условиям по сравнению с отдельной особью.

*Возрастная структура популяции.* Для описания возрастной структуры в популяции выделяют возрастные группы, состоящие из организмов одного возраста, и оценивают численность каждой из этих групп. Результаты представляют в виде диаграмм или пирамид (рис. 3).

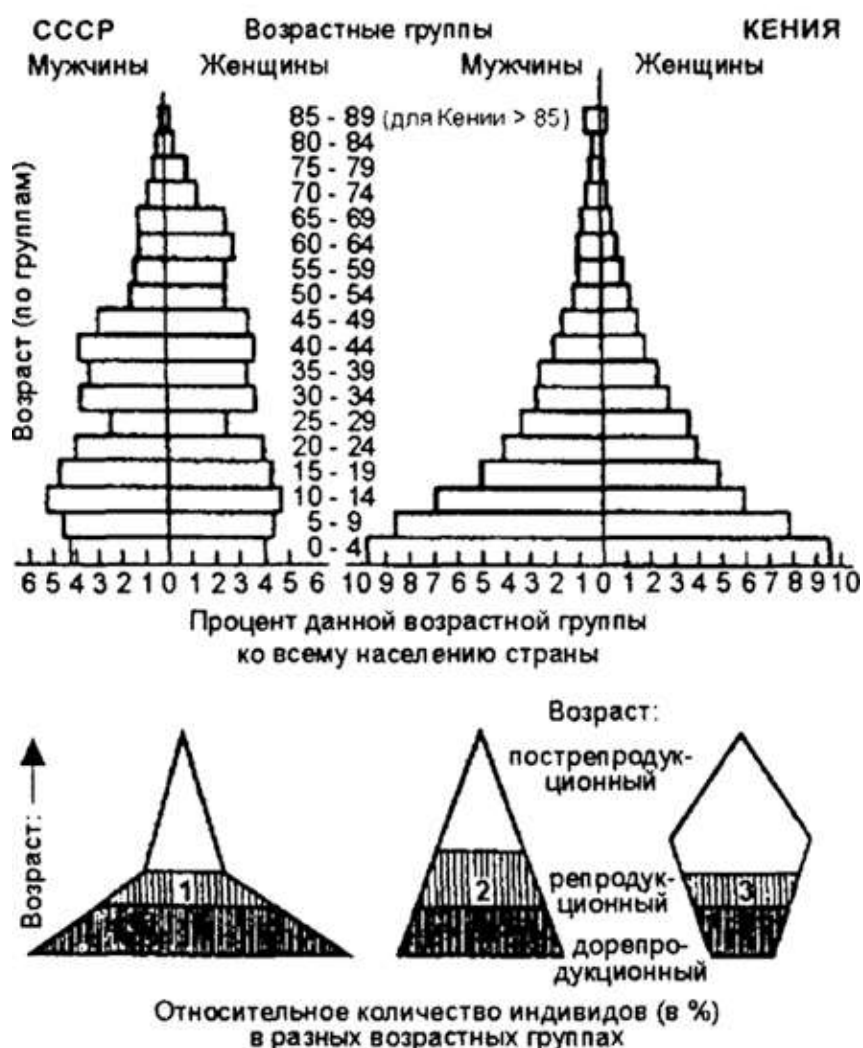


Рис. 3. Возрастные пирамиды населения бывшего СССР (1970 г.) и Кении (1969 г.) и типы возрастных пирамид: 1 – массовое размножение; 2 – стабильная популяция; 3 – сокращающаяся популяция

Для каждого вида, а иногда и для каждой популяции внутри вида характерны свои соотношения возрастных групп. На эти соотношения влияют общая продолжительность жизни, время достижения половой зрелости, интенсивность размножения – особенности, вырабатываемые в процессе эволюции как приспособления к определенным условиям.

На возрастной состав популяции помимо общей продолжительности жизни влияют длительность периода размножения, число генераций в сезон, плодовитость и смертность разных возрастных групп. Так, у полевков взрослые особи могут давать потомство 3 раза в год и более, а молодые особи способны размножаться через два-три месяца. Более сложная картина наблюдается в популяциях растений. К примеру, дубы дают семенную продукцию в течение столетий. И как результат, популяции у них формируются из огромного количества возрастных групп.

По отношению к популяции обычно выделяют три экологических возраста: *предрепродуктивный*, *репродуктивный* и *пострепродуктивный*. В *сокращающихся популяциях* преобладают старые особи, которые уже не способны интенсивно размножаться. Данная возрастная структура свидетельствует о неблагоприятных условиях. В *быстро растущих популяциях* преобладают интенсивно размножающиеся молодые особи. В *стабильных популяциях* это соотношение, как правило, составляет 1: 1. При благоприятных условиях в популяции имеются все возрастные группы и поддерживается сравнительно стабильный уровень численности.

*Половой состав популяции.* Генетический механизм определения пола обеспечивает расщепление потомства по полу в отношении 1: 1, так называемое соотношение полов. Но из этого не следует, что такое же соотношение характерно для популяции в целом. Сцепленные с полом признаки часто определяют значительные различия в физиологии, экологии и поведении самок и самцов. В силу разной жизнеспособности мужского и женского организмов это первичное

соотношение нередко отличается от вторичного и особенно от третичного – характерного для взрослых особей.

Так, у человека вторичное соотношение полов составляет 100 девочек на 106 мальчиков, к 16-18 годам это соотношение из-за повышенной мужской смертности выравнивается и к 50 годам составляет 85 мужчин на 100 женщин, а к 80 годам – 50 мужчин на 100 женщин.

Экологические и поведенческие различия между особями мужского пола могут быть сильно выражены. Так, самцы комаров, в отличие от кровососущих самок, в имагинальный период или не питаются совсем, или ограничиваются слизыванием росы, или потребляют нектар растений. Если даже образ жизни самцов и самок сходен, то они различаются по многим физиологическим признакам: темпам роста, срокам полового созревания, устойчивости к изменениям температуры, голоданию и т. д. Вторичное и третичное соотношение полов у животных и растений может колебаться и в очень незначительных пределах у разных видов. Существуют партеногенетические популяции, состоящие исключительно из самок.

Динамика численности и плотности популяций находится в тесной зависимости от рождаемости или плодовитости и смертности.

*Рождаемость* – это способность популяции к увеличению численности. Характеризует частоту появления новых особей в популяции. Различают рождаемость абсолютную и удельную. *Абсолютная* (общая) рождаемость – число новых особей, появившихся за единицу времени. *Удельная* рождаемость выражается в числе особей на особь в единицу времени. Так, для популяций человека как показатель удельной рождаемости используют число детей, родившихся в год на 1000 человек.

Различают также *максимальную рождаемость*, которая достигается в идеальных условиях, когда отсутствуют лимитирующие экологические факторы и размножение ограничено лишь физиологиче-

скими особенностями вида, и экологическую, или реализуемую, рождаемость, возникающую в обычных условиях среды.

Средняя величина плодовитости выработана исторически как приспособление, которое обеспечивает пополнение убыли популяций. Характер плодовитости зависит и от скорости полового созревания, числа генераций в течение сезона, от соотношения в популяции самок и самцов.

Численность и плотность популяции зависит и от ее смертности. *Смертность популяции* – это количество особей, погибших за определенный период. Абсолютная (общая) смертность – это число особей, погибших в единицу времени. *Удельная смертность* выражается отношением абсолютной смертности к численности популяции.

Различают три типа смертности. *Первый тип смертности* характеризуется одинаковой смертностью во всех возрастах. Данный тип смертности встречается редко и только у популяций, которые постоянно находятся в оптимальных условиях.

*Второй тип смертности* характеризуется повышенной гибелью особей на ранних стадиях развития и свойствен большинству растений и животных. Максимальная гибель животных происходит в личиночной фазе или в молодом возрасте, у многих растений – в стадии произрастания семян и всходов. У насекомых до взрослых особей доживает 0, 3-0,5% отложенных яиц, у многих рыб – 1-2% количества выметанной икры.

*Третий тип смертности* отличается повышенной гибелью взрослых, в первую очередь старых, особей. Отличается он у насекомых, личинки которых обитают в почве, воде, древесине, а также в других местах с благоприятными условиями. В экологии широкое распространение получило графическое построение «кривых выживания» (рис. 4).



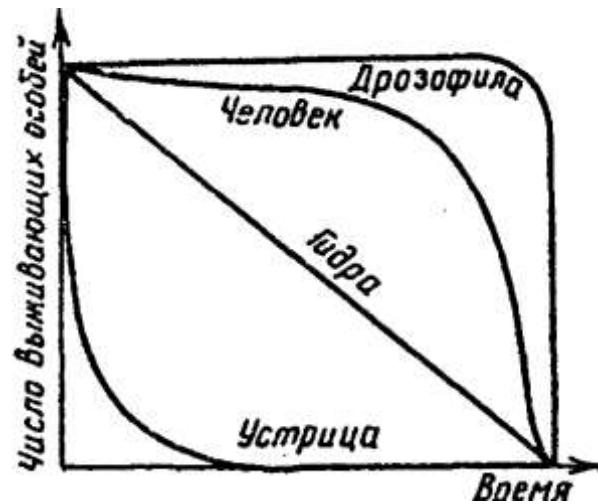


Рис. 4. Различные типы кривых выживания

В связи с тем, что любая популяция обладает строго определенной генетической, фенотипической, половозрастной и другой структурой, она не может состоять из меньшего числа индивидов, чем необходимо для обеспечения стабильной реализации этой структуры и устойчивости популяции к факторам внешней среды. В этом и состоит *принцип минимального размера популяций*. Минимальная численность популяций, обеспечивающая существование вида, является специфической для разных видов. Выход за пределы минимума грозит для популяции гибелью. Дальнейшее сокращение, например, тигра на Дальнем Востоке, неизбежно приведет к их автоматическому вымиранию из-за того, что оставшиеся единицы, не находя с достаточной частотой партнеров для размножения, вымрут на протяжении немногих поколений. В таком же положении могут оказаться и редкие растения, такие как орхидея «венерин башмачок» и другие.

Закономерно предположить, что если есть минимум размера популяций, то возможен и максимум. Ю. Одум формирует закон как *правило популяционного максимума*. Популяции эволюционируют так, что регуляция их плотности осуществляется на значительно более низкой по сравнению с верхней асимптотой емкости местообита-

ния, достигаемой лишь в том случае, если полностью используются ресурсы энергии и пространства.

*Экологические стратегии популяций.* Приспособления особей в популяции в конечном счете направлены на повышение вероятности выживания и оставление потомства. Среди приспособлений выделяется комплекс, называемый экологической стратегией. Экологическая стратегия популяции – это ее общая характеристика роста и размножения. Сюда входят темпы роста ее особей, время достижения половозрелости, плодовитость, периодичность размножения и т. д.

При рассмотрении модели роста численности населения бельгийский математик Ферхюльст вывел логистическое уравнение. Исходные предположения для вывода уравнения при рассмотрении популяционной динамики выглядят следующим образом:

- скорость размножения популяции пропорциональна её текущей численности, при прочих равных условиях;
- скорость размножения популяции пропорциональна количеству доступных ресурсов, при прочих равных условиях.

Обозначая через  $P$  численность популяции, а время –  $t$ , модель сводится к дифференциальному уравнению:

$$\frac{dP}{dt} = rP \left(1 - \frac{P}{K}\right),$$

где параметр  $r$  характеризует скорость роста (размножения), а  $K$  – ёмкость среды (то есть максимально возможную численность популяции).

Исходя из названия коэффициентов, в экологии часто различают две стратегии поведения видов:  $r$ -стратегия предполагает бурное размножение и короткую продолжительность жизни особей,  $K$ -стратегия – низкий темп размножения и долгую жизнь.

Эти две стратегии, по существу, представляют два различных решения одной задачи – длительного выживания вида. Виды с  $r$ -

стратегией быстрее заселяют нарушенные местообитания (обнаженная горная порода, лесные вырубки, выгоревшие участки и т. д.), чем виды с К-стратегией, так как они легче распространяются и быстрее размножаются.

Виды с К-стратегией более конкурентоспособны, и обычно они вытесняют r-виды, которые тем временем перемещаются в другие нарушенные местообитания. Высокий репродуктивный потенциал r-видов свидетельствует, что, оставшись в каком-либо местообитании, они быстро использовали бы доступные ресурсы и превысили поддерживающую емкость среды, а затем популяция погибла бы. Виды с r-стратегией занимают данное местообитание в течение жизни одного или, самое большее, нескольких поколений. В дальнейшем они переселяются на новое место. Отдельные популяции могут регулярно вымирать, но вид при этом перемещается и выживает. В целом эту стратегию можно охарактеризовать как стратегию «борьбы и бегства».

Следует отметить, что одну и ту же среду обитания разные популяции могут использовать по-разному, поэтому в одном и том же местообитании могут сосуществовать виды с r- и К-стратегией. Между этими крайними стратегиями существуют переходы. Ни один из видов не подвержен только r- или только К-отбору. В целом же r- и К-стратегии объясняют связь между разнокачественными характеристиками популяции и условиями среды [20].

#### **1.4 Сообщества и экосистемы**

Многообразные живые организмы встречаются на Земле не в любом сочетании, а в процессе совместного существования образуют биологические единства – *сообщества*, или *биоценозы*. Термин «биоценоз» был предложен К. Мебиусом в 1877 г.

*Биоценоз* – это совокупность популяций всех видов живых организмов, населяющих определенную географическую территорию, отличающуюся от других соседних территорий по химическому составу

почв, вод, а также по ряду физических показателей (высота над уровнем моря, величина солнечного облучения и т. д.) [15].

В состав биоценоза входят такие компоненты, как *фитоценоз*, *зооценоз*, *микробоценоз*, *микоценоз*. Конкретные сообщества складываются в строго определенных условиях окружающей среды (почва и грунтовые воды, климат, осадки). Взаимодействуя с компонентами биоценоза, почва и грунтовые воды образуют *эдафотоп*, а атмосфера – *климатоп*. Компоненты, относящиеся к неживой природе, образуют косное единство – *экотоп*. Относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство, занятое биоценозом, называют *биотопом*.

Приспособленность членов биоценоза к совместной жизни выражается в определенном сходстве требований к важнейшим абиотическим условиям среды и закономерных отношениях друг с другом.

Прямые и косвенные межвидовые отношения по значению, которое они имеют для занятия видом в биоценозе определенного положения, по классификации В. Н. Беклемишева, подразделяются на четыре типа: 1) трофические, 2) топические, 3) форические и 4) фабрические.

*Трофические связи* наблюдаются, когда один вид питается другим – либо их мертвыми остатками, либо продуктами их жизнедеятельности. При конкуренции двух видов из-за объектов питания между ними возникает косвенная трофическая связь, вследствие того, что деятельность одного отражается на снабжении кормом другого. Воздействие одного вида на поедаемость другого или доступность для него пищи расценивается так же, как косвенная трофическая связь между ними. Так, гусеницы бабочек-монашенок, объедая хвою сосен, облегчают короедам доступ к ослабленным деревьям.

*Топические связи* характеризуют любое физическое или химическое изменение условий обитания одного вида в результате жизнедеятельности другого. Данный вид связей отличается большим разнообразием. Топические связи заключаются в создании одним видом

среды для другого (внутренний паразитизм или норовый комменсализм), в формировании субстрата, на котором поселяются или избегают поселяться представители других видов, во влиянии на движение воды, воздуха, изменение температуры, освещенности окружающего пространства, в насыщении среды продуктами насыщения и т. д.

В биоценозе трофические и топические связи имеют наибольшее значение, составляют основу его существования. Эти типы отношений удерживают друг возле друга организмы разных видов, объединяя их в сравнительно стабильные сообщества разных масштабов.

*Форические связи* – это участие одного вида в распространении другого. В роли транспортировщиков выступают животные. Перенос животными семян, спор, пыльцы растений называют *зоохорией*. Перенос же животными других, более мелких животных называют *форезией*. Обычно перенос осуществляется с помощью специальных и разнообразных приспособлений. Форезия животных преимущественно распространена среди мелких членистоногих: например, у разнообразных групп клещей представляет собой один из способов пассивного их расселения. Так, многие летающие насекомые – посетители скоплений быстро разлагающихся органических остатков (трупов, животных, куч гниющих растений и др.) – несут на себе клещей, переселяющихся данным способом от одного скопления пищевых материалов к другому.

*Фабрические связи* – это такой тип биоценологических отношений, в которые вступает вид, используя для своих сооружений (фабрикации) продукты выделения живых особей другого вида или даже мертвые остатки. Например, птицы употребляют для постройки гнезд ветви деревьев, листья, траву, шерсть млекопитающих, пух и перья других видов птиц и т. д. Пчела-мегахила помещает яйца и запасы в стаканчики, которые сооружены из мягких листьев различных кустарников (акации, сирени, шиповника и др.) [20].

*Экологической нишей* называют положение вида, которое он занимает в общей системе биоценоза, комплекс его биоценологических связей и требований к абиотическим факторам среды. Экологическая ниша отображает участие вида в биоценозе. При этом имеется в виду не территориальное его размещение, а функциональное проявление организма в сообществе [13].

*Экологическая система, или экосистема*, – основная функциональная единица в экологии, так как в нее входят организмы и неживая среда – компоненты, взаимно влияющие на свойства друг друга и необходимые условия для поддержания жизни в той ее форме, которая существует на Земле.

Термин «экосистема» впервые был предложен в 1935 г. английским экологом А. Тенсли. В настоящее время широкое распространение получило следующее определение экосистемы. *Экосистема* – это любая совокупность организмов и неорганических компонентов, в которой может осуществляться круговорот веществ. Следует подчеркнуть, что совокупность специфического физико-химического окружения (биотопа) с сообществом живых организмов (биоценозом) и образует экосистему. А. Тенсли предложил следующее соотношение:

$$\text{Экосистема} = \text{Биотоп} + \text{Биоценоз}.$$

В отечественной литературе широко применяется термин «*биогеоценоз*», предложенный в 1940 г. В. Н. Сукачевым. По его определению, биогеоценоз – «это совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, почвы и гидрологических условий), имеющая свою особую специфику взаимодействий этих слагающих ее компонентов и определенный тип обмена веществом и энергией их между собой и другими явлениями природы и представляющая собой внутренне

противоречивое диалектическое единство, находящееся в постоянном движении, развитии».

Понятия «биогеоценоз» и «экосистема» до некоторой степени однозначны, но они не всегда совпадают по объему. Экосистема – широкое понятие, экосистема не связана с ограниченным участком земной поверхности. Это понятие применимо ко всем стабильным системам живых и неживых компонентов, где происходит внешний и внутренний круговорот веществ и энергии. Так, к экосистемам относятся капля воды с микроорганизмами, аквариум, горшок с цветами, космический корабль. Биогеоценозами же они не могут быть.

Экосистема может включать и несколько биогеоценозов (например, биогеоценозы округа, провинции, зоны, почвенно-климатической области, пояса, материка, океана и биосферы в целом). Таким образом, не каждую экосистему можно считать биогеоценозом, тогда как всякий биогеоценоз является экологической системой.

Существование экосистем зависит от постоянного притока энергии, необходимой всем организмам для их жизнедеятельности и самовоспроизведения. Внутри экосистемы содержащие энергию вещества создаются *автотрофными организмами* и служат пищей для *гетеротрофов*. Пищевые связи – это механизмы передачи энергии от одного организма к другому. Последовательность переноса энергии называется *пищевой (трофической) цепью*, или цепью питания. Место каждого звена в цепи питания является *трофическим уровнем*.

Первый трофический уровень занимают автотрофы, или так называемые *продуценты*. Организмы второго трофического уровня называются *первичными консументами*, третьего – *вторичными консументами* и т. д. Разлагают мертвое органическое вещество *редуценты*.

Обычно различают три типа пищевых цепей. Пищевая цепь хищников начинается с растений и переходит от мелких организмов к организмам все более крупных размеров. На суше пищевые цепи со-

стоят из трех-четырех звеньев. Одна из простейших пищевых цепей имеет вид: растение → заяц → волк (продуцент → травоядное → плотоядное). Широко распространены и такие пищевые цепи: растительный материал (например, нектар) → муха → паук → землеройка → сова. В водных и, в частности, морских экосистемах пищевые цепи хищников, как правило, длиннее, чем в наземных.

Пищевые цепи, включающие паразитов, отличаются от приведенных и идут от крупных организмов к мелким. В отдельных случаях организмы, таксономически значительно удаленные друг от друга, развиваются один внутри тела другого, первый паразит внутри второго и т. д. К примеру, у насекомых гиперпаразитизм очень сильно развит, и нередко пищевая цепь имеет следующий вид: сосна → гусеница → бракониды → наездники.

Приведенные типы пищевых цепей начинаются с фотосинтезирующих организмов и носят название *пастбищных* (или цепи выедания, или цепи потребления).

Третий тип пищевых цепей, начинающихся с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных, относят к *детритным* (сапрофитным) *пищевым цепям* или к *детритным цепям разложения*. В детритных пищевых цепях наземных экосистем важную роль играют листовые леса, большая часть листьев которых не употребляется в пищу травоядными животными и входит в состав подстилки из опавших листьев. Листья измельчаются многочисленными детритофагами – грибами, бактериями, насекомыми, дальше заглатываются земляными (дождевыми) червями, которые осуществляют равномерное распределение гумуса в поверхностном слое земли. Разлагающие микроорганизмы, завершающие цепь, производят окончательную минерализацию мертвых органических остатков. В целом типичные детритные пищевые цепи наших лесов можно представить следующим образом: листовая подстилка → дождевой червь → чер-



ный дрозд → ястреб-перепелятник; мертвое животное → личинки падальных мух → травяная лягушка → обыкновенный уж.

Все три типа пищевых цепей всегда сосуществуют в экосистеме так, что ее представители объединены многочисленными пересекающимися пищевыми связями, а все вместе они образуют пищевую (трофическую) сеть [20].

*Экологические пирамиды.* Внутри каждой экосистемы трофические сети имеют хорошо выраженную структуру, которая характеризуется природой и количеством организмов, представленных на каждом уровне различных пищевых цепей. Для изучения взаимоотношений между организмами в экосистеме и для их графического изображения обычно используют не схемы пищевых сетей, а экологические пирамиды (рис. 5).

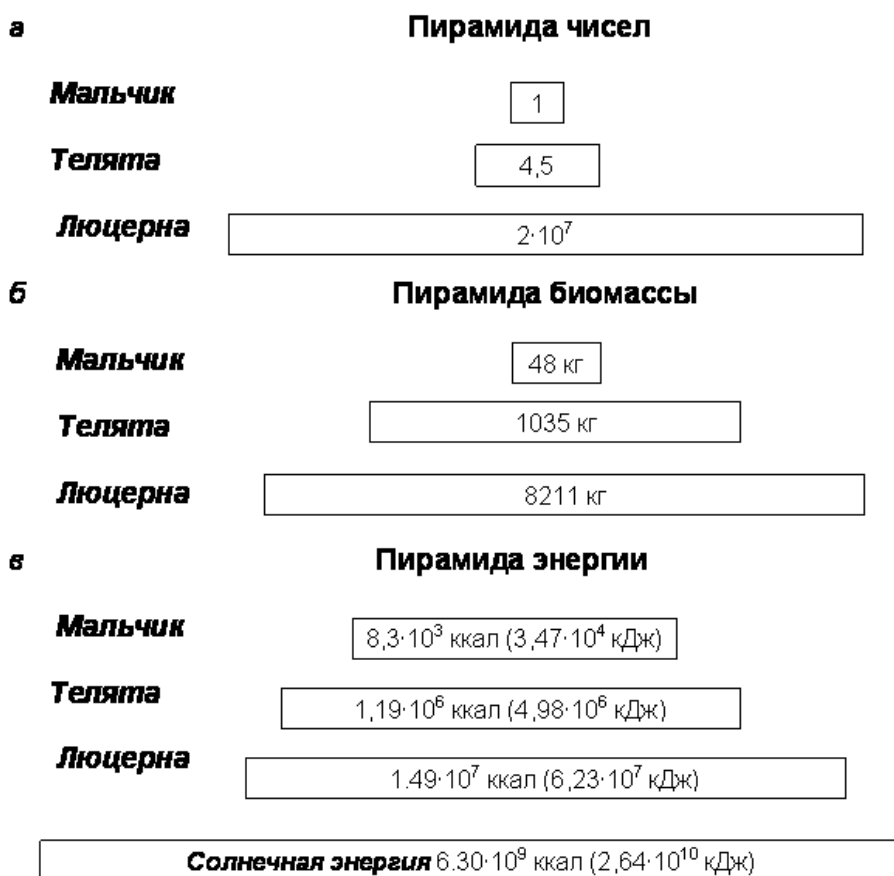


Рис. 5. Экологические пирамиды

Экологические пирамиды выражают трофическую структуру экосистемы в геометрической форме. Они строятся в виде прямоугольников одинаковой ширины, но длина прямоугольников должна быть пропорциональна значению измеряемого объекта. Отсюда можно получить *пирамиды численности, биомассы и энергии*.

*Пирамиды численности (пирамиды чисел Элтона)* отражают плотность организмов на каждом трофическом уровне. В построении различных пирамид численности отмечается большое разнообразие. Нередко они перевернуты. Например, в лесу насчитывается значительно меньше деревьев (первичные продуценты), чем насекомых (растительноядные). Подобная же картина наблюдается в пищевых цепях сапрофитов и паразитов.

*Пирамида биомассы.* Отражает более полно пищевые взаимоотношения в экосистеме, так как в ней учитывается суммарная масса организмов (*биомасса*) каждого трофического уровня. Прямоугольники в пирамидах биомассы отображают массу организмов каждого трофического уровня, отнесенную к единице площади или объема. Форма пирамиды биомассы нередко сходна с формой пирамиды численности. Пирамиды биомассы, так же как и численности, могут быть не только прямыми, но и перевернутыми. Перевернутые пирамиды биомассы свойственны водным экосистемам, в которых первичные продуценты, например фитопланктонные водоросли, очень быстро делятся, а их потребители – зоопланктонные ракообразные – гораздо крупнее, но имеют длительный цикл воспроизводства.

*Пирамида энергии.* Наиболее фундаментальным способом отображения связей между организмами на разных трофических уровнях служат пирамиды энергии. Они представляют эффективность преобразования энергии и продуктивность пищевых цепей, строятся по количеству энергии (ккал), аккумулированной единицей поверхности за единицу времени и используемой организмами на каждом трофическом уровне. Так, можно относительно легко определить

количество энергии, накопленной в биомассе, и сложнее оценить общее количество энергии, поглощенной на каждом трофическом уровне [13].

Р. Линдеман в 1942 г. впервые сформулировал *закон пирамиды энергий*, который нередко называют «законом 10%». Согласно этому закону, с одного *трофического уровня экологической пирамиды* переходит на другой ее уровень в среднем не более 10% энергии. Последующим гетеротрофам передается только 10-20% исходной энергии. Отсюда следует, что передача энергии с одного уровня на другой происходит с очень малым КПД. Это объясняет ограниченное количество звеньев в пищевой цепи независимо от того или иного биоценоза.

Продуктивность экосистем тесно связана с потоком энергии, проходящим через ту или иную экосистему. В каждой экосистеме часть приходящей энергии, попадающей в трофическую сеть, накапливается в виде органических соединений. Органическое вещество, создаваемое продуцентами в процессе фотосинтеза или хемосинтеза, называют *первичной продукцией экосистемы* (сообщества). Количество ее выражают в сырой или сухой массе растений или в энергетических единицах – эквивалентном числе килокалорий или джоулей. Первичной продукцией определяется общий поток энергии через биотический компонент экосистемы, а следовательно, и биомасса живых организмов, которые могут существовать в экосистеме.

Скорость, с которой растения накапливают химическую энергию, называют *валовой первичной продуктивностью* (ВПП). Около 20% этой энергии расходуется растениями на дыхание. Скорость накопления органического вещества за вычетом этого расхода называется *чистой первичной продуктивностью* (ЧПП). Это энергия, которую могут использовать организмы следующих трофических уровней. Количество органического вещества, накопленного гетеротрофными организмами, называется *вторичной продукцией*. Вторичную продукцию вычисляют отдельно для каждого трофического уровня,

так как прирост массы на каждом из них происходит за счет энергии, поступающей с предыдущего.

*Динамика экосистем.* В экосистемах постоянно происходят изменения в состоянии и жизнедеятельности их членов и соотношении популяций. Многообразные изменения, происходящие в любом сообществе, относят к двум основным типам: циклические и поступательные.

*Циклические изменения* сообществ отражают суточную, сезонную и многолетнюю периодичность внешних условий и проявления эндогенных ритмов организмов.

*Поступательные изменения* в экосистеме приводят в конечном итоге к смене одного биоценоза другим, с иным набором господствующих видов. Причинами подобных смен могут являться внешние по отношению к биоценозу факторы, действующие длительное время в одном направлении, например увеличивающееся загрязнение водоемов, возрастающее в результате мелиорации, иссушение болотных почв, усиленный выпас скота и т. д. Данные смены одного биоценоза другим называют *экзогенетическими*. В том случае, когда усиливающее влияние фактора приводит к постепенному упрощению структуры биоценоза, обеднению их состава, снижению продуктивности, подобные смены называют *дигрессивными или дигрессиями*.

*Эндогенетические смены* возникают в результате процессов, которые происходят внутри самого биоценоза. *Последовательная смена одного биоценоза другим называется экологической сукцессией*. Сукцессия является процессом саморазвития экосистем. В основе сукцессии лежит неполнота биологического круговорота в данном биоценозе.

*Первичной сукцессией* называется процесс развития и смены экосистем на незаселенных ранее участках, начинающихся с их колонизации. Классический пример – постоянное обрастание голых скал с развитием в конечном итоге на них леса.

*Вторичная сукцессия* – это восстановление экосистемы, когда-то уже существовавшей на данной территории. Она начинается в том случае, если уже в сложившемся биоценозе нарушены установившиеся взаимосвязи организмов в результате извержения вулкана, пожара, вырубки, вспашки и т. д. Смены, ведущие к восстановлению прежнего биоценоза, получили название в геоботанике *демутационных*. Примером может служить динамика видового разнообразия на острове Кракатау после полного уничтожения аборигенной флоры и фауны вулканическим взрывом в 1893 году.

Вторичные сукцессии совершаются, как правило, быстрее и легче, чем первичные, так как в нарушенном местообитании сохраняется почвенный профиль, семена, зачатки и часть прежнего населения и прежних связей. Демутация не является повторением какого-либо этапа первичной сукцессии.

Сукцессия завершается стадией, когда все виды экосистемы, размножаясь, сохраняют относительно постоянную численность и дальнейшей смены ее состава не происходит. Такое равновесное состояние называют *климаксом*, а экосистему – *климаксовой*. В разных абиотических условиях формируются неодинаковые климаксовые экосистемы. В жарком и влажном климате это будет дождевой тропический лес, в сухом и жарком – пустыня [20].

## **1.5 Биосфера как глобальная экосистема**

Согласно современным представлениям, *биосфера* – это своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

Поле существования жизни, особенно активной, ограничено в вертикальном пределе высотой около 6 км над уровнем моря, до которой сохраняются положительные температуры в атмосфере и могут жить хлорофиллоносные растения (6, 2 км в Гималаях). Выше обита-

ют лишь жуки, ногохвостки и некоторые клещи, питающиеся зернами растительной пыльцы, спорами растений, микроорганизмами и другими органическими частицами, заносимыми ветром и т. д. Еще выше живые организмы попадают лишь случайно (микроорганизмы могут сохранять жизнь в виде спор). Нижний предел существования активной жизни традиционно ограничивают дном океана и изотермой 100°С в литосфере, расположенными соответственно на отметках около 11 км и, по данным сверхглубокого бурения на Кольском полуострове, около 6 км. Фактически жизнь в литосфере распространена до глубины 3-4 км. Таким образом, вертикальная мощность биосферы в океанической области Земли достигает более 17 м, в сухопутной – 12 км [15].

Биосферу, как место современного обитания организмов, вместе с самими организмами можно разделить на три подсферы: *аэробиосферу*, населенную аэробиионтами, субстратом жизни которых служит влага воздуха; *гидробиосферу* – глобальный мир воды (водная оболочка Земли без подземных вод), населенный гидробионтами; *геобиосферу* – верхнюю часть земной коры (литосфера), населенную геобионтами [13].

Всю совокупность организмов на планете В. И. Вернадский назвал *живым веществом*, рассматривая в качестве его основных характеристик суммарную массу, химический состав и энергию.

*Косное вещество*, по Вернадскому, – совокупность тех веществ в биосфере, в образовании которых живые организмы не участвуют.

*Биогенное вещество* создается и перерабатывается жизнью, совокупностями живых организмов. Это источник чрезвычайно мощной потенциальной энергии (каменный уголь, битумы, известняки, нефть). После образования биогенного вещества живые организмы в нем малодейтельны.

Особой категорией является *биокосное вещество*. В. И. Вернадский писал, что оно «создается в биосфере одновременно живыми организмами и косными процессами, представляя системы динамиче-

ского равновесия тех и других». Организмы в биокосном веществе играют ведущую роль. Биокосное вещество планеты, таким образом, – это почва, кора выветривания, все природные воды, свойства которых зависят от деятельности на Земле живого вещества.

*Общие закономерности организации биосферы.* Биосферу формируют в большей степени не внешние факторы, а внутренние закономерности. Важнейшим свойством биосферы является взаимодействие живого и неживого, нашедшего отражение в законе биогенной миграции атомов В. И. Вернадского. Согласно этому закону, миграция химических элементов на земной поверхности и в биосфере в целом осуществляется или при непосредственном участии живого вещества (биогенная миграция); или же она протекает в среде, геохимические особенности которой обусловлены живым веществом.

Количество живого вещества в биосфере, как известно, не подвержено заметным изменениям. Эта закономерность была сформулирована в виде *закона константности количества живого вещества В. И. Вернадского*: количество живого вещества биосферы для данного геологического периода есть константа. Поскольку живое вещество в соответствии с законом биогенной миграции атомов есть энергетический посредник между Солнцем и Землей, то или его количество должно быть постоянным, или должны меняться его энергетические характеристики. *Закон физико-химического единства живого вещества* (все живое вещество Земли физико-химически едино) исключает значительные перемены в последнем свойстве. Отсюда для живого вещества планеты неизбежна количественная стабильность [2].

Появление человеческого общества, под влиянием которого в современных условиях происходит дальнейшая эволюция биосферы, приводит к изменению качественного состава самой биосферы, к ее переходу в *ноосферу*.

Под ноосферой понимают сферу взаимодействия природы и общества, в котором разумная деятельность людей становится главным,

определяющим фактором развития. Название «*ноосфера*» происходит от греч. «ноос» – разум и таким образом обозначает сферу разума.

Понятие ноосферы ввел в 1927 г. французский ученый-математик Э. Леруа, подразумевая под ним современную геологическую стадию развития биосферы. Э. Леруа отмечал, что пришел к такому представлению вместе со своим другом – геологом и палеонтологом П. Тейером де Шарденом, который в дальнейшем разработал собственное представление о ноосфере. В книге «Феномен человека» автор определил ноосферу как «новый покров», «мыслящий пласт, который, зародившись в конце третичного периода, разворачивается над миром растений и животных – вне биосферы и над ней».

Научное и практическое значение деятельности В. И. Вернадского как основателя учения о биосфере состоит в том, что он впервые во всеоружии знаний своего времени глубоко обосновал *единство человека и биосферы*. Сама живая материя как носитель разума, отмечал В. И. Вернадский, составляет небольшую часть биосферы по массе. Возникновение человеческого общества явилось результатом длительного развития живого вещества в пределах биосферы. Появление человека на Земле предопределило неизбежность возникновения нового состояния биосферы – переход ее в ноосферу, оболочку разума, охваченную целенаправленной деятельностью самого человека.

В пределах биосферы возникла первоначально сфера первобытной деятельности человеческого общества, которую нередко называют *антропосферой*. Начало ей положило расселение человека по всей поверхности суши в результате использования огня. Человек, овладев огнем, стал относительно независимым от климата и заселил все континенты, кроме Антарктиды. В ходе развития производительных сил антропосфера, охватывающая стихийную деятельность человеческого общества, объективно должна перейти в ноосферу – сферу сознательной деятельности.



В современную эпоху становление ноосферы теснейшим образом связано с овладением различными формами движения материи – первоначально механической, потом тепловой, химической, атомно-ядерной. На очереди овладение биологическими формами движения – создание живых форм с помощью методов и средств биотехнологии и генной инженерии. С этим связано и возникновение новых по качеству круговоротов веществ в биосфере [14].

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что изучает экология? Какова структура экологических наук?
2. Что такое экологические факторы? Приведите примеры различных по происхождению факторов среды.
3. Сформулируйте и изобразите графически закон толерантности Шелфорда.
4. Что такое популяция? Каким образом можно классифицировать популяции?
5. В чем отличие биоценоза и биогеоценоза, экосистемы и биогеоценоза?
6. Что такое трофические цепи? Приведите примеры.
7. Назовите консумента второго порядка в пищевой цепи: клевер → полевка → сова → лисица → микроорганизмы.
8. Под влиянием каких факторов происходит динамика экосистем?
9. Сформулируйте основные положения учения о биосфере В.И. Вернадского.
10. Что такое ноосфера? Сформулируйте свое отношение к концепции ноосферы.

## 2 Антропогенная деградация окружающей среды

### 2.1 Загрязнение окружающей среды

Основной причиной антропогенной деградации окружающей среды является ее загрязнение. Согласно закону Российской Федерации «Об охране окружающей среды», загрязнение окружающей среды – это поступление в окружающую среду вещества или энергии, свойства, местоположения и количества которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду [23].

Различают *природные загрязнения*, вызванные природными, нередко катастрофическими причинами, например, извержение вулкана, и *антропогенные*, возникающие в результате деятельности человека. Антропогенные загрязнители делятся на *материальные* (пыль, газы, зола, шлаки и др.) и *физические, или энергетические* (тепловая энергия, электрические и электромагнитные поля, шум, вибрация и т. д.). Материальные загрязнители подразделяются на *механические, химические и биологические*. К механическим загрязнителям относятся пыль и аэрозоли атмосферного воздуха, твердые частицы в воде и почве. Химическими загрязнителями являются различные газообразные, жидкие и твердые химические соединения и элементы, попадающие в атмосферу, гидросферу и вступающие во взаимодействие с окружающей средой – кислоты, щелочи, диоксид серы и другие. Биологические загрязнители – все виды организмов, появляющиеся при участии человека и наносящие ему вред: грибы, бактерии, сине-зеленые водоросли и т. д.

В зависимости от времени поступления загрязнителей различают три вида загрязнений:

1. Первичное загрязнение – вызванное поступлением загрязняющих веществ и процессами непосредственного их превращения.
2. Вторичное загрязнение – развивается как следствие первичного загрязнения и представляет собой новый цикл загрязнения.

3. Повторное загрязнение – вызванное повторным выносом загрязняющих веществ вследствие первичного загрязнения. Например, вынос осевших на дно нефтепродуктов во время паводка.

Для оценки качества и степени антропогенной деградации среды специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей среды и санитарно-эпидемиологического надзора разрабатываются и утверждаются *экологические нормативы*. Большинство используемых нормативов разработано на основе антропоцентрического подхода, то есть оценки безопасности загрязняющих факторов для здоровья человека.

*Нормативами качества окружающей среды*, наиболее часто используемыми на практике, являются предельно допустимые концентрации (ПДК) и предельно допустимые уровни (ПДУ).

*ПДК* – утверждённый в законодательном порядке санитарно-гигиенический норматив содержания вредного вещества в окружающей (или производственной) среде), практически не влияющего на здоровье человека и не вызывающего неблагоприятных воздействий.

*ПДУ* – утверждённый в законодательном порядке санитарно-гигиенический норматив, связанный с нагрузкой физических факторов (шума, электромагнитного излучения и др.) в окружающей (или производственной) среде на уровне, практически не влияющем на здоровье человека и не вызывающем неблагоприятных воздействий.

В тех случаях, когда для вредных факторов не определён санитарно-гигиенический норматив, а исследование находится только на стадии опытных или опытно-промышленных разработок, применяются ориентировочные безопасные уровни воздействия (*ОБУВ*), ориентировочные допустимые концентрации (*ОДК*) и ориентировочные допустимые уровни (*ОДУ*).

При установлении нормативов качества окружающей среды учитывается класс опасности вредного вещества:

1– вещества чрезвычайно опасные, например, бензапирен, бериллий, диэтилртуть, тетраэтилсвинец;

2 – вещества высокоопасные, например, кадмий, мышьяк, нитриты, свинец, стронций;

3 – вещества умеренно опасные, например, алюминий, марганец, медь, нитраты;

4 – вещества малоопасные, например, сульфаты, хлориды.

*Нормативы воздействия на окружающую среду* разрабатываются для хозяйственных объектов в форме проектов предельно допустимых выбросов (ПДВ) и сбросов (ПДС).

Предельно допустимый выброс (ПДВ) – количество загрязняющего вещества в отходящих газах, максимально допустимое к выбросу в атмосферу в единицу времени.

ПДВ устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы и для каждой примеси, выбрасываемой этим источником, таким образом, что выбросы вредных веществ от данного источника и от совокупности источников города или другого населенного пункта с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере не создают приземную концентрацию, превышающую их ПДК.

Если значения ПДВ по причинам объективного характера не могут быть достигнуты, для таких предприятий устанавливаются значения временно согласованных выбросов вредных веществ (ВСВ) и вводится поэтапное снижение показателей выбросов вредных веществ до значений, которые обеспечивают соблюдение ПДВ.

Предельно допустимый сброс (ПДС) – количество вещества в сточных водах, максимально допустимое к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

ПДС устанавливается с учетом предельно допустимых концентраций веществ в местах водопользования, ассимилирующей способности водного объекта, перспектив развития региона и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды.

ПДС устанавливаются для каждого источника загрязнения и каждого вида примеси с учетом их комбинированного действия. В основе определения ПДС (по аналогии с ПДВ) лежит методика расчета концентраций загрязняющих веществ, создаваемых источником в контрольных пунктах – расчетных створах – с учетом разбавления, вклада других источников, перспектив развития и т.д. Величина ПДС должна гарантировать достижение установленных норм качества воды при наихудших условиях для разбавления в водном объекте.

Если значения ПДС по объективным причинам не могут быть достигнуты, для таких предприятий устанавливаются временно согласованные сбросы вредных веществ (ВСС) и вводится поэтапное снижение показателей сбросов вредных веществ до значений, которые обеспечивают соблюдение ПДС [6].

Следует понимать, что загрязнение среды в конечном итоге приводит к обострению глобальных экологических проблем и наступлению экологического кризиса. Поэтому применение мер по снижению загрязнения среды и соблюдение экологических нормативов – важнейшие направления сохранения благоприятной окружающей среды.

## 2.2 Экологические проблемы атмосферы

Наиболее важными экологическими проблемами воздушной среды являются смог, кислотные осадки, парниковый эффект и нарушение озонового слоя.

*Смог* представляет собой смесь аэрозолей с жидкой и твердой дисперсными фазами, которые образуют туманную завесу над промышленными районами и крупными городами.

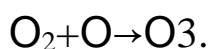
Различают три вида смога: ледяной, влажный и сухой. *Ледяной смог* (или *алюскинский*) – это сочетание газообразных загрязнителей с добавлением пылеватых частиц и кристалликов льда, которые возникают при замерзании капель тумана и пара отопительных систем.

*Влажный смог*, или *смог лондонского типа*, представляет собой смесь газообразных загрязнителей (в основном сернистого газа), пылеватых частиц и капель тумана. Метеорологической предпосылкой для появления зимнего смога является безветренная погода, при которой слой теплого воздуха располагается над приземным слоем холодного воздуха. Загрязняющие вещества, обычно рассеивающиеся в высоких слоях, в данном случае накапливаются в приземном слое.

*Сухой смог (лос-анджелесского типа)* возникает в летнее время, он представляет собой смесь озона, угарного газа, оксидов азота и паров кислот. Образуется такой смог в результате разложения загрязняющих веществ ультрафиолетовой радиацией. Метеорологической предпосылкой является атмосферная инверсия, выражающаяся в появлении слоя холодного воздуха над теплым. Обычно поднимаемые теплыми потоками воздуха газы и твердые частицы рассеиваются в верхних холодных слоях, но в данном случае накапливаются в инверсионном слое. В процессе фотолиза диоксиды азота, образованные при сгорании топлива в двигателях автомобилей, распадаются:



Затем происходит синтез озона:



Наличие канцерогенных веществ в смоге приводит к нарушению дыхания, раздражению слизистых оболочек, расстройству кровообращения, возникновению астматических удуший и нередко к летальному исходу.

*Кислотные осадки* представляют собой атмосферные осадки, подкисленные растворенными в них промышленными выбросами оксидов серы, азота и паров хлорной кислоты и хлора. В процессе сжи-

гания угля, нефти и газа большая часть находящейся в ней серы превращается в диоксид серы, который выбрасывается в атмосферу. Основная масса оксидов азота возникает во время эксплуатации автотранспорта и тепловозов, а меньшая часть приходится на энергетику и промышленные предприятия. Оксиды серы и азота – главные кислотообразователи. При реакции с атмосферным кислородом и находящимися в нем парами воды образуются серная и азотная кислоты.

Основные области распространения кислотных осадков – промышленные районы Северной Америки, Западной и Восточной Европы, Япония, Корея, Китай. Но этими регионами зона распространения кислотных выбросов не ограничивается. Медленно, но неуклонно начинает нарастать и доля развивающихся стран, особенно расположенных в Азии.

Средняя величина рН дождевой воды составляет 5,6, хотя в недавнем прошлом она была нейтральной (рН 7). Максимальная кислотность дождей, зарегистрированная в Западной Европе, составляла 4-3,5 рН. При этом надо учесть, что величина рН, равная 4-4,5, смертельна для большинства рыб.

Кислотные дожди оказывают агрессивное воздействие на растительный покров Земли, на промышленные и жилые здания и способствуют существенному ускорению выветривания обнаженных горных пород. Повышение кислотности препятствует саморегуляции нейтрализации почв, в которых растворяются питательные вещества. В свою очередь, это приводит к резкому снижению урожайности и вызывает деградацию растительного покрова, особенно лесов.

Кислотность почв способствует освобождению находящихся в связанном состоянии тяжелых металлов, которые постепенно усваиваются растениями, вызывая у них серьезные повреждения тканей и проникая в пищевые цепочки человека. Кислотные осадки играют решающую роль в процессах выветривания алюмосиликатного исходного материала. Они увеличивают подвижность в ландшафте высокотоксичного для живых существ алюминия.

Изменение щелочно-кислотного потенциала морских вод, особенно в мелководьях, ведет к прекращению размножения многих беспозвоночных, вызывает гибель рыб и нарушает экологическое равновесие в океанах.

*Парниковый эффект* обусловлен тепловым балансом земной поверхности и атмосферы. Коротковолновое солнечное излучение в значительной степени поглощается озоновым слоем, а солнечная теплота частично рассеивается в тропосфере и отражается обратно в космическое пространство. На поверхность Земли попадает около 44% солнечных лучей, главным образом, в видимой и инфракрасной областях спектра. Именно за счет этих лучей нагревается земная поверхность.

Часть длинноволнового земного излучения поглощается атмосферой, задерживая его поступление в космическое пространство, и возвращается обратно. Данный процесс и называется парниковым эффектом атмосферы. Благодаря действующему в течение практически всей истории Земли этому процессу приземная атмосфера нагревается и сохраняет теплоту, которая расходуется на создание благоприятных условий для жизнедеятельности организмов.

Поглощение длинноволнового и инфракрасного излучений происходит за счет таких примесей в атмосферном воздухе, как углекислый газ, водяные пары, метан, оксиды азота и озон. Техногенез привел к резкому возрастанию концентраций всех энергопоглощающих соединений, в первую очередь углекислоты. В настоящее время содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере составляет примерно 400 частей/млн (около 25 лет назад его количество составляло 310-315 частей/млн). В том случае, если концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере превысит 600-700 частей/млн, это вызовет катастрофические изменения климата и увеличение уровня Мирового океана в результате таяния ледниковых покровов в Гренландии и Антарктиде.

От изменения уровня Мирового океана пострадает более половины человечества. Рост уровня Мирового океана с сопутствующим



увеличением частоты и силы штормовых нагонов, вызванных усилением тропических циклонов, приведет к затоплению низко расположенных приморских территорий, разрушению берегов и береговых сооружений. В первую очередь пострадают низменные острова и плоские побережья, на которых располагаются многие крупные города и городские агломерации. При этом надо учитывать, что при наступлении масштабных наводнений вероятны значительные миграции населения с серьезными социально-экономическими и политическими последствиями.

В средних широтах повышение температуры на 1-3,5°C, которое прогнозируется на ближайшее столетие, эквивалентно смещению изотерм на 150-550 км по широте в сторону полюсов и на 150-550 м по высоте. В соответствии с этим начнется перемещение растительных экосистем. Однако в силу своей определенной инертности перемещение фауны и флоры будет отставать от изменений климата, в котором они развивались, и тогда им некоторое время придется существовать в непривычном для себя климатическом режиме.

Предполагается, что скорость изменения климата будет выше, чем способность некоторых видов, кроме отдельных животных сообществ, мигрировать в благоприятные для жизнедеятельности места. В результате перемещения климатических областей и зон могут исчезнуть некоторые типы лесного покрова. Некоторые элементы ландшафтов (тундровые и лесотундровые) при потеплении климата могут исчезнуть навсегда, так как именно в арктическом и субарктическом поясах произойдут наибольшие изменения. Сократятся и в дальнейшем исчезнут компоненты криосферы: морские льды, горные и небольшие покровные ледники, многолетняя мерзлота. Изменятся глубина и площадь распространения сезонной мерзлоты, вследствие уменьшения продолжительности зимних сезонов сократятся площади распространения сезонного снежного покрова.

Пустынные ландшафты окажутся более аридными вследствие значительного повышения температуры воздуха по сравнению с ко-

личеством осадков. Вместе с тем существуют расчеты, показывающие, что произойдет миграция пустынных областей в сторону полюсов, а размеры современных пустынь сократятся.

Изменение климата окажет серьезное влияние на агросистемы. Это вынудит принимать экстренные меры для приспособления сельского хозяйства к новым условиям. Ввиду увеличения концентрации углекислого газа возрастут объем и скорости фотосинтеза и как следствие этого – урожайность. Урожай сельскохозяйственных культур возрастет также из-за вовлечения в сельскохозяйственный оборот новых земель. В районах, где земледелие лимитируется притоком теплого воздуха, например в России и Канаде, вероятность увеличения урожая возрастет. В аридных и семиаридных районах, где оно ограничено наличием достаточного количества влаги для растений, изменение климата отразится неблагоприятным образом. Потребности в воде для орошения будут сильно конкурировать с другими потребителями водных ресурсов – промышленностью и коммунальным хозяйством. Более высокие температуры воздуха будут способствовать ускорению естественного разложения органического вещества почвы, снижая ее плодородие. Вероятность распространения вредителей и болезней растений увеличится.

В целом прогнозируется, что общемировой уровень производства продуктов сельского хозяйства может быть сохранен на современном уровне, но региональные последствия будут варьировать в широких пределах. Общая картина мировой торговли продуктами сельского хозяйства вследствие глобального изменения климата может существенно измениться.

*Нарушение озонового слоя и возникновение озоновых дыр.* Озон возникает под воздействием ультрафиолетовой солнечной радиации с длиной волны менее 240 нм, когда часть молекулярного кислорода распадается на атомы, которые затем пристраиваются к целым молекулам. На создание озонового слоя расходуется почти весь приток

ультрафиолетовых лучей. Максимум концентрации озона приходится на высоты 17-25 км.

Стратосферный озон из-за его выдающейся способности поглощать ультрафиолетовое излучение, губительное для живых организмов, стал настоящим защитным экраном нашей планеты. С воздействием жесткой ультрафиолетовой радиации связаны неизлечимые формы рака кожи, болезни глаз (катаракта, конъюнктивит), нарушения иммунной системы людей, неблагоприятные и даже опасные для жизнедеятельности воздействия на планктонные организмы в Мировом океане, снижение урожайности зерновых культур и другие экологические последствия.

Еще в начале 70-х годов XX в. состояние озонового слоя стало вызывать беспокойство ученых. Озоновый слой, формирующийся в результате фотолиза молекулярного кислорода, под воздействием различных причин как природного, так и антропогенного характера действительно стал постепенно разрушаться. Впервые его частичная деградация была зафиксирована во время наблюдений с полярных станций в Антарктиде в 80-е годы. Первая озоновая дыра была обнаружена над Антарктидой английским исследователем Д. Фарманом в октябре – ноябре 1984 г. В ее пределах содержание озона оказалось на 40% ниже, чем в среднем над всем континентом. С тех пор число и размеры так называемых озоновых дыр увеличиваются. К тому же они были обнаружены не только в Южном, но и в северном полушарии.

#### *Гипотезы о происхождении озоновых дыр*

*Метеорологическая группа гипотез* связывает образование озоновых дыр с естественными процессами формирования озона. Сторонники этих гипотез считают, что образование и общее содержание озона в конкретном объеме атмосферы зависят от характера метеорологических процессов и перепадов температур. Правильность этих гипотез подтверждают четко выраженные суточные и сезонные коле-

бания общего содержания озона, связанные с вспышками или ослаблениями фотохимических реакций.

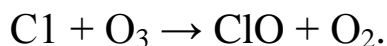
Установлены определенные корреляции между содержанием озона и атмосферными процессами. На фронтах циклонов, во время штормов и тайфунов резко снижается концентрация озона. Как правило, сезоны и районы активного образования циклонов совпадают со временем минимальных значений содержания озона в тропической и субтропической областях. Планетарная озоновая дыра над Северной Атлантикой совпадает с местами рождения циклонов. Маршруты циклонических вихрей в Каспии и на Дальнем Востоке совпадают с озоновыми аномалиями.

Образование озоновых дыр в полярных областях связывают с существованием крайне низких температур в стратосферном слое. Ведь низкие температуры увеличивают скорости реакций, разрушающих озон. Наблюдения показали, что снижение озона в стратосфере наступает по мере падения температуры, когда в пределах полярной воронки, охватывающей север Канады, Сибирь, Скандинавию и Европейскую Арктику, начинают образовываться переохлажденные ледяные облака. Именно в них разрушаются молекулы озона.

*Техногенная группа гипотез* основывается на роли в разрушении озонового слоя техногенных хлор- и фторсодержащих газов – фреонов, которые используют в холодильной промышленности и в качестве распыляющих веществ в аэрозольных упаковках. Американские ученые М. Молина и Ш. Роулэнд, открывшие хлорный цикл разложения озона, в 1974 г. высказали мнение, что активный хлор в составе фреонов может поступать в стратосферу, где в условиях низких температур в полярных широтах происходит их фотолиз:



Свободный хлор вызывает галоидный цикл разложения озона:



В 1987 г. это предположение было подтверждено прямыми измерениями с борта американского самолета У-2, выполнявшего исследовательские рейсы в верхней тропосфере и в стратосфере. За свое открытие авторы техногенно-фреоновой гипотезы в 1995 г. были удостоены Нобелевской премии.

В 1985 году в Вене была подписана Международная конвенция по защите озонового слоя. В 1988 г. был подписан Монреальский протокол к Конвенции по защите озонового слоя, предусматривающий постепенное сокращение производства и потребления хлорфторуглеродов.

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что процесс разрушения озонового слоя трудно объяснить действием только одного какого-то природного или техногенного процесса. Формирование и разрушение озонового слоя представляют собой многофакторный процесс, и, следовательно, попытка абсолютизации какого-то одного фактора в рамках изложенных гипотез явно обречена на неудачу [24].

### 2.3 Экологические проблемы гидросферы

*Экологические проблемы Мирового океана* обусловлены несколькими направлениями использования его вод в хозяйственных целях: во-первых, человечество стало использовать воды внутренних и окраинных морей и океанские просторы в качестве транспортных магистралей, во-вторых, в качестве источника пищевых и минеральных ресурсов, а в-третьих, в качестве хранилища твердых и жидких химических и радиоактивных отходов.

Значительным источником *химического загрязнения* морей являются реки, которые вместе с взвешенными частицами, образован-

ными от размыва пород суши, вносят большой объем загрязняющих веществ: тяжелых металлов (свинец, ртуть, кадмий, медь, железо и др.), нитраты, сульфаты, хлориды, фосфаты, фенол, мышьяк, аммонийные соли, поверхностно-активные вещества (ПАВ) и т.д.

Большую опасность для гидробионтов представляют нефть и нефтепродукты. Нефть проникает в толщу воды, накапливается в донных отложениях и влияет на все группы организмов. Более 75 % нефтяного загрязнения возникает из-за несовершенства добычи, транспортировки и переработки нефти.

Нефтяное загрязнение носит ярко выраженный региональный характер. Самая низкая концентрация нефтяного загрязнения наблюдается в Тихом океане (0,2—0,9 мг/л). Индийский океан имеет самый высокий уровень загрязнения: в отдельных районах концентрация достигает 300 мг/л. Сильно загрязнены нефтью мелководные окраинные и внутренние моря — Северное, Японское и др.

Высокой степенью опасности характеризуется *радиоактивное загрязнение* Мирового океана. До 1984 г. в морях проводилось захоронение радиоактивных отходов. В нашей стране наиболее интенсивно оно осуществлялось в пределах Баренцева и Карского морей. В настоящее время по международным соглашениям практика захоронения радиоактивных отходов приостановлена ввиду того, что безопасность используемых контейнеров, в которых хранятся радиоактивные отходы, ограничивается несколькими десятилетиями.

Однако опасность радиоактивного заражения Мирового океана сохраняется в связи с происходящими авариями атомных подводных лодок, аварийными ситуациями на атомных ледоколах, авариями надводных судов, несущих ядерное вооружение, авариями и потерями атомных боеголовок на самолетах.

Санитарное состояние вод мирового океана определяется не только химическим и радиоактивным загрязнением, но и *микробиологическим*. Определенную роль в загрязнении территориальных вод играют и рекреационные зоны, к которым относят как природные, так

и искусственно создаваемые территории, традиционно используемые для отдыха, лечения и развлечения. Высокая антропогенная нагрузка этих территорий существенно меняет чистоту воды и ухудшает бактериальную ситуацию прибрежных вод, что способствует распространению различных заболеваний, в том числе и эпидемических.

*Антропогенное воздействие на гидросферу суши*, в том числе на подземные воды, возникает в результате использования питьевой и технической воды. В России основными потребителями поверхностных вод являются промышленность, которая использует около 35 % всей потребляемой воды из природных поверхностных источников, сельское хозяйство — 26 % и теплоэнергетика — 24 %. Экологические проблемы вод суши можно систематизировать путем объединения в следующие группы.

*Истощение запасов поверхностных и подземных вод*. Этот процесс сопровождается обмелением водоемов и водотоков и понижением уровня подземных вод. Он определяется двумя факторами. Во-первых, это ежегодные безвозвратные потери воды в процессе использования ее в хозяйственных нуждах. В зависимости от качества повторной очистки и существующих систем оборотного использования они составляют до 25 % ежегодного технологического расхода воды. Вторым фактором, существенно влияющим на истощение запасов воды, является создание как отдельных водохранилищ, так и каскадов водохранилищ, в том числе в аридных областях.

Создание на реках искусственных водоемов, использование рек и водоемов в качестве транспортных магистралей, по которым курсируют многотоннажные суда, а также изъятие воды для хозяйственных нужд приводят к существенному нарушению гидрологического режима рек, изменению места, времени и активности проявления геологических процессов — глубинной и боковой эрозии, изменению твердого стока и объема взвешенного материала, русловой и пойменной аккумуляции, аккумуляции аллювиального материала в устьях рек. Это, в свою очередь, оказывает влияние на биологические усло-

вия, изменяет характер воспроизводства рыбы и затрудняет судоходство. Быстрое накопление осадков на дне водохранилищ при изменении скорости руслового потока приводит к обмелению и вызывает необходимость проводить очистку русла, землечерпание, регулировать сток в районе гидротехнических сооружений и осуществлять инженерную защиту берегов.

*Изменение качества воды.* Увеличение выбросов загрязненных промышленных, сельскохозяйственных и бытовых сточных вод привело к изменению качества воды. Кроме того, воды сильно загрязняются нефтепродуктами и токсичными веществами. На территории России менее 50 % используемой воды очищается до нормативных требований. Остальные стоки сбрасываются или недостаточно очищенными, или полностью неочищенными. С ними в поверхностные воды, а затем через сложную систему природных каналов загрязнители попадают в подземные воды.

С работой тепловых и атомных электростанций связано *термическое загрязнение* воды. Основная масса воды, используемой в тепловой энергетике, предназначена для охлаждения турбин и генераторов. Нагретые воды отводятся в пруды, в которых создаются благоприятные тепловые условия для массового размножения фитопланктона. Происходит эвтрофикация (цветение) воды.

Нередко поверхностные водоемы используют для захоронения вредных и радиоактивных веществ. Таковыми являются хвостохранилища на горнодобывающих и обогатительных предприятиях. При переполнении таких хранилищ нередко создаются аварийные ситуации, а воздействие содержащихся в них соединений нарушает геохимическое равновесие и приводит к заражению местности [15, 24].

## **2.4 Экологические проблемы литосферы**

Антропогенное воздействие на литосферу по размерам и масштабам проявления вполне сопоставимо с естественными геологиче-



скими процессами. Разница заключается только в скорости течения процесса. Если геологические процессы протекают медленно и растягиваются на сотни тысяч и миллионы лет, то скорость воздействия человека на среду укладывается в годы.

Наиболее существенные изменения антропогенные процессы производят в рельефе земной поверхности, причем как в равнинном, так и в горном. В одних случаях техногенная деятельность приводит к выравниванию рельефа, а в других в результате аккумуляции материала создаются разнообразные аккумулятивные формы рельефа – мелкогрядовый, холмистый, техногенно-расчлененный, террасированный.

Активная хозяйственная деятельность человека способствует развитию и более энергичному проявлению процессов экзогенной геодинамики, происходящих под влиянием внешних по отношению к литосферной оболочке сил.

Проходка подземных горных выработок (шахт, штолен, штреков, вертикальных стволов) ведет к перехвату подземных вод, нарушению их режима, понижению уровня, а это, в свою очередь, сопровождается осушением, обводнением или заболачиванием поверхностных территорий. Кроме того, подземные горные выработки стимулируют гравитационные процессы как на поверхности, так и в глубине. Происходят провалы, проседания, обвалы, оползни и смещения блоков горных пород.

Широкое использование методов подземного выщелачивания при добыче полезных ископаемых, закачка в специальные буровые скважины по контурам нефтяных месторождений морских и пресных вод, закачка в буровые скважины термальных вод в процессе добычи серы и тяжелой нефти, захоронение отходов химического производства приводят к резкой активизации *карстовых процессов*. Карст – совокупность процессов явлений, выражающихся в растворении горных пород и образовании в них пустот, а также своеобразных форм рельефа, возникающих на местностях, сложенных сравнительно легко растворимыми в воде горными породами. Вследствие возникнове-

ния подземных пустот и галерей на дневной поверхности появляются провальные гравитационные формы рельефа — воронки, просадки, поля.

В процессе сельскохозяйственного освоения и бесконтрольного использования земель резко усиливаются поверхностная и боковая эрозии. Возникает овражно-балочная сеть. Особенно это характерно при массовой распашке земель и нерегулированном выпасе скота. Эти же действия способствуют бороздовой и плоскостной дефляции, в результате чего уничтожается плодородный почвенный покров и дерновый слой.

Большие изменения появляются вследствие нарушения теплового режима в многолетнемерзлых грунтах (*криолитозоне*) при промышленном и городском строительстве, при прокладке транспортных магистралей, сооружении нефте- и газопроводов, при разработке месторождений полезных ископаемых: увеличивается скорость вытаивания подземных вод; происходит разжижение грунтов; образуется термокарст; происходит деградация тундровых почв и ликвидируются или видоизменяются тундровые ландшафты.

Вырубка лесов на склонах гор не только оголяет их, но и способствует возникновению подводных осыпей и камнепадов, резко усиливает селеопасность территории и создает угрозу схода лавин.

Возникновение большого объема подземных пустот в процессе добычи полезных ископаемых, выкачка нефти и газа, меняющая внутрипластовое давление, а также создание больших по площади и глубине водохранилищ приводят к усилению напряжения в толщах горных пород. Внутренние смещения и обрушения пустот вызывают *наведенные землетрясения*, которые по своей силе приближаются к природным сейсмогенным явлениям.

Активному воздействию со стороны человека подвергается также почвенный покров. Отмечаются загрязнение, засоление, обезструктуривание, дегумификация, иссушение почв и другие негативные явления, приводящие к потере плодородия [24].

## 2.5 Сокращение биоразнообразия

Среди основных экологических проблем современности *сокращение биоразнообразия* занимает особое место. Происходит интенсивное уничтожение природных экосистем и исчезновение видов живых организмов. Между тем устойчивое существование биосистем и эффективное выполнение ими своих функций обеспечивается их разнообразием. Сокращение биоразнообразия и исчезновение ключевых компонентов биосистем приводит к нарушению их функционирования, утрате устойчивости и деградации.

Биосистемы выполняют жизненно важные для человечества функции, основными из которых являются следующие.

1. *Средообразующая функция* – поддержание биосферных процессов на Земле и формирование благоприятных для жизни человека условий (чистый воздух, чистая вода, климат и плодородие почв). Эта функция является ключевой для жизни человека. Современные условия жизни на Земле – результат длительной эволюции и непрерывной работы живой природы на протяжении миллиардов лет. Биосфера выполняет роль регулятора и удерживает параметры окружающей среды в узком диапазоне значений, в котором может существовать человек.

2. *Продукционная функция* – создание биологической продукции. Человек получает продукты питания и сырье для различных отраслей хозяйства как из природы (лес, рыба, продукция охотничьего промысла и др.), так и с помощью специально созданных биосистем на основе различных биотехнологий, включая сельскохозяйственные. Многие полезные ископаемые, включая нефть, газ, уголь, являются результатом жизнедеятельности природных биосистем в прошлые геологические эпохи.

3. *Информационная функция* – сохранение информации о структуре и функционировании биологических и экологических систем (включая генетическую информацию), накопленной в результате длительной эволюции биосферы. Сегодня человек использует в науч-

ных и образовательных целях, а также для развития биотехнологий лишь незначительную часть этой информации. В будущем эта функция будет приобретать все большее значение.

4. *Духовно-эстетическая функция* – огромное влияние живой природы на развитие всей культуры человечества, включая ее эстетические и этические аспекты, а также формирование комфортного для человека облика окружающей среды.

Комплекс антропогенных факторов и форм их негативного воздействия на биоразнообразие широк и разнообразен. Все многообразие воздействий можно условно разделить на две основные группы: прямые и опосредованные.

*Прямые воздействия* включают в себя два направления воздействий:

1. Уничтожение популяций животных и растений в результате: чрезмерных объемов добычи, низкой культуры промысла; нелегального промысла, сбора и коммерческого коллекционирования живых организмов; нерациональной и неизбирательной борьбы с сорняками и вредителями сельского и лесного хозяйства; гибели животных на инженерных сооружениях; уничтожения населением животных и растений, считающихся опасными, вредными или неприятными;

2. Уничтожение природных экосистем в результате: их превращения в сельскохозяйственные угодья, включая распашку степей; ведения лесного хозяйства нерациональными методами; различных видов строительства; добычи полезных ископаемых; осушения болот; антропогенной водной и ветровой эрозии почв; гидростроительства, создания водохранилищ, уничтожения малых рек.

*Опосредованные воздействия* представляют собой негативные изменения среды обитания организмов. Можно выделить три направления таких воздействий.

1. *Физическое*, то есть изменение физических характеристик среды: нарушение физических свойств почвы или грунта; зарегулирование стока рек, чрезмерное изъятие воды из водоемов; сейсмораз-

ведка и взрывные работы; действие электромагнитных полей; шумовое воздействие; тепловое загрязнение.

2. *Химическое*, то есть загрязнение воды, воздуха, почв промышленными, энергетическими (включая АЭС), горнодобывающими, сельскохозяйственными и лесохозяйственными предприятиями; транспортом; военными объектами; муниципальными хозяйствами, а также в результате техногенных аварий и глобального переноса загрязнений (индустриальные и транспортные выбросы, нефть и нефтепродукты, ядохимикаты, химические удобрения, бытовые стоки и другие виды загрязнений).

3. *Биологическое*, выражающееся в нарушениях структуры природных биоценозов и экологически устойчивых природно-культурных комплексов в результате деятельности человека: преднамеренная и непреднамеренная интродукция, а также саморасселение чужеродных видов; распространение возбудителей заболеваний животных и растений; вспышки численности отдельных видов; возможное проникновение в природные экосистемы живых измененных (генно-инженерно-модифицированных) организмов, эвтрофикация водоемов, уничтожение пищевых ресурсов животных.

Как правило, различные виды человеческой деятельности (сельское хозяйство, строительство, разработка полезных ископаемых, транспорт, промышленность, рекреация, промысел и т. д.) оказывают как прямое, так и опосредованное воздействие. При этом опосредованные воздействия могут действовать сразу по нескольким направлениям. Поэтому антропогенные воздействия часто являются комплексными и сопровождаются синергическими и кумулятивными эффектами.

В результате человеческой деятельности под угрозой исчезновения находятся тысячи видов растений и животных – в Красный список МСОП (2000 г.) занесено более 9 тысяч видов животных и почти 7 тысяч видов растений. С 1600 г. зарегистрировано исчезновение 484 видов животных и 654 видов растений. Среди них печально извест-

ные дронг, морская (стеллерова) корова, странствующий голубь, моа, сумчатый волк и др.

Дальнейшее сокращение биоразнообразия может привести к дестабилизации биоты, утрате целостности биосферы и ее способности поддерживать важнейшие качества среды, необходимые для жизни. В результате необратимого перехода биосферы в новое состояние она может оказаться непригодной для жизни человека. Сохранение разнообразия живых систем на Земле – необходимое условие выживания человека и устойчивого развития цивилизации [7,12].

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Что понимают под загрязнение окружающей среды? Каким образом можно классифицировать загрязнения?
2. Перечислите нормативы качества окружающей среды и дайте им определения.
3. Чем отличаются различные типы смога? Чем они опасны для человека?
4. Какие вещества при растворении в атмосферной влаге образуют кислотные осадки? Как они воздействуют на среду?
5. Что является причиной парникового эффекта? Какие последствия потепления климата ожидаются в ближайшее столетие?
6. Сформулируйте гипотезы образования озоновых дыр. Какая из них наиболее верная?
7. Обозначьте основные направления влияния человека на Мировой океан и воды суши.
8. Какие экологические проблемы связаны с добычей полезных ископаемых?
9. Назовите последствия сокращения биоразнообразия.

## 3 Методы и технологии охраны окружающей среды

### 3.1 Защита атмосферного воздуха от загрязнения

Основным направлением защиты атмосферного воздуха от загрязнения можно считать *экологизацию* промышленных производств и технологий. В основу экологизированных технологий должны быть положены следующие принципы.

1. *Пространственная компактность*: каждое предприятие должно занимать минимально разумную территорию.

2. *Малоотходность* (теоретически безотходность) технологий и производств.

3. *Замкнутость производственных циклов*, что позволяет сохранить в чистоте природную среду и уменьшить потребление природных ресурсов.

4. *Возможность вторичной переработки* (рекуперации) отходов до такой степени, чтобы сделать их допустимыми для разложения и включения в естественные круговороты.

Малоотходные (безотходные) технологии и замкнутые циклы – одна из самых радикальных мер защиты окружающей среды от загрязнений. По определению, данному на Международном семинаре по малоотходной технологии в Ташкенте в 1984 г., безотходная технология – такой способ осуществления производства продукции, при котором наиболее рационально и комплексно используют сырье и энергию в цикле «сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные ресурсы» и таким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования.

К концепции безотходной технологии существует два подхода. Один основан на законе сохранения вещества, в соответствии с которым сырье (материя) всегда может быть преобразовано в ту или иную продукцию. Следовательно, можно создать такой технологический

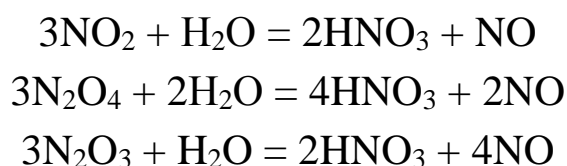
цикл, в котором все экологически опасные вещества будут преобразовываться в безопасный продукт или исходное сырье.

Согласно другому, полностью безотходную технологию нельзя создать ни практически, ни теоретически (подобно тому, как энергию нельзя полностью перевести в полезную работу в соответствии со вторым законом термодинамики, так и сырье невозможно полностью перевести в полезный экологически безопасный продукт). Другими словами, полностью безотходная технология – идеальная система, к которой должен стремиться всякий реальный технологический цикл, и чем больше будет это приближение, тем меньшим будет экологически опасный след.

В этом отношении более реальной является так называемая экологически чистая технология – такой способ производства продукции, когда вредное воздействие на окружающую среду доведено до санитарно-гигиенических норм и соответствующих предельно допустимых концентраций (уровней) [8].

*Методы очистки газопылевых выбросов.* Методы очистки промышленных отходов в зависимости от характера протекания физико-химических процессов делят на следующие группы: промывка выбросов растворителями примеси (метод абсорбции), промывка выбросов растворами реагентов, связывающих примеси химически (метод хемосорбции); поглощение газообразных примесей твердыми активными веществами (метод адсорбции); поглощение примесей с применением катализаторов [8, 17-18]. Рассмотрим эти методы на примере обезвреживания оксидов азота.

*Абсорбционные методы.* Оксиды азота в той или иной степени растворяются в обычной воде по реакциям:





Из оксидов азота только NO химически не реагирует с водой, хотя и растворяется в ней. Для полного поглощения NO необходимо окисление NO до NO<sub>2</sub>. Более эффективная очистка газов от оксидов азота осуществляется при их контакте с растворами щелочей и солей по реакциям:



Для абсорбции также можно применять гидроксиды кальция и магния, ряд других щелочных соединений, карбонат магния.

Недостатки абсорбционных способов очистки газов от оксидов азота: 1) большие капитальные затраты; 2) появление новых отходов, не находящихся сбыта (малоконцентрированных солей или азотной кислоты) и недопустимых к сбрасыванию в водоемы. Более перспективны абсорбционные способы с последующей десорбцией оксидов азота в концентрированном виде, пригодном для переработки в азотную кислоту товарной значимости.

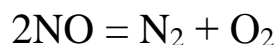
*Адсорбционные методы.* Адсорбция происходит благодаря поверхностным силам притяжения. С ростом температуры адсорбция снижается. Вещества с низкой температурой кипения адсорбируются хуже, чем с высокой. Интенсивность адсорбции повышается с увеличением молекулярной массы, поэтому NO<sub>2</sub> адсорбируется интенсивнее, чем NO. На интенсивность адсорбции влияет пористость сорбента. Чем ниже концентрация оксидов азота в дымовых газах, тем больше необходимо времени пребывания газа в адсорбере.

В качестве адсорбентов применяют приготовленные из каменноугольного кокса активированные угли, древесный уголь, активированный полукокс бурых углей и торфа. В качестве десорбента – воду

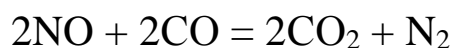
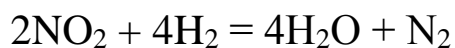
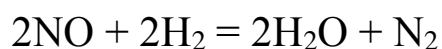
или водяной пар. При десорбции получается азотная кислота и концентрированный оксид азота.

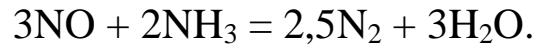
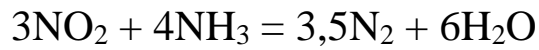
Определенный эффект дает применение молекулярных сит – минералов с азотами калия или натрия в структуре с пористостью, соизмеримой с размерами молекул. Десорбция подобных цеолитов осуществляется продувкой их горячим воздухом. При этом существенно возрастает концентрация оксидов азота в продуваемом воздухе, что позволяет получить азотную кислоту концентрацией до 50%. Применение адсорбционных методов также связано со значительными капитальными затратами и трудностью сбыта получаемых продуктов.

*Каталитические методы.* При температуре более 620 °С все высшие оксиды азота диссоциируют до NO. При 900-1000 °С возможна диссоциация NO по реакции:



Однако реакция эта протекает очень медленно (время полураспада NO при 1000 °С около 1,1 ч). Для ускорения процесса разложения оксидов азота применяют катализаторы – оксиды ряда металлов (кобальт, медь, никель, железо, хром, цинк). Однако катализаторы очень быстро дезактивируются из-за адсорбции ими кислорода, содержащегося в дымовых газах. Более перспективны процессы восстановления оксидов азота на катализаторах. В качестве восстановителей могут быть использованы газы: водород, метан, аммиак, а также твердый углерод. С этой целью в слое катализатора организуется беспламенное сжигание при недостатке кислорода. При этом протекают следующие реакции:





В качестве катализаторов используются платина, палладий, а также кобальт, никель, железо, хром и их оксиды, наносимые на пористый носитель. Для экономии драгоценных металлов используется двухступенчатое селективное каталитическое восстановление: на первой ступени в качестве катализатора применяется оксид благородного металла, на второй – платина или палладий [8].

*Очистка газовых выбросов от пыли.* Классификация пылеулавливающих систем основана на принципиальных особенностях процесса очистки. Применяемое в этих целях оборудование разделяют на четыре группы: сухие и мокрые пылеуловители, тканевые (матерчатые) фильтры и электрофильтры.

### **1. Сухие механические пылеуловители**

Пылеосадительные камеры (рис. 6) обычно прямоугольной формы с пирамидальным днищем-бункером или воронками.

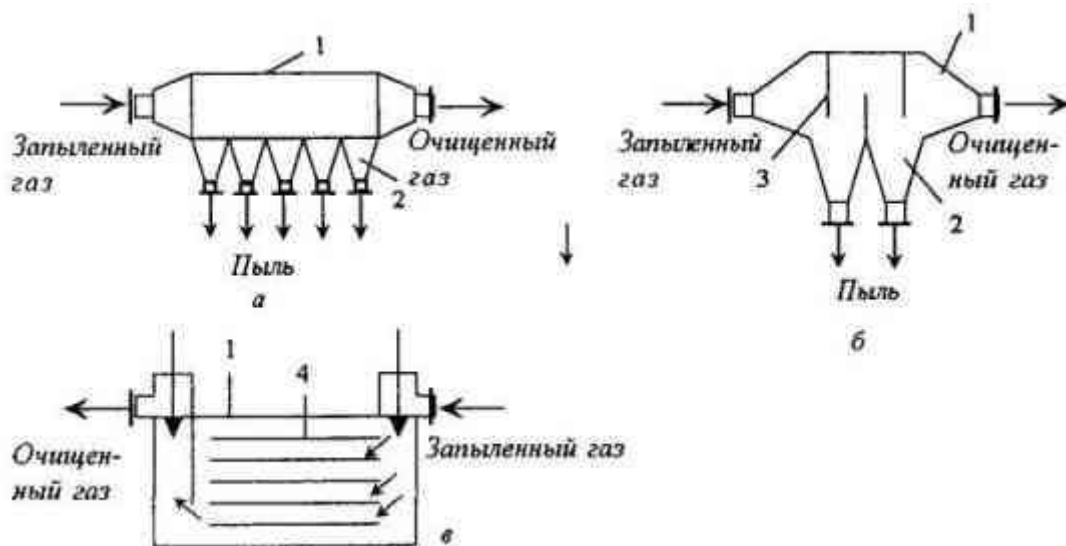
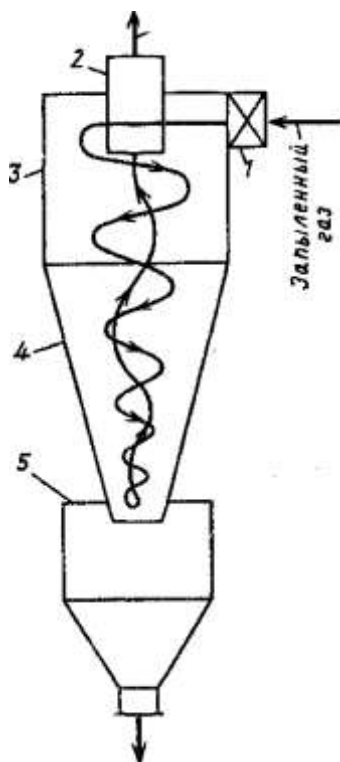


Рис. 6. Пылеосадительные камеры: а – простейшая камера; б – камера с перегородками; в – многополочная камера; 1 – корпус; 2 – бункеры; 3 – перегородка; 4 – полка

Они используются для предварительной очистки газа или воздуха от крупной пыли и мелкозернистого материала за счет их осаждения под действием сил тяжести при резком уменьшении скорости газового потока в камере, поскольку ее поперечное сечение во много раз больше сечения входного патрубка. Степень очистки газа от пыли составляет 40-70 %. Осевшая пыль из бункера или воронок удаляется через специальные устройства (затворы, винтовые конвейеры и др.)

*Инерционный пылеуловитель* – частицы пыли из потока газов выделяются за счет сил инерции при резком изменении направления движения потока. Основные типы инерционных пылеуловителей: циклоны (рис. 7), батарейные циклоны.



*Рис. 7. Циклон: 1 – входной патрубок; 2 – выхлопная труба;  
3 – цилиндрическая камера; 4 – коническая камера;  
5 – пылесадительная камера*

Циклоны используются для улавливания пыли с нижним пределом крупности частиц до 5 мкм. Пылегазовая смесь в них подается со скоростью до 25 м/с в цилиндрическую часть аппарата по касатель-

ной к внутренней поверхности входного патрубка и получает вращательное движение, спускаясь вниз. Возникающие при этом центробежные силы прижимают твердые частицы к стенке, и они, перемещаясь по спирали в коническую часть, разгружаются через пылевую насадку. Степень очистки воздуха, составляющая 60-80 % у циклонов большого диаметра (2-3 м), возрастает до 90-92 % при использовании циклонов малого диаметра (0,3-0,5 м) в связи с резким увеличением центробежной силы в них. Существенный недостаток циклонов малого диаметра – небольшая производительность – преодолевается объединением их в батареи. Батарейные циклоны, применяемые для улавливания пыли с нижним пределом крупности частиц до 5 мкм, состоят из большего числа (до 60) отдельных циклонов диаметром 40-250 мм, работающих параллельно.

*Вихревой пылеуловитель* предназначен для сухого высокоэффективного улавливания мелкодисперсной пыли в выбросах от различных промышленных объектов. Поток запыленных газов поступает в корпус пылеуловителя через вертикальное щелевое сопло и перемещается по периметру внутренней поверхности корпуса специального рельефа, образованного чередующимися волнообразными выступами и «карманами» – зонами разряжения. При скоростном прохождении «карманов» по кругу, в них концентрируются частицы пыли, которые коагулируются и при возрастании силы тяжести выпадают из нижней зоны карманов в зону цилиндрической обечайки и далее по конусной поверхности в накопительный бункер.

## **2. Сухие пористые фильтры (матерчатые)**

Для очистки запыленных газов все большее распространение получает на последних ступенях сухая очистка *рукавными фильтрами*. В рукавном фильтре корпус разделен вертикальной перегородкой на секции, отделенные горизонтальными перемычками от пылевого бункера. Перемычки снабжены патрубками для крепления нижней части тканевых рукавов, изготовляемых из хлопчатобумажных, шерстяных, синтетических, минеральных (асбестовых), стеклянных

фильтровальных тканей и нетканых материалов. Верхняя часть рукавов крепится на встряхивающем механизме. Запыленный воздух из патрубка распределяется через приемную камеру по рукавам и, очищенный от пыли, удаляется через другой патрубок. Пыль, осевшую на внутреннюю поверхность рукавов, периодически (каждые 3-8 мин.) стряхивают в пылевой бункер, предварительно отключая автоматически подачу пылегазовой смеси и включая подачу сжатого воздуха для лучшего удаления пыли с поверхности ткани. В момент стряхивания пыли в одной секции запыленный воздух подается на очистку в параллельную секцию. Достоинствами фильтров являются высокая степень очистки (до 98 %) от крупной и мелкой пыли при ее различной концентрации в пылегазовой смеси, простота эксплуатации и возможность полной автоматизации; недостатками – необходимость регенерации фильтрующей ткани и периодичность работы секций фильтра.

### ***3. Электрофильтры***

Пылеулавливание в электрофильтрах (рис. 8) основано на зарядении частиц пыли в поле коронного разряда и осаждении их на электроде противоположного знака. Осадительные электроды имеют форму пластин или труб диаметром 150-300 мм и длиной 3-4 м, изготавливаются из стали (для нейтральных газов) или свинца (для кислых газов) и обычно заземлены. Коронирующие электроды из нихромовой проволоки толщиной 1,5-2 мм натянуты между пластинами или по оси труб и находятся под напряжением 50-60 кВ. Коронирующие и осадительные электроды располагаются вертикально. Запыленный воздух подается через входной патрубок и направляющими лопастями вводится снизу в вертикальное пространство осадительных электродов. Коронирующие электроды располагаются между осадительными. Электрофильтры полностью автоматизированы, могут работать при высокой температуре воздуха (до 170 °С) в условиях его агрессивности и при широком диапазоне содержания в нем пыли. Недостатки связаны с большими размерами фильтров, необходимо-

стью высококвалифицированного обслуживания и высокой стоимостью их, по сравнению с другими пылеулавливающими аппаратами.

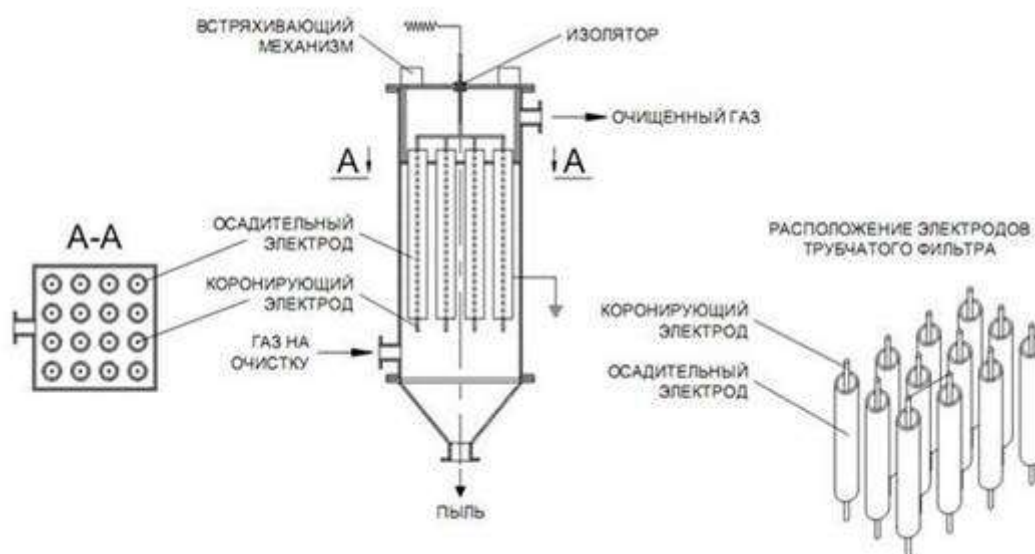


Рис. 8. Электрофильтр

#### 4. Мокрые пылеуловители

Очистка газа или воздуха в мокрых пылеуловителях основана на смачивании частиц пыли водой. Достоинством их является высокая степень очистки (98-99 %) газа от пыли, недостатком – необходимость обезвоживания для выделения твердых частиц из образующейся суспензии.

При использовании простого *фильтра-барботера* запыленный газ подают по трубе, конец которой находится в воде, проходит через слой воды в цилиндрической части аппарата, освобождается от пыли и выходит по газоходу. Частицы пыли оседают в конусе и разгружаются в виде шлама.

В *пенном фильтре с решеткой* запыленный газ или воздух подводится по патрубку под решетку фильтра, на которую из патрубка подается вода. В результате взаимодействия газа и воды над решеткой образуется слой пены высотой 100-200 мм, обеспечивающий эффективное удаление твердых частиц из газа. Пена со шламом перели-

вается через порог и удаляется, очищенный газ выводится через газодход.

В *скруббере Вентури* (рис. 9) запыленный газ или воздух подается в трубу Вентури, на выходе которой установлено брызгало для распыления подаваемой воды. Крупные частицы, смачиваясь водой, сразу выпадают в осадок. Более тонкие частицы улавливаются при прохождении газа через решетку корпуса и насадку, смачиваемую водой из брызгал [8, 17].

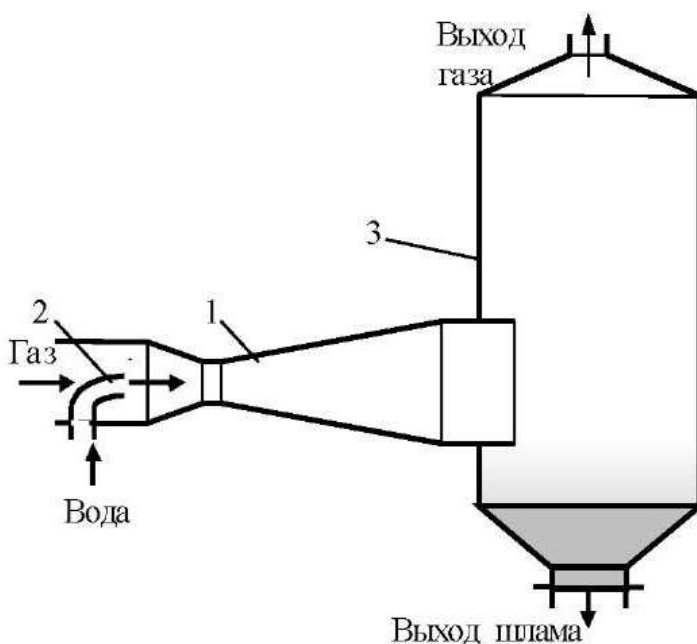


Рис. 9. *Скруббер Вентури*: 1 – сопло Вентури; 2 – форсунки для ввода жидкости; 3 – каплеуловитель

### 3.2 Методы очистки сточных вод

Сточные воды по своему составу могут быть разделены на три вида:

– *производственные* – использованные в технологическом процессе производства или получающиеся при добыче полезных ископаемых (угля, нефти, руд и т. п.);



– *бытовые* – от санитарных узлов производственных и непроизводственных корпусов и зданий, а также от душевых установок, имеющих на территории промышленных предприятий;

– *атмосферные* – дождевые и от таяния снега.

Производственные сточные воды делятся на две основные категории: *загрязненные* и *незагрязненные (условно чистые)*. Загрязненные производственные сточные воды содержат различные примеси и подразделяются на три группы:

– загрязненные преимущественно *минеральными примесями* (предприятия металлургической, машиностроительной, рудо- и угледобывающей промышленности; заводы по производству минеральных удобрений, кислот, строительных изделий и материалов и др.);

– загрязненные преимущественно *органическими примесями* (предприятия мясной, рыбной, молочной, пищевой, целлюлозно-бумажной, химической, микробиологической промышленности; заводы по производству пластмасс, каучука и др.);

– загрязненные *минеральными и органическими примесями* (предприятия нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, текстильной, легкой, фармацевтической промышленности; заводы по производству консервов, сахара, продуктов органического синтеза, бумаги, витаминов и др.).

Незагрязненные производственные сточные воды поступают от холодильных, компрессорных, теплообменных аппаратов. Кроме того, они образуются при охлаждении основного производственного оборудования и продуктов производства.

В соответствии с действующим законодательством все сточные воды должны перед сбросом в водоем подвергаться очистке от токсичных примесей. Для выполнения этих требований в зависимости от состава сточных вод применяются различные методы и способы.

Сточные воды промышленных предприятий очищают механическими, физико-химическими и биологическими методами. Вслед-

ствии сильной загрязненности сточных вод промышленных предприятий, их очистка от примесей производится в несколько этапов. Во всех случаях очистки стоков первой стадией является механическая очистка, предназначенная для удаления наиболее крупных механических примесей, взвесей и дисперсно-коллоидных частиц. Последующая очистка от химических веществ осуществляется различными методами: физико-химическими (флотация, абсорбция, ионообмен; дистилляция, обратный осмос и ультрафильтрация и др.), химическими (реагентная очистка), электрохимическими (электрохимическое окисление и восстановление, электродиализ, электрокоагуляция, электрофлотация и т.п.), биологическими. Если в сточных водах имеются весьма вредные вещества, применяют термические методы, позволяющие уничтожить примеси [3, 4].

*Механическая очистка* используется для выделения из сточной воды нерастворенных минеральных и органических примесей. Назначение механической очистки заключается в подготовке сточных вод при необходимости к биологическому, физико-химическому или другому методу более глубокой очистки. Механическая очистка на современных очистных станциях состоит из процеживания через решетки, пескоулавливания, отстаивания и фильтрования. Типы и размеры этих сооружений зависят, в основном, от состава, свойств и расхода производственных сточных вод, а также от методов их дальнейшей обработки.

На этапе механической очистки может применяться следующее оборудование.

*Усреднители.* Для обеспечения нормальной эксплуатации очистных сооружений необходимо усреднение концентрации примесей или расхода сточной воды, а в некоторых случаях – и по обоим показателям одновременно. С этой целью на входе в очистные сооружения устанавливают усреднители. Усреднение проводят в контактных и проточных усреднителях. Контактные усреднители используют при небольших расходах сточной воды, в периодических

процессах и для обеспечения высоких степеней выравнивания концентраций. В большинстве случаев применяют проточные усреднители, которые представляют собой многокоридорные (многоходовые) резервуары или емкости, снабженные перемешивающими устройствами. Усреднение в них достигается смешением струй сточной воды разной концентрации. Усреднение расхода воды достигается также при перекачке ее насосами. В этом случае усреднитель представляет собой простую емкость. Перемешивание жидкости может быть обеспечено и механическими мешалками или барботажем воздуха.

*Решетки.* Процеживание – первичная стадия очистки сточных вод – предназначено для выделения из сточных вод крупных нерастворимых примесей размером до 25 мм, а также более мелких волокнистых загрязнений, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе очистного оборудования. Процеживание сточных вод осуществляется пропусканием воды через решетки и волокнуловители. Решетки изготавливают из круглых и прямоугольных стержней. Зазоры между ними равны 16-19 мм. Решетки устанавливают на очистных станциях при поступлении на них сточных вод самотеком. Не применять решетки на очистных станциях допускается в случае подачи сточных вод насосами с установленными перед ними решетками с зазорами 16 мм или менее.

*Песколовки* предназначены для выделения из сточных вод тяжелых минеральных примесей (главным образом, песка) крупностью свыше 0,2-0,25 мм. В системах очистки наибольшее применение нашли песколовки с горизонтальным прямолинейным движением воды, горизонтальные с круговым движением воды, круглой формы с тангенциальным подводом воды и аэрируемые. Конструкцию сооружения выбирают в зависимости от количества сточных вод и концентрации твердых примесей.

Горизонтальные песколовки – это удлиненные прямоугольные в плане сооружения с прямолинейным движением воды. Песколовки с круговым движением воды являются разновидностью горизонталь-

ных песколовков. Горизонтальные песколовки с круговым движением сточной воды предназначены для удаления песка из производственных сточных вод, имеющих нейтральную или слабощелочную реакцию.

В тангенциальных песколовках вода подводится по касательной. Аэрируемые песколовки применяются в тех случаях, когда требуется наиболее полное разделение примесей по крупности. Воздух способствует вращению воды в песколовке и тем самым повышению эффекта осаждения.

*Отстойники.* Отстойник (рис. 10) является основным сооружением механической очистки сточных вод, используется для удаления оседающих или всплывающих грубодисперсных веществ. В зависимости от направления движения потока воды отстойники подразделяют на горизонтальные, вертикальные и радиальные. Для повышения эффективности осаждения в сточную воду вводят коагулянты и флокулянты, способствующие увеличению скорости осаждения взвешенных частиц.



Рис. 10. Схема многоярусного отстойника

*Нефтеловушки* применяются для очистки сточных вод, содержащих грубодиспергированные нефть и нефтепродукты при концентрации более 100 мг/л. Эти сооружения представляют собой прямоугольные вытянутые в длину резервуары, в которых происходит разделение нефти и воды за счет разности их плотностей. Нефть и нефтепродукты всплывают на поверхность, а содержащиеся в сточной воде минеральные примеси оседают на дно нефтеловушки. Всплывающая нефть скребковым механизмом отводится из нефтеловушек.

*Гидроциклоны.* Принцип действия гидроциклонов основан на сепарации частиц твердой фазы во вращающемся потоке жидкости. Величина скорости сепарирования частицы в центробежном поле гидроциклона может превышать скорость осаждения эквивалентных частиц в поле гравитации в сотни раз.

Интенсификацию процессов осаждения взвешенных частиц из сточных вод осуществляют воздействием на них центробежных и центростремительных сил в низконапорных (открытых) и напорных гидроциклонах. Вращательное движение жидкости в гидроциклоне, приводящее к сепарации частиц, обеспечивается тангенциальным подводом воды к цилиндрическому корпусу. Вращение потока способствует агломерации частиц и увеличению их гидравлической крупности.

*Фильтрационные установки* применяют для извлечения из сточных вод тонкодиспергированных веществ, масел, нефтепродуктов, смол и др. Для этой цели наиболее широко используют сетчатые фильтры и фильтры с зернистой перегородкой.

Сетчатые барабанные фильтры предназначены для задержания грубодисперсных примесей в процессах процеживания сточных вод, содержащих не более 300 мг/л взвешенных частиц. В зависимости от требуемой степени очистки и условий применения их можно оснащать сетчатым полотном с различной крупностью ячеек.

Фильтр с зернистой перегородкой представляет собой резервуар, в нижней части которого имеется дренажное устройство для отвода воды. На дренаж укладывают слой поддерживающего материала, а затем фильтрующий материал. Перспективным является использование плавающих загрузок из различных полимерных материалов, обладающих достаточной механической прочностью, химической стойкостью, высокими площадью активной свободной поверхности и пористостью. К числу таких материалов относятся полистирол различных марок (в том числе пенополистирол), пенополиуретан, а также гранулы керамзита, котельные и металлургические шлаки [3].

Из *физико-химических способов* при очистке вод используются коагуляция, флотация и адгезионная сепарация, электрокоагуляция и электролиз, сорбция и экстракция, кристаллизация и эвапорация.

*Коагуляцию* применяют для ускорения осаждения тонких частиц в результате их агрегации. В качестве реагентов-коагулянтов используют обычно известковое молоко, растворы сульфатов железа или аммония. Помимо коагуляции твердых частиц, известь вызывает также осаждение тяжелых металлов и анионов жирных кислот в виде труднорастворимых соединений, уменьшает кислотность и повышает значение рН, а соли железа и аммония уменьшают щелочность и понижают значение рН.

При *флотации* эффективное удаление из сточных вод тонких минеральных частиц и капелек органических веществ осуществляется в результате закрепления их на поверхности пузырьков в объеме пульпы или раствора. Образование требуемых при этом тонких и тончайших пузырьков достигается электролизом при электрофлотации, созданием вакуума при вакуумной флотации, предварительным насыщением очищаемой воды воздухом под давлением при напорной, или компрессионной, флотации.

При *электрохимической очистке* сточные или оборотные воды пропускают через электролизер. Очистка от растворенных и коллоидных примесей при этом происходит в результате:

- протекания реакций окисления или восстановления примесей, например, окисление цианидов на графитовом или магнетитовом аноде, и восстановления на медном катоде;
- образования осадков, например гидроксидов тяжелых металлов, за счет повышения рН воды в электролите на 1-4 единицы;
- электрохимического растворения железных или алюминиевых анодов с образованием соответствующих гидроксидов, развитая поверхность которых адсорбирует имеющиеся в воде катионы и анионы металлов или капельки эмульгированных органических веществ и вызывает осаждение их вместе с осадками гидроксидов железа или алюминия.

*Сорбция* на синтетических смолах (ионитах) и природных ионообменных материалах (сорбентах), способных к ионному обмену, используется для очистки сточных или оборотных вод и извлечения из них цветных, редких, благородных и радиоактивных металлов. Часто для очистки сточных вод от фенолов, мышьяка, сероводорода и других примесей в качестве сорбентов используется коксовая мелочь, торф, каолин, мел, известняк, опилки, различные отходы производства (например, зола ТЭЦ и белого шлама алюминиевого производства для очистки вод от меди), природные сорбенты (например, вермикулит для очистки вод от никеля). В таких случаях сточные воды пропускают через фильтр, состоящий из сорбента. Регенерация сорбента осуществляется обработкой растворителями, паром или термообработкой.

*Экстракция*, основанная на извлечении из растворов веществ при помощи другого растворителя (экстрагента), не смешивающегося с водой, применяется ограниченно при очистке сточных вод от фенолов.

*Эвапорация* представляет собой отгонку летучих веществ, загрязняющих сточную воду водяными парами или воздухом. Она находит широкое применение на коксовых установках для очистки

воды от фенолов и на золотоизвлекающих фабриках для очистки вод от цианида. В последнем случае сточную воду подкисляют серной кислотой. Образующиеся при этом пары синильной кислоты отдуваются воздухом и улавливаются раствором щелочи. Установка состоит из двух колонных аппаратов – десорбера и адсорбера. Транспортирующим агентом служит воздух, циркулирующий в замкнутом цикле. При этом внутри системы поддерживается давление ниже атмосферного, чтобы исключить возможность выделения вредного газа в атмосферу.

*Химические способы* очистки сточных вод используются для удаления из вод растворенных соединений. Они основаны на применении реагентов, вызывающих:

- нейтрализацию избыточной кислотности или щелочности воды. Для нейтрализации щелочных вод используется обычно серная кислота; для нейтрализации кислых вод – известь, иногда едкий натр и сода, карбонаты щелочноземельных металлов (кальцит, мел, магнезит, мрамор). В последнем случае вода фильтруется через слой, например, мраморной крошки. Нейтрализация щелочных вод фабрики может быть достигнута также смешиванием их в определенном соотношении с кислыми шахтными (рудничными) водами;

- образование и осаждение труднорастворимых соединений, например, гидроксидов, карбонатов, сульфидов тяжелых металлов, цементных металлов, фторидов и фосфатов щелочноземельных металлов. Так, применение извести приводит к образованию гидроксидов, например, меди и никеля, фторида кальция; применение соды и карбонатов щелочноземельных металлов – простых и основных карбонатов меди, свинца, цинка; применение сернистого натрия – сульфидов тяжелых металлов и ртути; применение сульфата железа – ферроцианидов железа; использование металлического железа (в виде порошка, стружки или жести) позволяет осадить медь и никель в виде цементных;

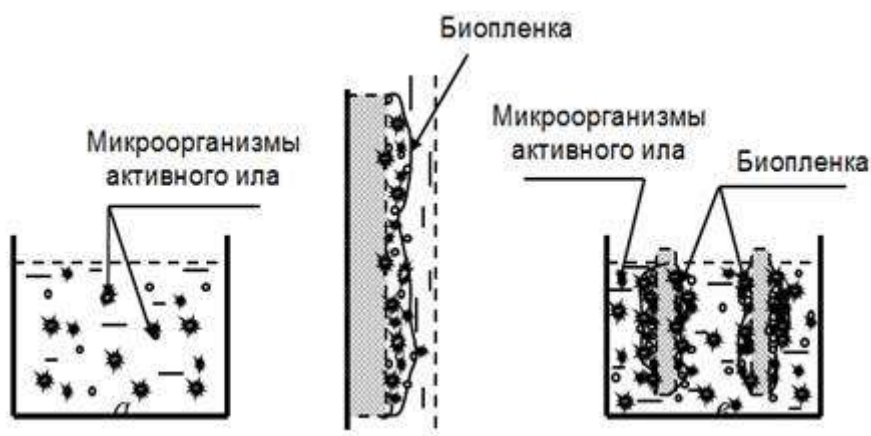


– окисление токсичных соединений (цианидов, ксантогенатов, дитиофосфатов, фенола, крезола, сероводорода и др.) до безвредных. Например, при окислении цианидов образуются карбонатные ионы, азот или ионы аммония, при окислении сероводорода – элементарная сера или сульфоксидные соединения. В качестве окислителей используются хлорная известь, гипохлорит кальция или натрия, жидкий хлор, озон. Окисление применяют в тех случаях, когда другие методы очистки не могут удалить или разрушить вредные примеси [3, 8].

Методы *биологической очистки* сточных вод основаны на применении в качестве активного очищающего начала живой биомассы, разлагающей загрязняющие вещества в процессе биологического окисления.

*Сооружения и аппараты для биологической очистки сточных вод.* Всю совокупность сооружений биологической очистки целесообразно разделить на три группы по признаку расположения в них активной биомассы (рис. 11):

- когда активная биомасса находится в воде в свободном (взвешенном) состоянии;
- когда активная биомасса закреплена на неподвижном материале, а сточная вода тонким слоем скользит по материалу загрузки;
- когда сочетаются оба варианта расположения биомассы.



*Рис. 11. Принципы функционирования аэробных методов очистки: а – с активным илом (аэротенки); б – с биопленкой (биофильтры), в – с активным илом и биопленкой (биотенки)*

Первую группу сооружений составляют аэротенки, циркуляционные окислительные каналы, окситенки; вторую – биофильтры; третью – погружные биофильтры, биотенки, аэротенки с заполнителями.

*Аэротенки.* Аэробная биологическая очистка больших количеств сточных вод обычно осуществляется в аэротенках (рис. 12) – емкостных проточных сооружениях со свободно плавающим в объеме обрабатываемой воды активным илом, бионаселение которого использует загрязнения сточных вод для своей жизнедеятельности. Непременным условием эффективности биологических процессов метаболизма в аэротенке является обеспечение их растворенным в воде кислородом, что достигается аэрацией и перемешиванием смеси воды и активного ила пневматическими, механическими или смешанного типа устройствами.

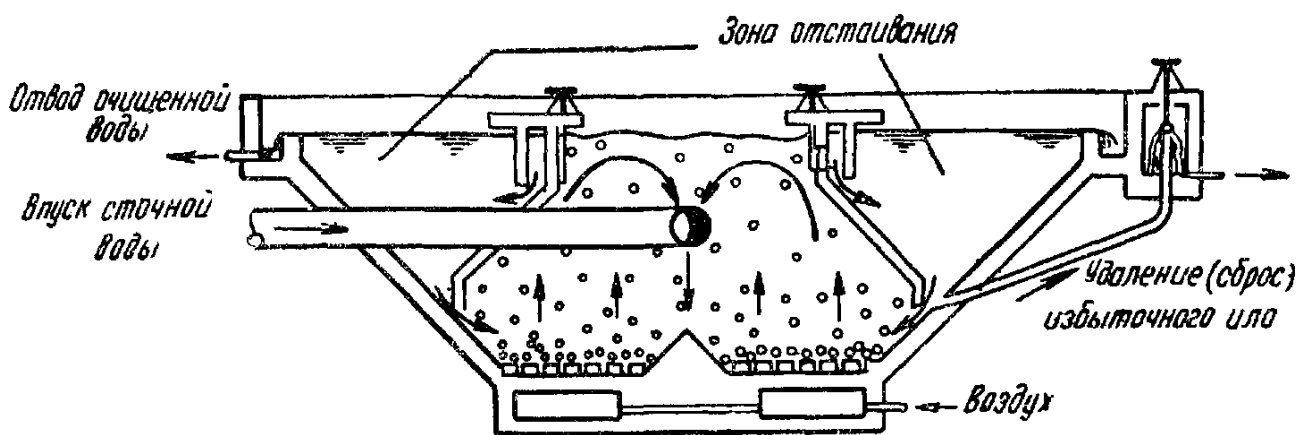


Рис. 21. Аэротенк

*Окситенки.* Для увеличения окислительной мощности аэротенка можно использовать кислород вместо воздуха. Такой технологический прием реализуется в окситенках – герметизированных сооружениях, оборудованных системами механических перемешивающих устройств (аэраторами) и циркуляции кислорода. Существенным отличием окситенка от аэротенка, работающего на атмосферном воздухе, является возможность повысить в нем концентрацию ила в связи с

увеличенным массообменом кислорода между газовой и жидкой фазами.

*Биофильтры.* В этих сооружениях биоразлагаемые органические вещества жидких отходов сорбируются и окисляются в аэробных условиях популяций гетеротрофных факультативных бактерий, образующих биологическую пленку на поверхности насадки (загрузочного материала, субстрата). Для орошения насадки вода с загрязнениями периодически или непрерывно подается в верхнюю часть сооружения через неподвижные разбрызгиватели (спринклеры) или реактивные вращающиеся водораспределители.

*Биотенки-биофильтры.* Эти сооружения состоят из корпуса и расположенных внутри него друг над другом в шахматном порядке лотковых элементов. Обрабатываемая сточная вода поступает в верхнюю часть биотенка и, заполнив расположенные выше емкости, стекает вниз. При этом сточной водой омываются наружные части элементов, на которых образуется биопленка. Образующаяся в самих элементах биомасса активного ила перемешивается и насыщается кислородом вследствие движения обрабатываемой сточной воды. Биотенк в совокупности с биофильтром обеспечивает высокую степень очистки.

*Сооружения почвенной очистки.* Химические, физические и биологические свойства почвы как перерабатывающей среды для отходов также используют в некоторых методах биохимической очистки сточных вод в естественных условиях. По масштабам применимости метод почвенной очистки значительно уступает методам искусственной биологической очистки.

Сооружения почвенной очистки сточных вод по мощности разделяют на малые, средние и крупные. Малые сооружения имеют много разновидностей: площадки подземного орошения, площадки подземной фильтрации, фильтрующие колодцы, фильтрующие траншеи с естественным или искусственным слоем грунта и песчано-гравийные фильтры. Малыми сооружениями могут считаться и небольшие поля

подземного орошения или подземной фильтрации. Самыми крупными сооружениями являются коммунальные поля орошения, земельные поля орошения и поля наземной фильтрации.

Земельные участки, предназначенные только для очистки стоков, называются полями фильтрации. Возможными механизмами почвенной обработки компонентов сточных вод в общем случае являются: биологическое окисление в аэробных и анаэробных условиях на разных почвенных уровнях и в разные периоды подачи сточных вод; адсорбция, ионный обмен и комплексообразование; химическое осаждение; ассимиляция растениями, микроорганизмами, животными.

Выбор площадки для устройства полей производится с учетом требований в отношении защиты окружающей природной среды, предусматривающих, в частности, полное исключение возможности попадания сточных вод с полей в водоносные слои, используемые в качестве источников водоснабжения. В почвенно-климатических условиях учитываются: тип грунта, рельеф местности, уровень залегания подземных вод, среднегодовое количество осадков, продолжительность вегетационного периода и т. п. [3].

*Биологические пруды* – искусственно созданные водоемы, в которых для очистки сточных вод используются естественные процессы. Эти пруды могут применяться как для очистки, так и для глубокой очистки сточных вод, прошедших биологическую очистку. Это последнее назначение биологических прудов имеет преимущественное распространение.

В окислительных прудах переработка органических и ряда других примесей сточных вод и отходов обеспечивается анаэробным разложением осадка в придонной зоне и окислением растворенных и коллоидных органических веществ при аэробном метаболизме бактерий в средней части объема воды. Продукты этих процессов утилизируются водорослями, растущими у поверхности и вырабатывающими

кислород для обеспечения аэробной деструкции органических веществ.

В аэробных высоконагружаемых по органическим компонентам прудах фотосинтез является основным источником кислорода для биологического разложения органических отходов. В этом случае происходит интенсивный рост водорослей, в протоплазму которых и переходит основная масса органических веществ сточных вод. Водоросли выделяют из стока пруда фильтрацией (например, через сетчатый микрофильтр) или методами физико-химического осаждения.

Если требуется глубокая очистка стоков, воду из прудов дополнительно очищают фильтрованием на песчаных фильтрах. К недостаткам этих сооружений следует отнести низкую окислительную способность, сезонность работы, потребность в больших территориях, неуправляемость и затруднительность очистки [3, 17].

### ***Методы ликвидации нефтяного загрязнения водоемов***

Постоянные аварии с выбросом нефти и нефтепродуктов в водные объекты стимулировали проведение большого числа исследований по ликвидации негативного воздействия на окружающую среду и разработке методов ликвидации нефтезагрязнений воды. Российские исследователи выделили три основных метода, применяемых при восстановлении водных экосистем, нарушенных нефтепродуктами.

*Механический сбор нефти и нефтепродуктов* может быть статическим, с помощью плавучих боновых заграждений, или динамическим, при формировании пятна на поверхности воды и его ограничении струями воды. Для удаления вязкой нефти применяют шнековые устройства, существенным недостатком которых является маленький радиус действия. При сборе пленки нефти или нефтепродуктов с помощью переливных (пороговых) устройств, один бортик плавающей емкости опущен ниже поверхности на высоту нефтяной пленки. Скорость такого сбора нефти невысока и связана с поступлением в емкость большого количества воды, особенно при тонких пленках.

Высота порога может регулироваться, но это может быть полезно при отсутствии волн и ветра.

Значительную скорость сбора при достаточной толщине пленки обеспечивает сбор с помощью всасывающих устройств. Они могут находиться на определенной высоте или быть плавающими, могут оснащаться сетками и другими дополнительными устройствами. Негативным моментом является образование трудно разделяемой эмульсии воды и нефтепродукта.

*Физико-химические методы* включают сжигание нефти, которое имеет смысл при достаточной толщине пленки в условиях низкой биодеструкции и для предотвращения нежелательного дрейфа. Определенный интерес представляет сбор нефтепродуктов с водной поверхности с помощью различных адгезионных устройств, принцип действия которых основан на избирательной адгезии нефти гидрофобными покрытиями и последующим снятием нефтяной пленки с рабочих элементов скребками. Недостаток связан с громоздкостью устройств и малым радиусом действия.

Наиболее развит сорбционный метод сбора нефти и нефтепродуктов с водной поверхности, заключающийся в рассеивании и последующем сборе сорбента. Способ особенно эффективен при тонких пленках, менее 1 мм. Ограничения метода связаны с малым радиусом действия и постепенным изменением сорбционных свойств сорбентов, а также с потерей некоторого количества сорбента при проведении работ.

Иногда нефтяную пленку диспергируют для ускорения процесса оседания углеводородов на дно. Диспергаторы могут быть жидкими или на твердой основе. В других случаях применяют реагенты-сгустители, которые также могут быть жидкими или на твердом носителе. Отверженная пленка затем собирается механическими устройствами.

*Биологическое и каталитическое разложение нефти* и продуктов ее переработки на водных средах применяется пока еще недоста-

точно, так как для этого необходим достаточно длительный период и благоприятные условия для организмов-биодеструкторов. Микробиологическую культуру в этих случаях применяют в виде суспензии или на носителях-сорбентах. Разложение нефти может происходить под действием солнечного света в присутствии катализатора. Этот метод не нашел широкого распространения из-за высокой стоимости катализатора [1].

### **3.3 Методы хранения и утилизации отходов**

Отходы в общем виде подразделяются на две группы: отходы производства и отходы потребления.

*Отходы производства* – остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства; вновь образующиеся в процессе производства попутные вещества, не находящие применения.

Отходы потребления – изделия и материалы, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа. К отходам потребления относятся и твердые бытовые отходы, образующиеся в результате жизнедеятельности людей [11, 22].

#### *Хранение отходов*

Полигоны твердых бытовых отходов (ТБО) являются специальными сооружениями, предназначенными для изоляции и обезвреживания ТБО, и должны гарантировать санитарно-эпидемиологическую безопасность населения. Выбранный участок для устройства полигона должен иметь санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии его санитарным правилам.

На полигоны твердых бытовых отходов принимаются отходы из жилых домов, общественных зданий и учреждений, предприятий торговли, общественного питания; уличный, садово-парковый смет; строительный мусор и некоторые виды твердых промышленных от-

ходов III-IV класса опасности, а также неопасные отходы, класс которых устанавливается экспериментальными методами. На полигонах твердых бытовых отходов осуществляется прием твердых отходов лечебно-профилактических учреждений в соответствии с правилами сбора, хранения и удаления отходов лечебно-профилактических учреждений. Трупы павших животных, конфискаты боев мясокомбинатов на полигоны твердых бытовых отходов не допускаются.

Обезвреживание твердых, жидких и пастообразных отходов, обладающих радиоактивностью, осуществляется на специальных полигонах, организованных в соответствии с основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности.

Захоронение и обезвреживание твердых, пастообразных отходов промышленных предприятий (1-2 класса опасности), в которых содержатся токсичные вещества, тяжелые металлы, а также горючие и взрывоопасные отходы, должно производиться на полигонах, организованных в соответствии с санитарными правилами о порядке накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов.

Безопасная эксплуатация полигона подразумевает следующие меры:

- процедуры исключения опасных отходов и ведение записи по всем принимаемым отходам и точным координатам их захоронения;
- обеспечение ежедневного покрытия сваливаемых отходов грунтом или специальной пеной для предотвращения разноса отходов;
- борьба с переносчиками болезней (крысами и т.д.);
- откачка взрывоопасных газов из недр свалки;
- на полигон должен осуществляться только контролируемый доступ людей и животных, периметр необходимо ограждать и охранять;



– гидротехнические сооружения должны минимизировать попадание дождевых стоков и поверхностных вод на полигон, а все поверхностные стоки с полигона должны направляться на очистку; жидкость, которая выделяется из отходов, не должна попадать в подземные воды, для этого создаются специальные системы гидроизоляции; эта жидкость должна собираться системой дренажных труб и очищаться перед попаданием в канализацию или природные водоемы;

– регулярный мониторинг воздуха, грунтовых и поверхностных вод в окрестностях полигона.

При выборе участка для устройства полигона ТБО следует учитывать климатогеографические и почвенные особенности, геологические и гидрологические условия местности. Перспективными являются места, где выявлены глины или тяжелые суглинки, а грунтовые воды находятся на глубине более 2 м. При наличии грунтовых вод на глубине менее 1 м на поверхность наносится изолирующий слой с предварительным осушением грунта. Не допускается размещение полигонов на территории зон санитарной охраны водоисточников и минеральных источников; во всех зонах охраны курортов; в местах выхода на поверхность трещиноватых пород; в местах выклинивания водоносных горизонтов, а также в местах массового отдыха населения и оздоровительных учреждений.

Размер санитарно-защитной зоны от жилой застройки до границ полигона равен 500 м. Кроме того, размер санитарно-защитной зоны может уточняться при расчете газообразных выбросов в атмосферу. Границы зоны устанавливаются по изолинии 1 ПДК, если она выходит из пределов нормативной зоны.

Полигон состоит из двух взаимосвязанных территориальных частей: территория, занятая под складирование ТБО, и территория для размещения хозяйственно-бытовых объектов. По всей площади участка складирования предусматривается устройство котлована с целью получения грунта для промежуточной и окончательной изоля-

ции уплотненных ТБО. Грунт из котлованов складировается в отвалах по периметру полигона. Для полигонов, принимающих менее 120 тыс. м<sup>3</sup> ТБО в год, рекомендуется траншейная схема складирования ТБО. Траншеи устраиваются перпендикулярно направлению господствующих ветров, что препятствует разносу ТБО. Грунт, полученный от рытья траншей, используется для их засыпки после заполнения ТБО.

Дно свалки планируется с небольшим уклоном, на котором выстилается прочная полиэтиленовая пленка. Ежедневно поверхность пленки, засыпанной отходами, уплотняется специальными катками, затем засыпается слоем грунта (песка, глины) и снова уплотняется. Потом опять накладывается пленка, и так каждый день. Внизу свалки имеется сток и сборник жидкостей, фильтрующихся из отходов и грунта, которые по мере наполнения выводятся на переработку. По заполнении последних слоев до нулевой отметки проводится планировка рельефа, посадка травы и растений.

В последнее время после сортировки ТБО стали применять прессование отходов в брикеты со значительным уменьшением их объема. Это увеличивает срок службы санитарных полигонов в 3-5 раз и уменьшает просадку грунта в дальнейшем.

Закрытие полигона осуществляется после отсыпки его на предусмотренную высоту. На полигонах, срок эксплуатации которых менее пяти лет, допускается отсыпка, в процессе на 10 % превышающая предусмотренную вертикальную отметку с учетом последующей усадки. Последний слой отходов перед закрытием полигона перекрывается окончательно наружным изолирующим слоем грунта. Использование территории рекультивируемого полигона под капитальное строительство не допускается [5].

*Утилизация отходов* является одним из основных направлений в ресурсосберегающей технологии. Под утилизацией отходов следует понимать комплексную их переработку с целью получения промыш-

ленной или другой продукции. Утилизация тесно связана с рациональным использованием природных ресурсов.

**1. Механическая переработка твердых отходов.** Утилизация твердых отходов приводит к необходимости либо их разделения на компоненты с последующей переработкой сепарированных материалов различными методами, либо придания им определенного вида. Для тех промышленных отходов, утилизация которых не связана с необходимостью проведения фазовых превращений или воздействия химических реагентов, но которые не могут быть использованы непосредственно, применяются два вида механической обработки: измельчение или компактирование (прессование).

**2. Физико-химические технологии** переработки отходов не обладают универсальностью, однако могут дать наилучший результат, используя отходы как сырье для получения полезного продукта. Примером является переработка резины, резинотканевых отходов, автомобильных покрышек, резиновых рукавов и шлангов, другой продукции резинотехнической промышленности. Конечной продукцией переработки является резиновая крошка, используемая для покрытий, ковриков подрельсовых прокладок, добавок в битум и др. Физико-химическими методами некоторые виды промышленных отходов перерабатываются в удобрения, строительные и дорожные материалы, керамику и др.

**3. Термические технологии** применимы для утилизации многих видов твердых, растворимых, жидких и газообразных отходов. Рассмотрим подробнее некоторые термические методы.

*Плазмохимический метод.* Существующие системы плазмохимической утилизации отличаются, главным образом, устройством плазмохимического реактора. Высокие температуры, регулирование состава плазмообразующих газов, давления позволяют проводить процесс со степенью переработки 99,9 %. Плазмохимический метод предпочтительно применяется для обезвреживания трудногорючих и негорючих соединений. Таким методом может обезвреживаться ши-

рокий класс токсичных и особотоксичных веществ: органических, хлор-, фтор-, фосфор-, сероорганических, металлоорганических, неорганических.

*Пиролиз (деструктивная дистилляция)* – это термическое разложение вещества при отсутствии или недостатке кислорода. При обычном пиролизе ТБО образуются следующие продукты: твердый обугливающийся остаток, жидкость, в состав которой входят органические кислоты, деготь, ароматические углеводороды; газовая фаза, содержащая водород, летучие углеводороды; оксиды углерода. Применяя термин «пиролиз» к термическому преобразованию органического материала, подразумевают не только его распад, но и синтез новых продуктов. Эти стадии процесса взаимно связаны и протекают одновременно с тем лишь различием, что каждая из них преобладает в определенном интервале температуры или времени. Пиролизу подвергаются твердые бытовые и близкие к ним по составу промышленные отходы, отходы пластмасс, резины (в том числе автомобильные покрышки), другие органические отходы.

*Газификация* является термохимическим высокотемпературным процессом взаимодействия органической массы или продуктов ее термической переработки с газифицирующими агентами, в результате чего органическая масса или продукты ее термической переработки обращаются в горючие газы. В качестве газифицирующих агентов применяют воздух, кислород, водяной пар, диоксид углерода, а также их смеси. Процессы пиролиза отходов получили большее распространение, чем газификация.

*Термоселект* не требует никакой предварительной сортировки отходов и позволяет устранять многие виды особых отходов, сочетая эти достоинства с довольно доступной ценой. Мусор подается на гидравлический пресс. Далее спрессованные отходы и отжатая из них вода попадают в горизонтальный канал. Объем спрессованных отходов очень мал, за счет чего достигается хорошая теплопроводность массы отходов и имеется полный контакт со стенками канала, кото-

рый снаружи обогревается синтез-газом до достижения температуры стенок около 600 °С. Органическая составляющая отходов разлагается на оксид углерода, углекислый газ, водород, смесь простейших углеводородов и твердый углерод. Неорганическая часть мусора нагревается до 600 °С. Брикетты, содержащие из органики один углерод, а также образовавшиеся в канале газообразные продукты реакций разложения подаются в высокотемпературный реактор, где в присутствии кислорода (в этом принципиальное его отличие от пиролиза) углерод и продукты дальнейшего разложения при температуре до 200 °С превращаются в богатый энергией синтез-газ.

В верхней части реактора все оставшиеся органические вещества при температуре около 1200 °С разрушаются до атомного уровня независимо от состава и молекулярной структуры; далее из них образуются угарный газ и водород. Тяжелые металлы, входящие в состав мусора, выносятся вместе с реакционным газом, поэтому он подвергается сложной газоочистке. Не испаряющиеся при данной температуре неорганические вещества либо плавятся, либо реагируют с кислородом. Таким образом, в реакторе образуется расплав оксидов металлов со слоем шлака наверху (минеральным расплавом). Металлический расплав выносится в реактор-гомогенизатор, а затем подвергается грануляции в водяной ванне, минеральный расплав удаляется из зоны реакции отдельно от него. Стекловидный гранулят минерального расплава со свойствами, идентичными свойствам естественного минерала базальта, может найти применение в промышленности, например при строительстве дорог; металлический гранулят подлежит утилизации в тех отраслях промышленности, где не предъявляются высокие требования к качеству металла.

*Сжигание* уничтожает ценные компоненты ТБО, загрязняет атмосферу и дает достаточно много (до 25 %) золошлаковых отходов, которые затем подлежат захоронению на полигонах. Сжигание требует предварительной обработки ТБО. При разделении из ТБО стараются удалить крупные объекты, металлы (как магнитные, так и не-

магнитные) и дополнительно их измельчить. Для того чтобы уменьшить вредные выбросы из отходов, также извлекают батарейки и аккумуляторы, пластик, листья. Сжигание неразделенного потока отходов в настоящее время считается чрезвычайно опасным. Таким образом, мусоросжигание может быть только одним из компонентов комплексной программы утилизации.

4. *Биотехнологии*. К числу наиболее перспективных технологий обезвреживания и переработки отходов относятся биотехнологии.

Например, бактерия *Thiobacillus ferroxydans* выщелачивает железо, медь, цинк и другие металлы, окисляя их серной кислотой, которая образуется этой бактерией из сульфида металла. Микроорганизмы *Citobakter sp*, *Sougloen ramigera* извлекают медь, кадмий. Грибная биомасса может концентрировать из растворов свинец, серебро, никель и другие металлы, в том числе радиоактивные. Это открывает возможности для биотехнологической очистки от тяжелых металлов.

Бактерии *Nocardia sp*, *Rhodococcus rhodochrous* могут быть использованы для очистки сточных вод и почв от нефти и нефтяных остатков. Разрабатываются методы для очистки поверхностей морей при разливах нефти методом внесения бактерий. Полученные методами генной инженерии штаммы псевдомонад утилизируют сырую нефть, благодаря чему возможно очищать разливы нефти на суше. Данная технология предусматривает периодический полив земель водой до полной утилизации нефти бактериями.

Компостирование – это технология переработки отходов, основанная на их естественном биоразложении. Наиболее широко компостирование применяется для переработки отходов органического – прежде всего растительного – происхождения, таких как листья, ветки и скошенная трава. В России компостирование часто применяется населением в индивидуальных домах или на садовых участках. В то же время процесс компостирования может быть централизован и проводиться на специальных площадках. Компост может найти при-

менение в различных местах. Возможные рынки применения компонента – население (садовые участки, дачи), предприятия (питомники, теплицы), сельское хозяйство, ландшафтное устройство, государственные ведомства (общественные парки, придорожные полосы), рекультивация земель, покрытие свалок, рекультивация горных разработок, рекультивация городских пустырей [11].

### 3.4 Методы сохранения биоразнообразия

#### *Ведение Красных книг как форма сохранения биоразнообразия*

В 1948 г. был создан Международный союз охраны природы (МСОП) – международная неправительственная организация при ЮНЕСКО с консультативным статусом, которая в 1984 г. объединяла уже 502 организации из 130 стран мира. В 1949 г. была создана специальная общественная Комиссия по редким видам. Основной своей целью комиссия поставила создание мирового аннотированного списка животных, которым грозит исчезновение. Для того, чтобы подчеркнуть особую значимость этого кадастра, Питер Скотт, возглавлявший комиссию вплоть до 1978 г., предложил назвать его *Красной книгой*, поскольку красный цвет – сигнал опасности.

Уже в 1949 г. МСОП начала собирать информацию о редких животных и растениях. Понадобилось 14 лет, чтобы в 1963 г. появилась первая *Красная книга МСОП*. Два тома представляли собой сводку о 211 таксонах млекопитающих и 312 таксонах птиц. Это были скрепленные между собой, как перекидной календарь, страницы, каждая из которых посвящалась отдельному виду. Предполагалось, что листы будут выниматься и дополняться новыми в зависимости от ситуации с охраной редких животных.

В 1966-1971 гг. вышло второе издание, которое было уже гораздо более объемным и включало сведения не только о млекопитающих и птицах, но и амфибиях и рептилиях. Так же, как и первое, это издание не было рассчитано на широкое распространение. Тома третьего

издания Красной книги МСОП начали появляться с 1972 г., и уже когда начали поступать в продажу, ее тираж был значительно увеличен. Последнее издание, вышедшее в 1978-1980 гг., включает 226 видов и 70 подвидов млекопитающих, 181 вид и 77 подвидов птиц, 77 видов и 21 подвид рептилий, 35 видов и 5 подвидов амфибий, 168 видов и 25 подвидов рыб. Среди них 7 восстановленных видов и подвидов млекопитающих, 4 птиц, 2 вида рептилий.

С 1981 г. при участии Всемирного центра мониторинга окружающей среды в Кембридже (Великобритания) начали выходить издания, в титуле которых значилось «Красная книга МСОП». Теперь это были уже не перекидные страницы, а полноценные книги, обобщающие информацию о редких видах и их охране.

Красная книга МСОП охватывает животный мир в глобальном масштабе и содержит рекомендации по охране, адресованные странам и правительствам, на территории которых сложилась угрожающая для животных ситуация. Эти рекомендации неизбежно носят самый общий характер. Именно поэтому необходимым дополнением к Красной книге МСОП стали национальные Красные книги. Включение таксона в национальную Красную книгу предполагало моральную ответственность той или иной страны за его дальнейшее благополучное существование. В большинстве стран издавались и издаются соответствующие нормативные акты по охране животных и растений, внесенных в Красные книги и списки.

Первая *Красная книга СССР* появилась в 1978 г. Значение Красной книги СССР в охране редких видов заключалось в первую очередь в том, что она стала основой для законодательных актов, направленных на охрану животного и растительного мира. Кроме того, она по сути своей представляет собой научно обоснованную программу практических мероприятий по спасению редких видов. И, наконец, неопределима роль Красной книги как средства воспитания и пропаганды разумного и бережного отношения к животным и растениям вообще и редким в частности [19].



Официальным основанием для создания *Красной книги России* является Закон «О животном мире» (1995 г.) Официальные издания Красной книги Российской Федерации выпущены в 2000 году – «Животные» и 2008 году – «Растения и грибы». В перечне редких видов: даурский еж, тарбаган (монгольский сурок), красный волк, белый медведь, калан, кавказский камышовый кот, амурский тигр, леопард, снежный барс, сивуч, беломордый дельфин, черноморская афалина, лошадь Пржевальского, кулан, степной орел, беркут, стерх и другие виды. Из краснокнижных растений можно отметить: подснежник широколистный, женьшень настоящий, левкой душистый, полынь солянковидную, смолевку меловую, рябчик русский, тюльпан Шренка, венерин башмачок настоящий и т.д. [9, 10].

В Красной книге Российской Федерации виды распределяются по следующим шести категориям:

0 – *Вероятно исчезнувшие*. Таксоны, известные ранее с территории (или акватории) России, нахождение которых в природе не подтверждено в последние 50 лет (для беспозвоночных – в последние 100 лет), но возможность их сохранения нельзя исключить.

1 – *Находящиеся под угрозой исчезновения*. Таксоны, численность особей которых уменьшилась до критического уровня или число их местонахождений настолько сократилось, что в ближайшее время они могут исчезнуть.

2 – *Сокращающиеся в численности и/или распространении*. Таксоны с неуклонно сокращающейся численностью, которые при дальнейшем воздействии факторов, снижающих численность, могут в короткие сроки попасть в категорию находящихся под угрозой исчезновения.

3 – *Редкие*. Таксоны с естественной невысокой численностью, встречающиеся на ограниченной территории (или акватории) или спорадически распространенные на значительных территориях (или акваториях), для выживания которых необходимо принятие специальных мер охраны.

4 – *Неопределенные по статусу*. Таксоны, которые, вероятно, относятся к одной из предыдущих категорий, но достаточных сведений об их состоянии в природе в настоящее время нет, либо они не в полной мере соответствуют критериям других категорий, но нуждаются в специальных мерах охраны.

5 – *Восстанавливаемые и восстанавливающиеся*. Таксоны, численность и область распространения которых под воздействием естественных причин или в результате принятых мер охраны начали восстанавливаться и приближаются к состоянию, когда не будут нуждаться в специальных мерах по сохранению и восстановлению [10].

Идея Красной книги за 50 лет ее существования пустила в нашем обществе глубочайшие корни. Она, как никакая другая, имеющая отношение к охране природы, популярна и понятна. Именно этим могло бы ограничиться ее позитивное значение в деле сохранения биоразнообразия. Однако, на самом деле, ведение Красной книги редких и исчезающих видов животных и растений стало реальным стержнем всей современной природоохранной деятельности – в первую очередь, конечно, научной, но также и организационной, управленческой и даже политической. Действительно, многие заповедники и другие охраняемые территории были организованы ради сохранения редких животных и растений, а необходимость сохранения редких видов зачастую диктует принятие тех или иных хозяйственных решений. В конечном итоге, именно отношение к проблеме сохранения редких животных и растений фактически стало зеркалом всей государственной деятельности в области сохранения биоразнообразия [7, 19].

*Создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ) как форма сохранения биоразнообразия.*

Официальная дата рождения государственных природоохранных территорий – 1872 год, когда в США был создан Йеллоустонский национальный парк. С тех пор их число неуклонно увеличивается. По данным Конгресса по охраняемым территориям, за 1962-2003

годы число охраняемых природных территорий в мире выросло с 9214 до 102102, а их площадь – с 2,4 млн до 18,8 млн кв. км.

Сочетание главных целей и приоритетов позволили МСОП выделить шесть основных категорий и две подкатегории охраняемых площадей:

IA. Strict Nature Reserve – строгий природный резерват (участок с нетронутой природой) – полная охрана.

IB. Wilderness Area – охраняемая территория, управляемая, главным образом, для сохранения дикой природы.

II. National Park – национальный парк – охрана экосистем, сочетающаяся с туризмом.

III. Natural Monument – природный памятник – охрана природных достопримечательностей.

IV. Habitat/Species Management Area – заказник – сохранение местообитаний и видов через активное управление.

V. Protected Landscape/Seascape – охраняемые наземные и морские ландшафты – охрана наземных и морских ландшафтов и отдых.

VI. Managed Resource Protected Area – охраняемые территории с управляемыми ресурсами – щадящее использование экосистем.

На суше находятся под охраной 17,1 млн кв. км, или 11,5 % общей сухопутной поверхности. Морские охраняемые природные территории занимают 1,7 млн кв. км, или 0,5 % поверхности морей и океанов. Доминируют три категории: II – национальные парки, VI – охраняемые территории с управляемыми природными ресурсами и IV – различные формы заказников [7].

#### *Особо охраняемые природные территории России*

*Заповедники.* В настоящее время в России действует 110 государственных природных заповедников. Первым государственным заповедником России официально считается Баргузинский, образованный в 1917 г., хотя несколько ранее был организован ныне не существующий Саянский заповедник, не оформленный правительственным постановлением. Заповедник – специфичная для России форма

ООПТ, практически не имеющая аналогов в мире. Только в России заповедник является не только охраняемой территорией, но и научным учреждением.

Образование и деятельность государственных природных заповедников регулируются разделом 2 Федерального закона «Об особо охраняемых природных территориях», согласно которому (ст. 1 и 2) на территории государственных природных заповедников полностью изымаются из хозяйственного использования особо охраняемые природные комплексы и объекты (земля, воды, недра, растительный и животный мир), имеющие природоохранное, научное, эколого-просветительское значение как образцы естественной природной среды, типичные или редкие ландшафты, места сохранения генетического фонда растительного и животного мира.

*Национальные парки.* В России на настоящий момент действует 49 национальных парков. Для России это сравнительно новая форма ООПТ. Первые национальные парки появились в СССР в 1970-х годах в республиках Прибалтики.

В классическом понимании национальный парк имеет функциональное зонирование территории. На территории национального парка выделяются заповедное ядро, по режиму соответствующее природному заповеднику, рекреационная и буферная зоны, в которых разрешается хозяйственная деятельность различной интенсивности (туризм и иные формы рекреации, традиционное природопользование, щадящая сельскохозяйственная и лесоустроительная деятельность). На практике в ряде случаев роль заповедного ядра играет прилегающий к национальному парку природный заповедник (например, Баргузинский заповедник, прилегающий к Забайкальскому национальному парку).

*Заказники.* В настоящее время в России действуют 59 заказников федерального значения. Заказник – довольно своеобразная форма ООПТ, предусматривающая довольно широкие пределы регламентации хозяйственного и иного использования территории – от полного

запрета хозяйственной деятельности до охраны лишь отдельных компонентов природной среды; а также собственности земель (с изъятием у собственника и без изъятия) и подчинения (регионального всех уровней и федерального).

Большинство заказников федерального значения являются комплексными (экосистемными), то есть в них разрешена лишь хозяйственная деятельность, не связанная с серьезными нарушениями природных комплексов. Как правило, в заказниках федерального значения запрещены промысловые охота и рыболовство. Значительная часть заказников осуществляет охрану особо ценных водно-болотных угодий, внесенных в списки Рамсарской конвенции.

*Государственные биосферные ООПТ.* На настоящее время в России действует 36 государственных биосферных ООПТ, основанных на базе 31 заповедника и 5 национальных парков. Концепция биосферного резервата была разработана в 1974 г. рабочей группой программы «Человек и биосфера» ЮНЕСКО. Через два года началось формирование их Всемирной Сети, поддерживающей сегодня обмен информацией, опытом и специалистами между 529 резерватами планеты. Они созданы в 105 (по состоянию на начало 2008 г.) странах и сохраняют участки малонарушенных экосистем большинства биогеографических провинций Земли на площади не менее 300 млн га [7, 21].

### **3.6 Международное экологическое сотрудничество**

Негативные тенденции изменений в окружающей среде и состоянии здоровья населения во многих странах мира привели к осознанию необходимости интеграции и объединения усилий в решении глобальных экологических проблем и обеспечении глобальной экологической безопасности. Формы сотрудничества многообразны. Это различного уровня организации, комиссии и комитеты, международные соглашения (конвенции и протоколы к ним), глобальные системы

и службы наблюдений, исследовательские программы и проекты, межнациональные и национальные финансовые, донорские и страховые учреждения и т.д.

Система ООН с ее многосекториальным потенциалом и значительным опытом в различных сферах международного сотрудничества в области охраны окружающей среды и развития располагает уникальными возможностями для реализации действий по решению глобальных экологических проблем и оказания содействия правительствам. Различные структуры ООН активно способствуют созданию более эффективных структур экономического и социального развития для достижения целей устойчивого развития в глобальном масштабе.

Все главные органы и специализированные учреждения ООН – Генеральная Ассамблея, Экономический и Социальный Совет (ЭКОСОС), региональные экономические комиссии (ЕЭК, ЭСКАТО, ЭКА, ЭКЛА), Конференция ООН по торговле и развитию (ЮНКТАД), по промышленному развитию (ЮНИДО), Международная Организация Труда (МОТ), Организация объединенных Наций по вопросам продовольствия и сельского хозяйства (ФАО), Организация Объединенных Наций по вопросам образования, культуры и науки (ЮНЕСКО), Всемирная метеорологическая организация (ВМО), Международный банк реконструкции и развития (МБРР), Программа ООН по развитию (ПРООН), Комитет по природным ресурсами (КПР), Межправительственная морская организация (ИМО), Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) и другие уделяют много внимания проблемам окружающей среды.

Начиная с 1949 года ООН периодически проводила конференции, посвященные состоянию природы на планете, а 15 декабря 1972 года на Стокгольмской конференции была принята резолюция № 2997 (XXVII) «Организационные и финансовые мероприятия по международному сотрудничеству в области окружающей среды» и был учрежден новый межправительственный орган по вопросам

охраны окружающей среды в рамках ООН – «Программа ООН по окружающей среде» (ЮНЕП). За время существования ЮНЕП был проведен ряд важных мероприятий в области охраны окружающей среды. Эта организация способствовала организации мониторинга за состоянием биосферы, создала систему природоохранных объектов, в том числе биосферных заповедников, взяв под свою опеку свыше 100 международных особо охраняемых территорий.

Организация Объединенных Наций по вопросам продовольствия и сельского хозяйства (ФАО) основное внимание уделяет охране почвенного покрова, водных ресурсов, животного и растительного мира, проводит исследования и разрабатывает рекомендации по их рациональному использованию, способствует распространению передового опыта в области охраны природы и оптимизации методов эксплуатации природных ресурсов.

Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) занимается научными проблемами охраны окружающей среды. Под ее эгидой выполняются ряд научных программ, в частности, программа «Человек и биосфера», содержащая 14 научных проектов, посвященных взаимодействию природы и общества.

Насчитывается также более 200 международных неправительственных организаций – как специализированных на вопросах охраны окружающей среды, так и проявляющих интерес к экологическим проблемам, помимо вопросов их основной сферы деятельности (науки, образования, здравоохранения, экономики, религии и др.). Среди них – Международный совет по охране птиц, Всемирная федерация по защите животных, Международная федерация по охране альпийских районов, Европейская федерация по охране вод и т.д.

Крупнейшей международной неправительственной организацией является Международный Союз Охраны Природы (МСОП), созданный в 1948 году во Франции, членами которого являются как правительства различных стран, так и отдельные государственные

структуры, учреждения, общественные объединения и т.д. МСОП готовит и издает международную «Красную Книгу», содержащую информацию о видах животных и растений, нуждающихся в охране.

В рамках МСОП работает Комиссия экологического права, разрабатывающая основы международного экологического права. Правовыми вопросами в области охраны природы занимается также Международный совет по праву окружающей среды, созданный 26 ноября 1969 года в Индии.

С целью решения глобальных экологических проблем приняты конвенции и подписаны протоколы к ним. Число конвенций и соглашений весьма велико. Например, в настоящее время Россия участвует в следующих конвенциях и соглашениях:

- Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием;
- Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния;
- Конвенции о биологическом разнообразии;
- Венской конвенции об охране озонового слоя;
- Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением;
- Конвенции по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов;
- Конвенции по защите Черного моря от загрязнения (Бухарестская конвенция);
- Конвенции по защите морской среды района Балтийского моря (Хельсинкская конвенция);
- Рамочной конвенции по защите морской среды Каспийского моря и др. [14]

#### *Концепция устойчивого развития*

В июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро состоялась Конференция ООН по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД), на которой было принято историческое решение об изменении курса развития всего мирового сообщества. Такое беспрецедентное решение глав правительств и



лидеров 179 стран, собравшихся на ЮНСЕД, было обусловлено стремительно ухудшающейся глобальной экологической ситуацией и прогнозируемой на основе анализа ее динамики глобальной катастрофой, которая может разразиться уже в XXI в. и привести к гибели всего живого на планете.

ЮНСЕД продемонстрировала осознание пагубности традиционного пути развития, который был охарактеризован как неустойчивое развитие, чреватое кризисами, катастрофами, омницидом (гибелью всего живого). Переход на новую модель (стратегию) развития, получившую название модели устойчивого развития, представляется естественной реакцией мирового сообщества, стремящегося к своему выживанию и дальнейшему развитию.

Человечество столкнулось со все обостряющимися противоречиями между своими растущими потребностями и неспособностью биосферы обеспечить их, не разрушаясь. В результате социально-экономическое развитие приняло характер ускоренного движения к глобальной экокатастрофе, при этом ставится под угрозу не только удовлетворение жизненно важных потребностей и интересов будущих поколений людей, но и сама возможность их существования. Возникла идея разрешить это противоречие на пути перехода к такому цивилизационному развитию, которое не разрушает своей природной основы, гарантируя человечеству возможность выживания и дальнейшего непрекращающегося, то есть управляемого и устойчивого, развития.

Идеи устойчивого развития отвечают объективному требованию времени. Новая стратегия развития цивилизации уже определила позицию мирового сообщества – объединить усилия во имя выживания человечества и непрерывного развития и сохранения биосферы.

Понятие устойчивого развития должно определяться через два основных признака такого развития – антропоцентрический и биосфероцентрический. Под антропоцентрическим признаком в широком смысле понимается выживание человечества (страны) и способ-

ность (возможность) его дальнейшего непрекращающегося (устойчивого), непрерывно долгого развития, чтобы наши потомки имели не меньшие возможности, по сравнению с настоящим поколением, удовлетворения своих потребностей в природных условиях и экологических условиях Земли и космоса (принцип равенства возможностей поколений в плане удовлетворения своих потребностей). Биосфероцентрический (в общем случае – экологический) признак понятия связан с сохранением биосферы как естественной основы всей жизни на Земле, необходимого условия ее устойчивости и естественной эволюции, так, чтобы дальнейшее развитие человечества не происходило в экофобной форме. Стратегия устойчивого развития направлена на достижение гармонии между людьми и между обществом и природой. Этот принцип можно охарактеризовать как принцип коэволюции природы и общества.

Сказанное позволяет определить устойчивое развитие как стратегию социоприродного развития, которая обеспечивает выживание и непрерывный прогресс общества и не разрушает биосферу. Принципы устойчивого развития включают следующее:

- уважение и забота обо всем сущем на Земле;
- повышение качества жизни;
- сохранение жизнеспособности и разнообразия экосистем;
- предотвращение истощения невозобновляемых ресурсов;
- развитие в пределах потенциальной емкости экосистем;
- изменение сознания человека и стереотипов его поведения;
- поощрение социальной заинтересованности общества в сохранении среды обитания;
- выработка национальных концепций интеграции социально-экономического развития и охраны окружающей среды;
- достижение единства действий на мировом уровне.

Глубинная сущность перехода к устойчивому развитию заключается в выживании человечества и одновременном сохранении био-

сферы, иными словами, в сохранении биосферы и цивилизации. Однако для того, чтобы выжить, сохраниться как уникальный биологический вид, человеку необходимо кардинальным образом трансформировать все сферы своей деятельности в направлении существенного уменьшения давления на биосферу – почти на порядок. Это очень сложная задача, и ее выполнение во многом противоречит всему тому, что характерно для модели неустойчивого, или эконоцентрического, развития, начавшегося с перехода человечества к производящему хозяйству. Экологическую несостоятельность этой модели особенно ярко продемонстрировал XX век.

XXI век может оказаться переломным в истории цивилизации, ибо на его протяжении должен разрешиться главный вопрос: быть или не быть человечеству. Переход к устойчивому развитию и позволит его разрешить, так как создает возможность выживания и дальнейшего непрерывного развития цивилизации, но в существенно измененной, биосферосовместимой, форме, когда человек не разрушает природную среду своего обитания – эту естественную колыбель любой жизни, в том числе и разумной [7, 14].

## *Вопросы для самоконтроля*

1. Перечислите основные направления защиты атмосферного воздуха.
2. Какие существуют методы улавливания газопылевых выбросов? На чем они основаны?
3. Какие пылеуловители являются наиболее эффективными? Ответ обоснуйте.
4. Перечислите методы очистки сточных вод и кратко охарактеризуйте их.
5. С помощью каких методов осуществляется очистка водоемов от нефтепродуктов??
6. Сформулируйте правила организации и функционирования полигонов ТБО. Какой документ их регламентирует?
7. Каков правовой статус Красной книги Российской Федерации? Приведите по пять видов растений и животных, занесенных в Красную книгу России и Красную книгу МСОП.
8. Чем отличается режим охраны в заповедниках, национальных парках и заказниках?
9. Перечислите формы международного сотрудничества в сфере охраны окружающей среды.
10. Что такое устойчивое развитие? Какие цели оно преследует?

## Библиографический список

1. Бондаренко, А. П. Восстановление экосистем, нарушенных нефтепродуктами : учебное пособие / А. П. Бондаренко, К. У. Базарбеков. – Павлодар, 2006. – 195 с.
2. Вернадский, В. И. Биосфера и ноосфера / В. И. Вернадский. – М. : Айрис-пресс, 2012. – 576 с.
3. Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты защиты гидросферы : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 188 с.
4. Ветошкин, А. Г. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы) [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Г. Ветошкин, К. Р. Таранцева. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2004. – 267 с.
5. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов (СанПиН 2.1.7.1038-01). – Режим доступа: <http://www.docload.ru/Basesdoc/9/9069/index.htm> (дата обращения 14.03.2017).
6. Горшков, М. В. Экологический мониторинг : учеб. пособие / М. В. Горшков. – Владивосток : Изд-во ТГЭУ, 2010. – 313 с.
7. Живая природа и биоразнообразие – Режим доступа: <http://biodat.ru/> (дата обращения 14.03.2017).
8. Калыгин, В. Г. Промышленная экология : учеб. пособие для студ. вузов / В. Г. Калыгин. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2006. – 432 с.
9. Красная книга Российской Федерации (животные) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=128273> (дата обращения 12.03.2017).
10. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=128260> (дата обращения 12.03.2017).
11. Лобачева, Г. К. Состояние вопроса об отходах и современных способах их переработки : учебное пособие / Г. К. Лобачева,

В. Ф. Желтобрюхов, И. И. Прокопов, А. П. Фоменко. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2005. – 176 с.

12. Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biodat.ru/vart/doc/gef/A25.html> (дата обращения 15.03.2017).

13. Ни, Г. В. Общая экология (краткий курс лекций и практикум) / Г. В. Ни, И. В. Быстров. – Оренбург : Издательский центр ОГАУ, 2005. – 276 с.

14. Никаноров, А. М. Глобальная экология : учеб. пособие / А. М. Никаноров, Т. А. Хоружая. – М. : Изд-во ПРИОР, 2001. – 285 с.

15. Николайкин, Н. И. Экология : учебник для вузов / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова. – 5-е изд., испр. и доп. – Москва : Дрофа, 2006. – 622 с.

16. Одум Ю. Экология. Т. 1 / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – 328 с.

17. Охрана окружающей среды : учебник для вузов / авт.-сост. А. С. Степановских. – Москва : Юнити, 2000. – 559 с. – ISBN 5-238-00196-7.

18. Панов, В. П. Теоретические основы защиты окружающей среды : учеб. пособие для вузов / В. П. Панов. – М. : Академия, 2008. – 320 с.

19. Создание и ведение Красных книг – действенная форма сохранения биологического разнообразия – Режим доступа: <http://www.docload.ru/Basesdoc/9/9069/index.htm> (дата обращения 14.03.2017).

20. Степановских, А. С. Общая экология / А. С. Степановских. – 2-е изд., перераб. и доп. – Курган : Зауралье, 1999. – 512 с.

21. Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 N 33-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_6072/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6072/) (дата обращения 12.03.2017).

22. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 N 89-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ре-

сурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/) (дата обращения 12.03.2017).

23. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/) (дата обращения 12.03.2017).

24. Ясаманов, Н. А. Основы геоэкологии : учеб. пособие для эколог. спец. вузов / Н. А. Ясаманов. – М. : Академия, 2003. – 352 с.

*Учебное издание*

**Ольга Анваровна Саблина**

## **ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Учебное пособие*

Редактор  
**Е. В. Кондаева**

Редактор 2 категории  
**Г. А. Чумак**

Подписано в печать 24.03.2016 г.  
Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 6,4.  
Тираж 300 (1 завод – 50) экз. Заказ 8/1508.

**Издательство Орского гуманитарно-технологического института  
(филиала) федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

**462403, г. Орск Оренбургской обл., пр. Мира, 15А**