Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

А.М. Русанов, М.А. Булгакова

Экология

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» 06.06.01 Биологические науки, 05.06.01 Науки о Земле 06.06.01 Биологические науки, 05.06.01 Науки и Земле.

Оренбург

2016

УДК 574(075.8)

ББК 20.1

Р 88

Рецензент – кандидат биологических наук Д. Г. Поляков

**Русанов, А. М.**

Р 88 Экология / А. М. Русанов, М. А. Булгакова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2016.

В пособии рассмотрены основные вопросы и проблемы, возникшие перед человечеством, по экологии и рациональному природопользованию. Дана характеристика понятию «биосфера» и описаны основные законы ее функционирования. Подробно рассмотрены механизмы учета природных ресурсов и их классификация.

Пособие предназначено для аудиторной и самостоятельной работы аспирантов очной и заочной формы обучения по направлениям подготовки кадров высшей квалификации 06.06.01 - Биологические науки, 05.06.01 - Науки и Земле.

УДК 574(075.8)

ББК 20.1

© Русанов А. М.,

Булгакова М. А., 2016

© ОГУ, 2016

**Содержание**

[1 Введение в экологию. Современные проблемы экологии и природопользования и подходы к их изучению и оценке 4](#_Toc32395849)

[1.1 Экологизация современных научных знаний, экономики и производственной деятельности 6](#_Toc32395850)

[1.2 Понятие о природопользовании как совокупности всех форм использования природно-ресурсного потенциала 9](#_Toc32395851)

[1.3 Тенденции в изменении отношения человека к природе 11](#_Toc32395852)

[2 Концепция биосферы 18](#_Toc32395853)

[2.1 Биосфера, ее структурные элементы и характер их взаимодействия 18](#_Toc32395854)

[2.2 Основные закономерности функционирования биосферы 45](#_Toc32395855)

[2.3 Биогеохимические процессы в биосфере как механизм поддержания устойчивости 47](#_Toc32395856)

[2.4 Адаптация биосистем к стрессовым воздействиям среды 59](#_Toc32395857)

[2.5 Восстановление естественных экосистем после их разрушения. Понятие о сукцессии 62](#_Toc32395858)

[2.6 Понятие о «пределах роста». Уровни потенциальной ёмкости Земли 75](#_Toc32395859)

[3 Антропогенное воздействие на окружающую среду 78](#_Toc32395860)

[3.1 Ингредиентное, параметрическое, стациально-деструктивное загрязнение окружающей среды 78](#_Toc32395861)

[3.2 Антропогенное воздействие на атмосферу 80](#_Toc32395862)

[3.3 Антропогенное воздействие на биосферу 83](#_Toc32395863)

[3.4 Классификация чрезвычайных ситуации 89](#_Toc32395864)

[3.5 Экологический риск и концепция экологической безопасности 92](#_Toc32395865)

[4 Рациональное использование природных ресурсов и механизмы управления природоохранной деятельностью 96](#_Toc32395866)

[4.1 Понятие о природных ресурсах. Классификации природных ресурсов 96](#_Toc32395867)

[4.2 Принципы рационального природопользования 105](#_Toc32395868)

[4.3 Концепция ресурсных циклов 106](#_Toc32395869)

[4.4 Климатические, водные, минеральные и земельные ресурсы 108](#_Toc32395870)

[4.5 Характеристика природных ресурсов Оренбургской области 118](#_Toc32395871)

[4.6 Стандарты качества окружающей природной среды 122](#_Toc32395872)

[4.7 Плата за загрязнение природной среды 124](#_Toc32395873)

[Список использованных источников 129](#_Toc32395874)

# 1 Введение в экологию. Современные проблемы экологии и природопользования и подходы к их изучению и оценке

О проблемах экологии, экологического сознания и воспитания, экологии науки сегодня говорят очень много, причем данные вопросы интересуют специалистов из самых разных областей: инженеров, биологов, журналистов, филологов, философов.

На всех стадиях своего развития человек был тесно связан с окружающим миром. Однако, только с тех пор как появилось высокоиндустриальное общество, опасное вмешательство человека в природу резко усилилось, объём этого вмешательства не только расширился, оно стало многообразнее и сейчас грозит стать глобальной опасностью для человечества. Расход невозобновимых видов сырья повышается, все больше пахотных земель выбывает из экономики, так на них строятся города и заводы. Биосфера Земли в настоящее время подвергается нарастающему антропогенному воздействию. При этом можно выделить несколько наиболее существенных процессов, любой из которых не улучшает экологическую ситуацию на планете.

Охрана природы - задача нашего века, проблема, ставшая социальной. Снова и снова мы слышим об опасности, грозящей окружающей среде, но до сих пор многие из нас считают их неприятным, но неизбежным порождением цивилизации и полагают, что мы ещё успеем справиться со всеми выявившимися затруднениями.

Однако воздействие человека на окружающую среду приняло угрожающие масштабы. Чтобы в корне улучшить положение, понадобятся целенаправленные и продуманные действия. Ответственная и действенная политика по отношению к окружающей среде будет возможна лишь в том случае, если мы накопим надёжные данные о современном состоянии среды, обоснованные знания о взаимодействии важных экологических факторов, если разработает новые методы уменьшения и предотвращения вреда, наносимого Природе Человеком.

Общее состояние окружающей среды обитания человека неуклонно ухудшается. Нарастает экологическая угроза репродуктивной функции женщин и здоровью детей, увеличивается частота врожденных пороков развития, отмечается рост аллергических заболеваний, появляются новые болезни, вызванные изменением окружающей среды. Правительства, входящие в страны Европейского региона ВОЗ, и Комиссия европейских сообществ, подписав в декабре 1989 г. Европейскую хартию по окружающей среде и охране здоровья, тем самым признали безотлагательную необходимость принятия эффективных мер по охране окружающей среды и здоровья.

На данный момент мы можем обозначить важнейшие вопросы в области охраны окружающей среды:

— экологические феномены глобального характера (разрушение озонового слоя, изменение климата и др.;

— реконструкция городов в целях охраны здоровья людей;

— обеспечение безопасного водоснабжения;

— создание в городах и сельских поселениях системы удаления отходов удовлетворяющей гигиеническим требованиям;

— отслеживание качества поверхностных, грунтовых и прибрежных вод;

— микробиологическая и химическая безопасность продуктов питания;

— воздействие на окружающую среду и здоровье людей, обусловленное эксплуатацией транспортных средств и сельскохозяйственной деятельностью (в том числе использованием удобрений и пестицидов);

— контроль качества воздуха (окислы серы и азота, фотохимические окислители и летучие органические соединения);

— контроль качества воздуха внутри помещений (воздействие радона, табачного дыма, химических и биологических загрязнителей);

— опасные отходы, в том числе обращение с ними, транспортировка и удаление;

— разработка и внедрение более чистых технологий с целью предупреждения загрязнения окружающей среды.

На сегодняшний день стала очевидной пагубность потребительского отношения человека к природе лишь как к объекту получения определенных богатств и благ.

## 1.1 Экологизация современных научных знаний, экономики и производственной деятельности

Основу в теории макроэкономики формируют два факта:

1. Материальные потребности людей и всего человеческого общества безграничны и неутолимы;

2. Материальные ресурсы - средства удовлетворения потребностей - ограниченны или редки.

Эти утверждения охватывают проблему экономического критерия оптимальности как максимально возможного удовлетворения потребностей при ограниченности ресурсов. И именно ядро макроэкономики стало центральной проблемой экологии, в силу того, что развитие цивилизации обусловило большой объем надбиологического потребления. А значительная доля ресурсов техносферы небиотического происхождения не пригодна для естественной ассимиляции в экосфере. Обозначенные факторы и большая численность людей стали главными причинами ухудшения качества окружающей среды [5, 10].

Исторически экономический рост практически полностью обусловлен нарастанием использования источников вторичных средств потребления. Техносфера разрослась именно на этой основе.

Самые важные потребности человека (кислород, вода и пища, одежда и жилище) удовлетворяются в основном продуктами живой природы. На данном этапе развития человечества многие продукты мы получаем не из девственных лесов и степей, а на полях и фермах, что говорит о перераспределении человеческого труда.

Нефть, газ и уголь - это тоже продукты живых организмов, существовавших в геологическом прошлом Земли. Из раковин морских существ сформировались запасы известняков и доломитов (строительный материал и сырье для производства цемента и бетона). Благодаря деятельности микроорганизмов из остатков обитателей моря и экскрементов птиц образовались залежи селитры и фосфоритов [1, 12].

Обеспеченность экономики природными ресурсами многие десятилетия не воспринималась как зависимость от законов экологии, но по мере роста производства эта зависимость стала проявляться масштабнее. Выяснилось, что даже самые лучшие вторичные - выросшие на месте вырубок, леса не могут сравниться с девственным лесом ни по продукции, ни по качеству древесины. После того, как из-за хищнического лова в Атлантике исчезли несколько видов промысловых рыб, стало ясно, что для сохранения устойчивого производства рыбопродуктов необходимо учитывать особенности экологии популяций рыб. Смена генераций и устойчивость к ядам у колорадского жука не только затрагивает цены на картофель, но и влияет на финансирование химических исследований и производство целого спектра ядохимикатов. Стало ясно, что 77 % потерь от коррозии нефтяного оборудования связаны с биокоррозией - деятельностью микробов. Моллюски поселяясь на днищах судов существенно снижают скорость движения и приводят к заметному перерасходу топлива. Ежегодные потери древесины от грибковых заболеваний и массовых размножений насекомых только в России составляют более 20 млн.м3.

Суммарный экономический ущерб, нанесенный во второй половине XX века природным системам, окружающей среде и через них - здоровью людей, сейчас уже намного превышает мировой годовой бюджет. Все же практическая экономика стихийно сопротивляется увеличению влияния на нее экологических факторов и экологического долга.

Экологизация экономики означает более разносторонний и системный подход к окружающему человека материальному миру, большее осознание роли природы в жизни человека. В сущности, она означает экологизацию всего социально-экономического уклада и развития общества [19, 24].

Главные слагаемые экологизации экономики:

- кардинальный пересмотр структуры инвестиций в экономику в пользу ресурсосберегающих отраслей;

- включение экологических условий, факторов и объектов, в том числе всех возобновимых ресурсов, в число экономических категорий как равноправных с другими категориями богатства;

- подчинение экономики природных ресурсов и экономики производства экологическим ограничениям и принципу сбалансированного природопользования;

- переход производства к стратегии качественного роста на основе изменения отраслевой структуры и технологического перевооружения под эколого-экономическим контролем;

- существенное расширение и уточнение системы платности природопользования; переход на новую систему ценообразования, полностью учитывающую экологические факторы, ущербы и риск;

- ослабление диктата предложения и искусственной стимуляции факультативных потребностей; уменьшение избыточности ассортимента товаров и услуг при усилении экологического контроля их качества.

Экологизация экономики нацелена на снижение природоемкости производства и сопровождается сдвигом центра экономического анализа с затрат на конечные результаты экономической деятельности. В этом контексте все, что говорится о долге человека перед природой, - не фигуральная декларация, а отражение совершенно реального в экономическом смысле долга перед будущими поколениями, долга, который подлежит количественной оценке и выплата которого неотвратима.

## 1.2 Понятие о природопользовании как совокупности всех форм использования природно-ресурсного потенциала

Впервые термин «природопользование» появился в 1958 г. в работах русских географов Ю.Н. Куражковского, А.Н. Формозова и Г.Е. Бурдина, которые считали, что это научное направление, занимающееся «разработкой общих принципов осуществления всякой деятельности, связанной с непосредственным пользованием природы, ее ресурсов, либо с изменяющимся воздействием на нее». В последующих работах Ю.Н. Куражковский определил природопользование как «общую систему взаимоотношений человека с природой, возникающую в процессе его трудовой деятельности и складывающуюся в соответствии с характером исторических, социальных и географических условий». В более поздних определениях природопользование рассматривается как «единство двух сторон, то есть антропогенного воздействия и ответной реакции на него природы» [18, 33].

По мнению Э. С. Комиссаровой, «природопользование в сущности своей есть процесс взаимодействия разнокачественных систем (природы и общества), причинные отношения между которыми обладают в первую очередь генетическим характером. Помимо вышеназванных авторов в данном направлении работали: Н. А. Гвоздецкий, А. Г. Исаченко, Ю. Ю. Тупыця, В. А. Склабан Т. Г. Рунова, А. Ю. Анучин, Т. Г. Нефедова, Н. П. Федоренко, И. Я. Блехцин, К. Г. Гофман, Н. В. Чепурных, А. В. Орлова, Ю. К. Ефремов, А. В. Хабаров и др. [20, 25, 32].

Как считает Л. М. Корытный, термин «природопользование» можно понимать как в узком смысле (ресурсопотребление), так и в широком – отождествляясь с общественным производством, или как взаимодействие общества и природы. По особенностям территориальной структуры всю совокупность видов воздействия человека на природу Л. М. Корытный предложил разделить на фоновое или зональное (землепользование, лесопользование, природозащитное природопользование) и очаговое (транспортное, промышленное и др.).

Т. Г. Рунова выделяет внутри природопользования:

- ресурсодобычу;

- ресурсопользование;

- ландшафтопользование;

- опытно-научное природопользование;

- ресурсопотребление.

Особым видом природопользования является сельскохозяйственное природопользование.

Природопользование может быть рациональным и нерациональным. Рациональное природопользование является разумным и не допускает снижения продуктивности природной среды. Нерациональное - это потребительское отношение к природе, то есть стремление получить от нее как можно больше любыми способами, что приводит к истощению природных ресурсов и загрязнению природной среды. При нерациональном природопользовании возникают две проблемы: ресурсная, связанная с истощением природных ресурсов и экологическая, связанная с ухудшением (загрязнением) среды жизни. В настоящее время существует эпоха нерационального природопользования.

Составными элементами природопользования являются:

1. Изучение окружающей природы.

Человек разумный отличается от животных потребностью в познании окружающего мира. Данная потребность несет не только практический, но и духовный характер. В основе потребности лежит желание исследовать законы природы для полного использования природных ресурсов. В последнее время изучение природы является основой для разработки и проведения различных природоохранных мероприятий.

2. Освоение природных ресурсов.

Это потребление природных ресурсов без попытки изменить их свойства, ведущее к непреднамеренному ухудшению состояния природной среды. Ярким примером такого освоения природных ресурсов является сельскохозяйственное освоение земель в Центрально-Черноземном регионе, которое привело к ухудшению состояния малых рек, развитию эрозии почв, снижению уровней подземных вод.

3. Преднамеренное, целенаправленное изменение природной среды.

В данном случае изменение природы человеком проектируется и планируется заранее. Например, внесение удобрений на сельскохозяйственные угодья, орошение земель, создание полезащитных лесных полос и т. д. Подобное преобразование природы также сопровождается негативными последствиями. Например, для регулирования местного стока строятся водохранилища, которые ухудшают экологические условия в водохранилищах в связи с нарушением естественной проточности рек и подтапливают земли [21, 30].

## 1.3 Тенденции в изменении отношения человека к природе

Ежегодно ученые выявляют, описывают и оценивают все новые и новые виды природных и антропогенных воздействий на географические ландшафты и ведут интенсивный поиск способов количественной или качественной оценки экологического эффекта от отдельных факторов.

В том случае, если характеризующие естественное преобразование среды параметры в течение длительного времени сохраняют средние значения, то изменения, порождённые социальной и хозяйственной деятельностью, приводят к необратимым процессам изменения географической оболочки. Негативные изменения чаще всего связаны с ошибками в технической и экономической политике, с недостаточной изученностью возможных последствий антропогенного воздействия, недоучетом возможностей природы к самовоспроизводству ресурсов. Зачастую люди хорошо знают, какие именно действия наносят вред природе и, тем не менее, совершают их.

На цивилизационном этапе эволюции системы «Природа – Общество» одним из важнейших механизмов адаптации оказывается совершенствование культурных регуляторов, которые противостоят росту разрушительной силы новых технологий. Согласно гипотезе техногуманитарного баланса А. П. Назаретяна [2, 23], те подсистемы цивилизации, которые не в состоянии ответить на техногенные кризисы выработкой адекватных культурных регуляторов, выбывают из эволюции. Выжившие же подсистемы обладают более совершенными культурными регуляторами.

Многие века методом проб и ошибок палеолитический человек, накапливал эмпирические знания об окружающем его мире. По мнению Л. Н. Гумилева, этот человек находился в состоянии «гомеостазиса» (равновесия) с окружающим его ландшафтом [3, 15].

К. Н. Благосклонов считает что становление и характер развития взаимоотношений общества с природной средой прежде всего определяет общая природная обстановка и происходившие в ней геоморфологические, географические и экологические изменения. В эпоху формирования человеческого общества не человек преобразовывал и подчинял природу, а природа подчиняла себе человека, заставляя его зависеть от особенностей природной среды, чем определяла весь уклад его хозяйства. Стихийные явления природы господствовали над человеком, что отражено в древних религиях и народных верованиях, обожествивших природу [4, 17].

Развитие общества повлекло за собой стремительное освоение земель что способствовало появлению новых форм воздействия общества на природу: молотьба, жатва, посев, перенос дикорастущих растений в другую среду, сведение крупных участков леса огнем. Наибольший урон природе наносили растущие масштабы распашки земель. Платон в 428-347 гг. до н.э. говорил о том, что обезлесение холмов Греции явилось причиной смыва почв. Для увеличения пахотных площадей уничтожались не только леса, но и осушались болота [22]. Несмотря на второстепенную роль в производящем хозяйстве, важное место в жизни рабовладельческого общества занимало животноводство. Последовательное разрастание числа одомашненных животных повлекло за собой и увеличение количество продуктов, получаемых - от них. В рабовладельческий период сознательное преобразование природы на эмпирическом уровне знаний стало основной формой взаимодействия общества с природой. В литературе [6] отмечается, что к началу феодальной эпохи в Евразии были полностью уничтожены большие территории первичных мест обитания растений и животных, а оставшиеся подверглись сильным изменениям.

В период феодализма началось освоение Африканского и Северо-Американского континентов. По формам воздействия общества на природу феодальная эпоха мало отличается от рабовладельческой. Ю. Г. Саушкин [7, 13], анализируя зависимость между внедрением новых средств производства и природными ресурсами, вовлекаемыми в хозяйственный оборот общества, говорит о том, что с появлением и распространением железных орудий труда увеличивается расширение земельных площадей за счет более быстрой расчистки леса. Для производства железа необходим древесный уголь, а следовательно растет истребление лесов. Растет масштаб разработок для добычи железных руд, руд цветных металлов (золота, серебра, свинца, олова и др.). В связи с изобретением колесного плуга в Северной Европе расширяются площади пахотных земель. В связи со строительством морских парусных судов ускоряется освоение морских побережий и создание приморских хозяйственных районов.

Изменение ландшафтов отразилось на численности северных оленей, туров, сайгаков, выдр, лебедей, дроф и т.д. Стараясь сберечь животные богатства, игравшие важную роль в экономике, средневековые государства уже с IX в. начинают принимать меры по их охране [8, 14]. Викинги на Гебридских и Фарерских островах устраивали первые птичьи заказники для охраны колониально гнездящихся птиц. В Исландии начинают издавать законы по охране кречетов, в Польше создают специальные фермы по охране бобров. Первые законодательные акты по охране флоры и фауны были изданы в Португалии в XIII в.

Петр Первый (1682-1725) в годы своего правления начал формировать взгляд на лес как на достояние государства и государственным указом 30 марта 1701 г. запретил расчистку в Московском уезде под пашни и на сенные покосы на расстоянии 30 верст от рек, «по которым леса плавят и гоняют к Москве». Он же запретил разрабатывать привезенные к воде бревна, «чтобы от тех щеп и сору оные речки не засоривались» [18, 16].

При производстве таких металлов, как железо, серебро, медь, свинец, золото, олово применялись окислительно-восстановительные реакции. При этом в атмосферу выделялись такие соединения, как окислы серы, азота и углерода, пары металлов (ртути), в водоемы сбрасывались отходы красильных и пищевых производств. Однако это воздействие на природу имело несравненно меньшие масштабы, чем в современный период [9, 23].

До XVIII века основными источниками загрязнения окружающей среды были бытовые сточные воды, а также продукты сгорания топлива, применяемого для отопления помещений: окись и двуокись углерода, сажа, зола, а также сернистый ангидрид в районах, где применялся каменный уголь. Накапливание отходов еще существенно не влияло на общую экологическую обстановку.

Уже с середины XIX столетия четко обозначилось усиление процесса разрушения биологического разнообразия: по вине человека исчезло много видов растений и животных из разных групп - млекопитающих, птиц, насекомых и др. [4 - 6, 27]. В результате деятельности человека уничтожение отдельных видов в XX веке шло в несколько раз быстрее, чем в предыдущие эпохи.

Итак, история развития человечества убедительно показывает, что человек разумный (Homo sapiens) является биосоциальным видом, который в процессе своей жизнедеятельности разрушает окружающую среду.

Во второй половине XX возник вопрос о перспективе сохранения человечества на планете:

- изменение климата по причине парникового эффекта;

- масштабные кислотные осадки;

- разрушение озонового экрана;

- сокращается биологическое разнообразие видов и сокращается площадь лесов;

- под влиянием эрозии снижается плодородие пахотных земель;

- недостаток пресной воды;

- перенаселение и голод.

В различных философских и социальных исследованиях многократно высказывалась идея о необходимости изменить наше отношение к природе. В. С. Степин подчеркивал то, что переход к новому типу цивилизационного развития связан с формированием «точек роста» новых ценностей, которые возникают в различных областях техногенной культуры, в том числе в религиозном и политическом и правовом сознании.

На IV Российском философском конгрессе Н. В. Мотрошилова в докладе «Варварство как оборотная сторона цивилизации» [15], говорила о том, что примитивно-человеческое и варварское отношение к природе означает ничем не сдерживаемое потребление ее даров, хищническое использование, некомпенсируемое расхищение природных богатств, насилие над окружающей средой, в конце концов делающие ее непригодной для обитания как человека, так и других живых существ [27, 28].

Временные исторические перемирия во взаимодействиях с природой часто сменяются экологическими войнами развязанными человечеством по мере роста научно-технических успехов. Происходит чреватое гибелью человечества опасное «соревнование» мощного экологического варварства и слабых ростков нового экологического сознания, требующего массового соблюдения принципов экологической цивилизованности в каждом шаге человеческой жизнедеятельности. Необходимо также со всей определенностью подчеркнуть: экологические войны только по форме суть враждебно-господские отношения человека к природе. По содержанию же это поистине самоубийственные, варварские «военные действия» человеческих индивидов и общностей против самих себя, а также против будущих поколений, т.е. собственно, против своих же детей, внуков, отдаленных потомков. А здесь - в отношении человека к другому человеку, к самому себе - и пролегает главный водораздел между цивилизованностью и варварством.

Е. Р. Карташова и А. В. Олескин в статье «Биоцентризм и устойчивое развитие» [14] подчеркивают, что еще в 1990-е гг. годах М. В. Гусев выступил с парадигмой биоцентризма против рассечения природы на две категории — человека и «окружающую» его среду, в конечном счете, против дискриминации биоса. Одно из важнейших положений биоцентризма состоит в том, что потребности человека должны быть удовлетворяемы лишь постольку, поскольку они не затрагивают многообразия жизни на Земле в целом, что, в свою очередь, обеспечивает динамическое равновесие биосферы, к которому генетически адаптирован человек [26, 34].

В наши дни, когда человечество озабочено глобальной политикой развития цивилизации XXI века и вытекающей из нее концепцией устойчивого развития с учетом нового экологически ориентированного мышления, парадигма биоцентизма приобретает особую актуальность. Устойчивое развитие как отдельных государств и регионов, так и всего мирового сообщества, «канонизированное» в решениях Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992) и принятое на Всемирном саммите (Йоханнесбург, 2002), подразумевает коллективную ответственность за усиление и упрочнение взаимосвязанных, дополняющих друг друга основ устойчивого экономического, социального развития и охраны среды обитания живого на местном, региональном и глобальном уровнях. Чтоб выйти из экологического кризиса, нужно поменять систему базовых ценностей техногенной цивилизации. Хотя это лишь одна сторона дела. Иная, более принципиальная, состоит в том, чтобы эта новая система ценностей стала нормальным явлением для людей, их императивом в отношении к природе. А этого возможно добиться исключительно в том случае, если у любого жителя нашей планеты будет сформировано эффективное экологическое сознание.

# 2 Концепция биосферы

## 2.1 Биосфера, ее структурные элементы и характер их взаимодействия

Согласно учению о биосфере академика В. И. Вернадского, биосфера представляет собой наружную оболочку Земли, содержащую все живое вещество и среду обитания. Верхней границей биосферы является защитный озоновый слой атмосферы расположенный на высоте 20 — 25 км. Выше озонового слоя жизнь отсутствует ввиду воздействия ультрафиолетового излучения. Нижняя граница биосферы – литосфера, простирающаяся до глубины 3 — 5 км, и гидросфера - до 11 — 12 км (рисунок 1).

Таким образом компоненты биосферы: атмосфера, литосфера и гидросфера выполняют основные функции по обеспечению жизни на Земле.

Биосфера появилась около 4,5 млрд лет назад и претерпела ряд этапов эволюционного развития: от первоначального круговорота органического вещества к постоянному обмену веществом и энергией между организмами и окружающей средой в течение жизни и после смерти — биологическому круговороту.

Основными составляющими биосферы являются:

• живое вещество, представленное растениями, животными, микроорганизмами;

• биогенное вещество органического происхождения - торф, нефть, почвенный гумус, мел, уголь, известняк и др.;

• косное вещество - горные породы неорганического происхождения;

• биокосное вещество - продукты переработки горных пород живыми организмами.

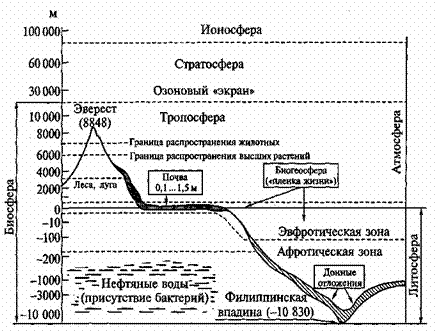


Рисунок 1 – Строение биосферы по В. И. Вернадскому

В соответствии с учением В. И. Вернадского, живое вещество является носителем свободной энергии биосферы и связано с неживым веществом. Важной частью взаимоотношений организмов является трофический фактор. Продуценты используя солнечную энергию создают первичное органическое вещество. Потребляя углекислый газ, воду и соли они выделяют кислород.

Консументов можно разделить на два порядка:

I — организмы, питающиеся растительной пищей;

II — организмы, питающиеся животной пищей.

Редуценты — это бактерии и грибы питающиеся разлагающимися организмами. Микроорганизмы до конца разрушают органические остатки и превращают их в конечные продукты - воду, минеральные соли, простейшие органические вещества, углекислый газ, которые поступают в почву и вновь потребляются растениями.

Каждое животное и растение избирательно относится к составу пищи, что определяется необходимостью в минеральных элементах. Каждый организм адаптирован к существованию в узком диапазоне условий окружающей среды, выход параметров среды за сформировавшиеся границы влечет за собой подавление жизнедеятельности вида вплоть до его гибели. Ареал обитания обусловлен соблюдением требований данного организма к факторам окружающей среды. Всякий вид занимает то место, которое определено его требованиями к пище, территории, воспроизводству и другими потребностям организма. Совокупность параметров среды обитания вида и место, занимаемое им в биосфере, называется экологической нишей. Каждый фактор в экологической нише взаимосвязан и изменение одного из них влечет за собой изменение остальных.

Способность организмов адаптироваться к изменяющимся факторам среды называется экологической пластичностью, или валентностью.

Всякие условия окружающей среды, длительно или кратковременно влияющие на живые организмы делятся на абиотические (факторы неживой природы) и биотические (факторы живой природы) (рисунок 2).



Рисунок 2 - Классификация экологических факторов среды

Все описанные факторы воздействуют не только на живые организмы, но и на культурные памятники, поэтому неучет любого из них может повлиять на качество реставрации или привести к гибели памятника.

В природе организмы существуют в виде популяций — исторически сложившихся естественных совокупностей особей данного вида, связанных взаимоотношениями и адаптацией в условиях определенного района или иного места обитания (биотопа). Плотность и численность популяции определяются регулирующими экологическими факторами.

Экологическая система — это совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых совместно обитающих различных видов организмов и условий их существования. Экосистема состоит из биоценоза (сообщества совместно живущих организмов) и биотопа (среды обитания). Основные типы природных экосистем на Земном шаре перечислены на рисунке 3.

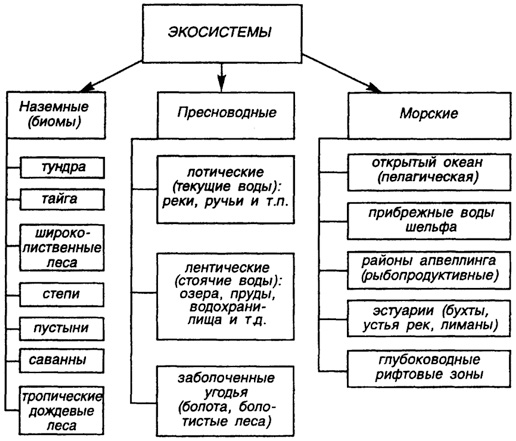


Рисунок 3 - Основные типы природных экосистем

Академик В.Н. Сукачев ввел в биологию термин «биогеоценоз» определяя его как природную систему живых организмов и окружающей их абиотической среды, связанной обменом веществ, энергии и информации. Сейчас термины «экосистема» и «биогеоценоз» принято считать практически синонимами.

Биогеоценоз состоит из:

• растительного компонента (фитоценоза);

• животного компонента (зооценоза);

• микроорганизмов (микробиоценоза);

• почвы и почвенно-грунтовых вод, во взаимодействии с растительным, животным компонентами и микроорганизмами образующих *эдафотоп*;

• атмосферы, которая, взаимодействуя с другими компонентами, образует *климатоп*;

• неживой природы, представляющей собой косное вещество — *экотоп*.

Экологические компоненты биогеоценоза в экологии рассматриваются как важнейшие материально-энергетические составляющие экосистем. По Н. Ф. Реймерсу (рисунок 4), к ним относятся: энергия, вода, атмосфера, автотрофы-продуценты (растения), почвосубстрат и организмы — гетеротрофы (консументы и редуценты).

Попадая на растения энергия Солнца провоцирует осуществление фотосинтеза для создания органического вещества с привлечением газов атмосферы и минеральных веществ из почвы.

Органическое вещество растений потребляется животными и вновь разлагается после их смерти редуцентами на простые соединения, возвращающиеся в атмосферу и почву, что поддерживает равновесие в системе и замыкает цикл круговорота в природе.

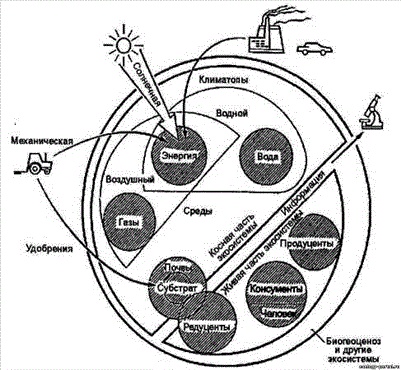


Рисунок 4 - Экологические компоненты (по Н.Ф. Реймерсу)

В то же время все экологические компоненты являются природными ресурсами, качество которых определяет качество жизни человека, а антропогенное нарушение взаимодействий между ними может это качество снизить.

В настоящих экосистемах круговорот практически всегда бывает незамкнутым, потому что часть веществ уходит за границы экосистемы, а часть поступает извне. Хотя в общем принцип круговорота в природе сберегается. Более простые экосистемы объединены в совокупную планетарную экосистему (биосферу), в которой круговорот веществ проявляется полностью — жизнь на Земле появилась миллиарды лет назад, и если б не было закрытого потока необходимых для проживания веществ, их запасы давно исчерпались бы и жизнь закончилась. Вмешательство людей негативно оказывает влияние на процессы круговорота. К примеру, вырубка лесов или несоблюдение процессов ассимиляции веществ растениями вследствие загрязнений приводят к понижению интенсивности усвоения углерода. Излишек органических элементов в воде, образующийся под действием промышленных стоков, вызывает загнивание водоемов и перерасход растворенного в воде кислорода, собственно ликвидирует вероятность развития здесь аэробных (потребляющих кислород) бактерий. Сжигая ископаемое горючее, фиксируя атмосферный азот в продуктах производства, связывая фосфор в синтетических моющих средствах человек не соблюдает круговорот данных элементов.

Круговорот веществ в природе предполагает совокупную согласованность места, времени и скоростей процессов, идущих на различных уровнях — от популяции до биосферы. Эту согласованность явлений природы называют экологическим балансом; это равновесие подвижное, динамическое.

В экологической системе (в отсутствии вмешательства человека) поддерживается равновесие, исключающее необратимое ликвидирование каких-либо звеньев в трофических цепях. Человек в ходе собственной работы постоянно воздействует на экосистему в общем, а также на ее отдельные звенья. Такое может проявляться в виде внедрения в экосистему новейших компонентов, таких как загрязняющие вещества, или уничтожения отдельных компонентов (отстрел животных, вырубка лесов и так далее). Порой не сразу данные действия ведут к распаду всей системы, нарушению ее устойчивости. Хотя сохранение системы не значит, что она осталась постоянной. Система трансформируется, и расценить число и направление появившихся изменений очень трудно.

Природные регуляторы неспособны сберечь биоценоз при внезапных антропогенных действиях. За разрушением отдельных экосистем сможет последовать и разрушение биосферы в общем либо значительное понижение ее продуктивности.

В результате производственной деятельности человека возник новый процесс обмена веществ и энергией между природой и обществом (при сохранении биологического обмена) — антропогенный обмен, который существенно изменяет общепланетарный круговорот веществ, резко ускоряя его. Антропогенный обмен отличается от биотического круговорота своей незамкнутостью, он носит открытый характер. На входе антропогенного обмена находятся природные ресурсы, а на выходе — производственные и бытовые отходы.

Как отмечает О. И. Пруцын, происходит разрушение архитектурно-исторической среды: «Нарушается силуэтность пространственных композиций, гармоничная соподчиненность всего построения, ансамблевое единство. Силуэтность и пропорциональность, достигнутые в историческом периоде, необходимо полностью сохранить, ибо, благодаря классическим соотношениям они могут легко сочетаться с любой предстоящей застройкой».

Не следует забывать, что ландшафт — это всеобъемлющая и вневременная реальность, в которой существовал человек в доурбанистическую эпоху. Именно безукоризненное чувство ландшафта было присуще людям в прошлые века, когда постройки срастались с природным окружением. Архитектура прошлого и сегодня представляет собой школу мастерства зодчества и градостроительства на Руси. Уже начиная с XI в. власти города обязывали застройщиков соблюдать градостроительные правила и законы, регулирующие взаимосвязь между архитектурой и природой. На Руси с XI в. действовал византийский «Закон градский», записанный в кормчих книгах. Среди его положений были, например, такие: «Только тогда здание можно увидеть по-настоящему, когда оно располагается на стройном месте. Прежде чем строить, осмотри внимательно местность. Выбери такое место, чтобы здание не мешало природе». Или такие: «...повелеваем, чтобы обновляющий ветхий двор не отнимал у соседа света и не лишал его их вида, не изменял первоначального образа»; «...не загораживай насильственно вида соседу, если он прямо видит море, стоя на своем дворе». И сегодня в строительной и реставрационной деятельности основополагающей должна стать «природная» логика.

На этапе развития разумного отношения к сохранению природы должно произойти постепенное превращение биотехносферы в ноосферу — сферу разума, которая, по В.И Вернадскому, является неизбежным и закономерным этапом развития биосферы.

Центральное понятие в экологии - экосистема отражает основополагающее представление этой науки о том, что природа функционирует как целостная система независимо от того, о какой среде идет речь: пресноводной, морской или наземной. Общая теория сложных систем, к которой относится и изучение интегральных свойств экосистем, начиналась с работ биолога Людвига фон Берталанфи в конце 40-х годов XX в. Системный подход к решению проблем, связанных с окружающей средой, приобретает все большую практическую значимость.

Под системой понимается упорядочение взаимодействующие и взаимозависимые компоненты, образующие единое целое.

Целое - это определенное единство элементов, имеющее свою структуру. Понятие «структура» отражает расположение элементов и характер их взаимодействия.

Системы имеют следующие специфические свойства:

- изоляция;

- интеграция;

- целостность;

- стабильность;

- равновесие;

- управление;

- устойчивость (гомеостаз);

- эмерджентность.

Эмерджентность (от англ. emergence - появление) - универсальная характеристика систем, в том числе экосистем, заключающаяся в том, что свойства системы как целого не являются простой суммой свойств слагающих ее частей или элементов. По мере объединения компонентов в более крупные функциональные единицы, у последних возникают новые свойства, отсутствовавшие на предыдущем уровне (уровне компонентов). Такие качественно новые, эмерджентные, свойства системного уровня организации нельзя предсказать исходя из свойств компонентов составляющих этот уровень или единицу.

Эмерджентные свойства систем возникают в результате взаимодействия компонентов, а не в результате изменения их природы. Учитывая эмерджентные свойства, для изучения целого не обязательно знать все его компоненты, что очень важно для экологии, так как многие экосистемы включают тысячи компонентов-популяций, досконально изучить, которые не представляется возможным. Поэтому на первое место по значимости выступают интегральные свойства целостных сложных экологических систем: суммарная биомасса, продукция и деструкция отдельных трофических уровней, без знания закономерностей, изменения которых нельзя описать поведение всей системы во времени и прогнозировать ее будущее.

Устойчивость саморегулирующихся систем определяет их способность возвращаться в исходное состояние после небольшого отклонения. В этом случае действует принцип Ле Шателье - Бpaунa: при внешнем воздействии, выводящем систему из устойчивого равновесного состояния, равновесие смещается в том направлении, в котором эффект внешнего воздействия ослабляется.

Существование систем немыслимо без прямых и обратных связей. Прямой называют такую связь, при которой один элемент (А) действует на другой (Б) без ответной реакции. Если ответная реакция существует, то говорят об обратной связи.

Этот тип связи играет существенную роль в функционировании экосистем и определяет их устойчивость и развитие. Обратные связи бывают положительные и отрицательные.

Положительная обратная связь обусловливает усиление процесса в одном направлении. Например, после вырубки леса заболачиваются территории, появляются сфагновые мхи (влагонакопители), заболачивание усиливается. Отрицательная обратная связь вызывает в ответ на усиление действия элемента А увеличение противоположной по направлению силы действия элемента Б. Это наиболее распространенный и важный тип связей в природных экосистем. На них прежде всего базируются устойчивость и стабильность экосистем. Пример такой связи - взаимоотношение между хищником и жертвой. Увеличение численности популяции жертв как кормового ресурса создает условия для размножения и увеличения численности популяции хищников. Последние, в свою очередь, начинают более интенсивно уничтожать жертв, уменьшая их численность, и тем самым ухудшают собственные кормовые условия. В менее благоприятных условиях снижается рождаемость в популяции хищника и через некоторое время численность популяции хищников также уменьшается, в результате чего снижается давление на популяцию жертвы. Такая связь позволяет системе сохраняться в состоянии устойчивого динамического равновесия (т. е. саморегулирования).

Обычно различают три вида систем:

1) изолированные - существующие в определенных границах, через которые не происходит обмен веществ и энергии (такие системы создаются только искусственно);

2) закрытые - обменивающиеся со средой только энергией;

3) открытые - обменивающиеся со средой веществом и энергией (это природные экосистемы).

Наиболее важное значение общей теории систем для экологии как науки состоит в том, что она позволила создать новую научную методологию - системный анализ, при которой природные объекты представляются в виде систем. Последние выделяются исходя из целей исследования. С одной стороны, система рассматривается как единое целое, а с другой - как совокупность элементов. Задачи системного анализа состоят в выявлении:

• связей, которые делают систему целостной;

• связей системы с окружающими объектами;

• процессов управления системой;

• вероятности характера поведения исследуемого объекта (прогноз).

Любая система имеет следующие основные параметры:

• границы;

• свойства элементов и системы в целом;

• структуру;

• характер связей и взаимодействия между элементами системы, а также между системой и ее внешней средой.

Границы - наиболее сложная характеристика системы, обусловленная ее целостностью и определяемая тем, что внутренние связи и взаимодействия гораздо сильнее внешних. Последнее обстоятельство определяет устойчивость системы к внешним воздействиям.

Свойства элементов и системы в целом характеризуются качественными и количественными признаками, которые называют показателями.

Структура системы определяется соотношением в пространстве и во времени слагающих ее элементов и их связей. Пространственный аспект структуры характеризует порядок расположения элементов в системе, а временной отражает смену состояний системы во времени (т. е. показывает развитие системы). Структура выражает иерархичность (соподчиненность уровней) и организованность системы.

Характер связей и взаимодействия между элементами системы и системы с внешней средой представляет собой различные формы вещественного, энергетического и информационного обмена. При наличии связей системы с внешней средой границы открыты, в противном случае закрыты.

Экосистема. Живые организмы и их окружение (абиотическая среда обитания) неразделимо связаны друг с другом и находятся и постоянном взаимодействии, образуя экологическую систему (экосистему).

Экосистема - сообщество живых существ и их среда обитания, образующие единое функциональное целое на основе причинно-следственных связей между отдельными экологическими компонентами.

Основные свойства экосистем определяются их способностью осуществлять круговорот веществ и создавать биологическую продукцию, т. е. синтезировать органическое вещество. Природные экосистемы в отличие от искусственных, созданных человеком, при стабильных условиях окружающей среды могут существовать неограниченно долго, так как способны противостоять внешним воздействиям и поддерживать структурно-функциональное постоянство (гомеостаз). Крупные экосистемы включают в себя экосистемы меньшего ранга.

В зависимости от размеров занимаемого пространства экосистемы обычно подразделяют на:

• микроэкосистемы (небольшой водоем, ствол упавшего дерева в стадии разложения, аквариум и т. д.);

• мезоэкосистемы (лес, пруд, озеро, река и т. д.);

• макроэкосистемы (океаны, континенты, природные зоны и т. д.),

• глобальную экосистему (биосфера в целом).

Крупные наземные экосистемы, характерные для определенных географических природных зон, называются биомами (например, тайга, степь, пустыня и т.д.). Каждый биом включат целый ряд меньших по размерам, связанных друг с другом экосистем.

Экосистема состоит из двух основных блоков. Один из них - комплекс взаимосвязанных между собой популяций живых организмов, т. е. биоценоз, а второй - это совокупность факторов среды обитания, т.е. экотоп. Экосистема является функциональной единицей живой природы, включающей биотическую (биоценоз) и абиотическую (среда обитания) части экосистемы, связанные между собой непрерывным круговоротом (обменом) химических веществ, энергию для которых поставляет Солнце.

Фотосинтезирующие (фотоавтотрофы) организмы (растения, микроводоросли) синтезируют органические вещества из минеральных компонентов почвы, воды и воздуха, используя энергию солнечного света. Образованные в процессе фотосинтеза органические вещества служат растениям источником энергии, необходимым для поддержания своих функций, воспроизводства, а также строительным материалом, из которого они образуют свои ткани (фитомассу). Гетеротрофные организмы (животные, бактерии грибы) в процессе питания используют созданные фотоавтотрофами различные органические соединения для построения своего тела и в качестве источника энергии. В процессе обмена веществ у гетеротрофов происходят высвобождение запасенной химической энергии и минерализация органического вещества до диоксида углерода, воды, нитратов, фосфатов. Поскольку продукты минерализации органического вещества вновь используются автотрофами, возникает постоянный круговорот веществ в экосистеме.

Структура экосистем. Структура любой системы определяется закономерностями в соотношении и связях ее частей. В каждой экосистеме обязательно присутствуют два основных блока элементов: живые организмы и факторы окружающей их неживой среды. Совокупность организмов (растений, животных, микроорганизмов, грибов и т.д.) называют биоценозом или биотой экосистемы. Система взаимоотношений между организмами, а также между биотой и средой обитания, включающей абиотические факторы, определяет структуру экосистемы.

В составе любой экосистемы можно выделить следующие основные компоненты:

- неорганические вещества - минеральные формы углерода, азота, фосфора, вода и другие химические соединения, вступающие в круговорот;

- органические соединения - белки, углеводы, жиры и др.;

- воздушну, водную и субстратную среду, включающую климатический режим (температура и другие физико-химические факторы);

- продуценты - автотрофные организмы, создающие органическую пищу из простых неорганических веществ за счет энергии Солнца (фотоавтрофы), главным образом зеленые растения и одноклеточные микроскопические водоросли в воде, некоторые группы фотосинтезирующих бактерий и хемоавтотрофы, бактерии использующие энергию окислительно-восстановительных реакций (серобактерии, железобактерии и др.);

- консументы - травоядные и хищные гетеротрофные организмы, главным образом животные, которые поедают другие организмы;

- редуценты (деструкторы) - гетеротрофные организмы, преимущественно бактерии и грибы и некоторые беспозвоночные, разлагающие мертвые органические вещества.

Первые три группы компонентов (неорганические вещества, органические вещества, физико-химические факторы) составляют неживую часть экосистемы (биотоп), а остальные - живую часть (биоценоз). Три последних компонента расположенных относительно потока поступающей энергии, представляют собой структуру экосистем. Продуценты улавливают солнечную энергию и переводят ее в энергию химических связей органического вещества. Консументы, поедая продуцентов, используют эту энергию для активной жизнедеятельности и построения собственного тела. В результате вся энергия, запасенная продуцентами, оказывается использованной. Редуценты расщепляют сложные органические соединения до минеральных компонентов, пригодных для использования продуцентами (вода, углекислый газ и др.).

Таким образом, структуру экосистем образуют три основных группы организмов (продуценты, консументы и редуценты), участвующих в кругoворотax твердых и газообразных веществ, трансформации и использовании энергии Солнца.

Одна из общих черт всех экосистем, будь то наземные, пресноводные, морские или искусственные экосистемы, - это взаимодействие автотрофных (продуценты) и гетеротрофных (консументы и редуценты) организмов, которые частично разделены в пространстве (пространственная структура экосистемы).

Автотрофные процессы (фотосинтез органического вещества растениями) наиболее активно протекают в верхнем ярусе экосистемы, где доступен солнечный свет. Гетеротрофные процессы (биологические процессы, связанные с потреблением органического вещества) наиболее интенсивно протекают в нижнем ярусе, в почвах и осадках, где накапливаются органические вещества.

Система пищевых взаимодействий между организмами формирует трофическую структуру (от греч. trophe - питание), которую для наземных экосистем можно разделить на два яруса:

1) верхний автотрофный ярус (самостоятельно питающийся), или "зеленый пояс", включающий растения или их части, содержащие хлорофилл, в котором преобладают фиксация энергии света, использование проcтыx неорганических соединений и накопление сложных органических соединений, и 2) нижний гетеротрофный ярус (питаемый другими), или «коричневый пояс» почв и осадков, разлагающихся веществ, корней и т. п.. в котором преобладаютиспользование, трансформация и разложение сложных органических соединений.

Функционирование автотрофов и гетеротрофов может быть разделено и но времени, так как использование продукции автотрофных организмов гетеротрофами может происходить не сразу, а с существенной задержкой. Например, в лесной экосистеме фотосинтез протекает преимущественно в кронах деревьев. При этом лишь небольшая часть, продуктов фотосинтеза немедленно и непосредственно перерабатывается гетеротрофами, питающимися листвой и молодой древесиной. Основная масса синтезированного органического вещества (в форме листьев, древесины и запасных питательных веществ в семенах, корнях) в конце концов попадает в почву, где эти вещества относительно медленно используются гетеротрофами. Прежде чем будет использовано все это накопленное органическое вещество, могут пройти многие недели, месяцы, годы или даже тысячелетия (если речь идет oб ископаемых видах топлива).

Следует учитывать, что организмы в природе живут для самих себя, а не для того, чтобы играть какую-либо роль в экосистеме. Свойства экосистем формируются благодаря совокупной деятельности входящих в нее растений и животных. Лишь учитывая это, мы можем понять ее структуру и функции, а также то, что экосистема реагирует на изменения факторов среды как единое целое.

Каждая экосистема характеризуется строго определенной видовой структурой - разнообразием видов (видовым богатством) и соотношением их численности или биомассы. Чем больше разнообразие условий среды обитания, тем больше количество видов в биоценозе. С этой точки зрения самыми богатыми по видовому разнообразию являются, например, экосистемы дождевых тропических лесов и коралловых рифов. Количество видов организмов, населяющих названные экосистемы, исчисляется тысячами. А в экосистемах пустынь существует всего несколько десятков видов.

Видовое разнообразие зависит также от возраста экосистем. В молодых развивающихся экосистемах, возникших, например, на безжизненном субстрате песчаных дюн, горных отвалом, пожарищ, количество видов крайне мало, однако по мере развития экосистем видовое богатство увеличивается.

Из общего числа видов, обитающих в экосистеме, обычно лишь немногие доминируют, т. е. имеют большую биомассу, численность, продуктивность или другие показатели значимости для экосистемы. Большая же часть видов в экосистеме характеризуется относительно низкими показателями значимости.

Не все виды одинаково влияют на свое биотическое окружение. Есть виды-эдификаторы, которые в процессе своей жизнедеятельности формируют окружающую среду для сообщества в целом и без них существование большинства других видов в экосистеме невозможно. Например, ель в еловом лесу является видом-эдификатором, так как создает своеобразный микроклимат, кислую реакцию почвы и специфические условия для развития других видов растений и животных, приспособленных к существованию в данных условиях. При смене елового леса (например, после пожара или вырубки) березовым экотоп на этой территории существенно меняется, что определяет смену всего биологического сообщества экосистемы.

Названия экосистем образуются исходя из важнейших параметров, определяющих характерные условия среды обитания. Так, для наземных экосистем названия включают названия видов-эдификаторов или доминирующих видов растений (ельник-черничник, злаково-разнотравные степные экосистемы и др.).

Функционирование экосистем. Экосистемы являются открытыми системами т. е. такими, которые получают энергию и вещество извне и отдают их во внешнюю среду, поэтому важная составная часть экосистемы - внешняя среда (среда на входе и среда на выходе). Живые организмы, входящие в экосистемы, чтобы существовать, должны постоянно пополнять и расходовать энергию. В отличие от веществ, непрерывно циркулирующих по разным компонентам экосистемы, энергия может быть использована только один раз, т. е. энергия проходит через экосистему в виде линейного потока.

Функциональная схема экосистемы отражает взаимодействие трех основных компонентов, а именно: сообщества, потока энергии и круговорота веществ. Поток энергии направлен только в одну сторону. Часть поступающей солнечной энергии преобразуется биологическим сообществом и переходит на качественно более высокую ступень, трансформируясь в органическое вещество. Но большая часть энергии деградирует: пройдя через систему, выходит в виде низкокачественной тепловой энергии называемой тепловым стоком. Энергия может накапливаться в экосистеме, затем снова высвобождаться или экспортироваться, но она не может использоваться вторично. В отличие от энергии биогенные элементы и вода могут использоваться многократно.

Односторонний поток энергии является результатом действия законов термодинамики. Первый закон термодинамики (закон сохранения энергии) гласит, что энергия может переходить из одной формы (солнечный свет) в другую (потенциальная энергия химических связей в органическом веществе), но она не исчезает и не создается заново, т. е. общее количество энергии в процессах остается постоянным. Второй закон термодинамики (закон энтропии) гласит, что в любых процессах превращения энергии некоторая ее часть всегда рассеивается в виде недоступной для использования тепловой энергии, поэтому эффективность самопроизвольного превращения кинетической энергии (например, света) в потенциальную, (например, в энергию химических связей в органическом веществе) всегда меньше 100 %.

Живые организмы преобразуют энергию, и каждый раз, когда происходит превращение энергии (например, переваривание пищи), часть ее теряется в виде тепла. В конечном счете, вся энергия, поступающая в биотический круговорот экосистемы, рассеивается в виде тепла. Однако живые организмы, населяющие экосистемы, не могут использовать тепловую энергию для совершения работы. Для этой цели они используют энергию солнечной радиации, запасенную в виде химической энергии в органическом веществе, созданном продуцентами в процессе фотосинтеза.

Пища, созданная в результате фотосинтетической активности зеленых растений, содержит потенциальную энергию, которая при использовании ее гетеротрофными организмами превращается в другие формы химической энергии.

Большая часть солнечной энергии, попавшей на землю, превращается в тепловую и лишь очень небольшая её часть (в среднем для земного шара не менее 1%) превращается зелёными растениями в потенциальную энергию химических связей в органическом веществе.

Весь животный мир Земли получает необходимую потенциальную химическую энергию из органических веществ, созданных фотосинтезирующими растениями, и большую её часть в процессе дыхания переводит в тепло, а меньшую вновь преобразует в химическую энергию заново синтезируемой биомассы. На каждом этапе передачи энергии от одного организма к другому её значительная часть рассеивается в виде тепла.

Баланс пищи и энергии для отдельного живого организма можно представить так:

Эп = Эд + Эпр+ Эпв, (1)

где Эп – энергия потребления пищи;

Эд – энергия дыхания;

Эпр – энергия прироста;

Эпв – энергия продуктов выделения.

Выделение энергии в виде тепла в процессе жизнедеятельности у плотоядных животных (хищников) невелико, а у травоядных более значительно. Например, гусеницы некоторых насекомых, питающиеся растениями, выделяют в виде тепла до 70 % поглощенной с пищей энергии. Однако при всем разнообразии величин расходов энергии на жизнедеятельность максимальные траты на дыхание составляют около 90 % всей энергии, потребленной в виде пищи. Поэтому переход энергии с одного трофического уровня на другой в среднем принимаем за 10 % энергии, потребленной с пищей. Эта закономерность известна, как правило, десяти процентов. Из этого правила следует, что цепь питания может иметь ограниченное количество уровней, обычно не более 4-5, пройдя через которые, почти вся энергия оказывается рассеянной.

Пищевые цепи. Внутри экосистемы созданное автотрофными организмами органическое вещество служит пищей (источником энергии и вещества) для гетеротрофов. Типичный пример: животное поедает растение. Это животное, в свою очередь, может быть съедено другим животным, и таким путем может происходить перенос энергии через ряд организмов - каждый последующий питается предыдущим, поставляющим ему сырье и энергию. Такая последовательность организмов называется пищевой цепью, а каждое ее звено - трофическим уровнем. Первый трофический уровень занимают автотрофы (первичные продуценты). Организмы второго трофического уровня называются первичными консументами, третьего - вторичными консументами.

Главное свойство цепи питания – осуществление биологического круговорота веществ и высвобождение запасенной в органическом веществе энергии.

Представители разных трофических уровней связаны между собой в пищевые цепи процессами односторонне направленной передачи биомассы (в виде пищи, содержащей запас энергии).

Пищевые цепи можно разделить на два основных типа:

1) Пастбищные цепи, которые начинаются с зелёного растения и идут дальше к пасущимся животным, а затем к хищникам;

2) Детритные цепи, которые начинаются с мелких организмов, питающихся мёртвым органическим веществом, и идут к мелким и крупным хищникам.

Пищевые цепи не изолированы друг от друга, они тесно переплетены в экосистеме образуя пищевые сети.

Для изучения взаимоотношений между организмами в экосистеме и для графического представления этих взаимоотношений удобнее использовать не схемы пищевых сетей, а экологические пирамиды, основанием которых служит первый трофический уровень (уровень продуцентов), а последующие уровни образуют этажи и вершину пирамиды. Экологические пирамиды можно отнести к трём основным типам:

1) пирамиды численности, отражающие численность организмов на каждом трофическом уровне;

2) пирамиды биомассы, характеризующие общую массу живого вещества на каждом трофическом уровне;

3) пирамиды энергии, показывающие величину потока энергии или продуктивность на последовательных трофических уровнях.

Для графического представления структуры экосистемы в виде пирамиды численности сначала подсчитывают число различных организмов на данной территории, сгруппировав их по трофическим уровням. После таких подсчетов становится очевидно, что численность животных прогрессивно уменьшается при переходе от второго трофического уровня к последующим. Численность растений первого трофического уровня тоже нередко превосходит численность животных, составляющих второй уровень. В пирамидах биомасс учитывается суммарная масса организмов (биомасса) каждого трофического уровня, т. е. показаны количественные соотношения биомасс в сообществе

Продуктивность экосистем – образование органического вещества в виде биомассы животных, растений и микроорганизмов, составляющих биотическую часть экосистемы, в единицу времени на единицу площади или объема. Способность создавать органическое вещество (биологическая продуктивность) - одно из важнейших свойств организмов, их популяций и экосистем в целом.

За счет энергии света при фотосинтезе создается основная, или первичная, продукция экосистемы. Первичная продуктивность – это скорость, с которой солнечная энергия усваивается продуцентами (растениями) в процессе фотосинтеза, накапливаясь в форме органических веществ. Иными словами, это величина скорости прироста биомассы растений.

Принято выделять четыре последовательные стадии процесса производства органического вещества:

1) Валовая первичная продуктивность - общая скорость фотосинтеза, т. е. скорость образования всей массы органических веществ продуцентами, включая и то количество органического вещества, которое было израсходовано продуцентами на поддержание деятельности (РG);

2) Чистая первичная продуктивность - скорость накопления органического вещества в растительных тканях за вычетом того органического вещества, которое было синтезировано растениями и использовано на поддержание своей жизнедеятельности (РN);

3) Чистая продуктивность сообщества - скорость накопления органического вещества, не потребленного гетеротрофами (животными и бактериями), в сообществе за конкретный период (например, прирост биомассы растений к концу летнего сезона).

4) Вторичная продуктивность - скорость накопления энергии (в виде биомассы) на уровне консументов (животных), которые не создают органическое вещество из неорганических (как в случае фотосинтеза), а лишь используют органические вещества, полученные с пищей, часть из них расходуя на поддержание жизнедеятельности а остальные превращая в собственные ткани.

Высокие скорости продукции органического вещества встречаются при благоприятных факторах окружающей среды, особенно при поступлении дополнительной энергии извне, уменьшающей собственные затраты организмов на поддержание жизнедеятельности. Например, в прибрежной зоне моря дополнительная энергия может поступать в форме энергии приливов, приносящих малоподвижным организмам частицы органического вещества.

Величина биологической продуктивности является определяющей для большинства систем классификации водоемов по уровню трофности, т. е. обеспеченности питательными веществами для развития биоценоза. Уровень трофности водоема определяется по содержанию основного фотосинтетического пигмента (хлорофилла), по величине общей биомассы и по скорости продукции органического вещества. Согласно этой классификации выделяют четыре типа озер: олиготрофные, эвтрофные, мезотрофные и гипертрофные.

В предложенной системе классификации уровень биологической продуктивности (трофность) водоёмов тесно связан с абиотическими факторами (глубина, цветность, прозрачность водоема, наличие кислорода в придонных слоях воды, кислотность воды (рН), концентрация биогенных элементов и пр.), с географическим положением водоема и характером водосборного бассейна.

Олиготрофные водоёмы (от греч.- незначительный, бедный) содержат незначительное количество биогенных веществ, имеют высокую прозрачность низкую цветность, большую глубину. Фитопланктон в них развит незначительно, так как автотрофные организмы не обеспечены минеральным питанием, главным образом азотом и фосфором. Синтезированное в водоёме органическое вещество (автохтонное вещество) практически полностью (до90..95%) подвергается биохимическому распаду. В результате в донных отложениях количество органического вещества небольшое, поэтому в придонных слоях воды содержание кислорода высокое. В водоеме преобладают пастбищные трофические цепи, микроорганизмов мало и деструкционные процессы выражены слабо. Подобные озера характеризуются большими размерами и большой глубиной.

Эвтрофные водоемы (от греч. eutrophia хорошее питание) характеризуются повышенным содержанием биогенных элементов (азот и фосфор), поэтому фитопланктон обеспечен минеральным питанием и интенсивность продукционных процессов высокая. С увеличением степени эвтрофирования уменьшаются прозрачность и глубина зоны фотосинтеза. В верхних слоях воды часто возникает избыток кислорода благодаря высокой скорости фотосинтеза, тогда как в придонных слоях воды - значительный дефицит кислорода из-за использования его микроорганизмами в процессах окисления органического вещества. В водоеме все большее значение приобретают детритные цепи питания.

Мезотрофный тип (от греч. mesos - средний) - промежуточный тип водоемов между олиготрофным и эвтрофным. Обычно мезотрофные водоемы возникают из олиготрофных и превращаются в эвтрофные. Во многих случаях этот процесс связан с эвтрофикацией - повышением уровня первичной продукции вод благодаря увеличению в них концентрации биогенных элементов, главным образом азота и фосфора. Поступление биогенных элементов в водоемы увеличивается в результате смывания с полей удобрений, а также попадания в них промышленных и коммунальных стоков.

Гипертрофные водоемы (от греч. *hyper* - над, сверх) характеризуются очень высоким уровнем первичной продукции и, как следствие высокой биомассой фитопланктона. Прозрачность и содержание кислорода в водоемах минимальные. Содержание большого количества органического вещества приводит к массовому развитию микроорганизмов, которые преобладают в биоценозе.

Гомеостаз экосистемы. Экосистемы, подобно входящим в их состав популяциям и организмам, способны к самоподдержанию и саморегулированию. Гомеостаз – способность биологических систем противостоять изменениям и сохранять динамическое относительное постоянство состава и свойств. Нестабильность среды обитания в экосистемах компенсируется биоценотическими адаптивными механизмами.

Наряду с потоками энергии и круговоротами веществ экосистему характеризуют развитые информационные сети, включающие потоки физических и химических сигналов, связывающих все части системы и управляющих ею как единым целым. Поэтому можно считать, что экосистемы имеют и кибернетическую природу.

В основе гомеостаза лежит принцип обратной связи, который можно продемонстрировать на примере зависимости плотности популяции от пищевых ресурсов. Обратная связь возникает, если «продукт» (численность организмов) оказывает регулирующее влияние на «датчик» (пищу). В данном примере количество пищевых ресурсов определяет скорость прироста популяции. При отклонении плотности популяции от оптимума в ту или иную сторону увеличивается рождаемость или смертность, в результате чего плотность приводится к оптимуму. Такая обратная связь, уменьшающая отклонение от нормы, называется отрицательной обратной связью.

Помимо систем обратной связи стабильность экосистемы обеспечивается избыточностью функциональных компонентов. Например, если в сообществе имеется несколько видов автотрофов, каждый из которых характеризуется своим температурным оптимумом, то при колебаниях температуры окружающей среды скорость фотосинтеза сообщества в целом будет оставаться неизменной.

Гомеостатические механизмы действуют в определенных пределах, за которыми уже ничем не ограничиваемые положительные обратные связи приводят к гибели системы, если невозможна дополнительная настройка. По мере нарастания стресса система, продолжая оставаться управляемой, может оказаться неспособной к возвращению на прежний уровень.

## 2.2 Основные закономерности функционирования биосферы

Биосферу формируют внешние факторы и внутренние закономерности, что отображено в *законе биогенной миграции атомов* В. И. Вернадского. Миграция химических элементов на поверхности Земли и в биосфере осуществляется при непосредственном участии живого вещества (биогенная миграция) или протекает в среде, геохимические особенности которой обусловлены живым веществом (в настоящее время населяющим биосферу и тем, которое было на Земле в течение всей ее геологической истории).

Согласно описанному закону понимание химических процессов невозможно без учета биогенных и биотических факторов (в том числе эволюционных). Так как человечество воздействует на биосферу и ее живое население, оно тем самым изменяет условия биогенной миграции атомов. Процесс может стать не зависящим от желания человека, саморазвивающимся, и в глобальном размахе неуправляемым. Все это определяет одну из насущных потребностей – сохранение живого покрова Земли в относительно неизменном состоянии. Закон биогенной миграции определяет также необходимость учета воздействий на биоту при различных преобразованиях природы, так как в этих случаях происходят изменения в химических процессах в случае крупных ошибок ведущие к деградации среды – опустыниванию.

Количественная стабильность является неизбежной для живого вещества планеты и это отражается в  *законе константности живого вещества* В. И. Вернадского: количество живого вещества биосферы для данного геологического периода есть константа. Каждая смена количества живого вещества на одной территории биосферы неминуемо повлечет за собой аналогичную по размеру смену на иной территории, но с обратным знаком. Противоположные изменения можно использовать в процессах управления природой, не забывая при этом о том, что не всегда замена бывает адекватной. Чаще высокоразвитые виды в экосистеме вытесняются другими, стоящими на эволюционно более низком уровне, а полезные для человека формы заменяются нейтральными или вредными.

Э. Я. Колчинский в своих работах выделял следующие тенденции эволюции биосферы: постепенное увеличение общей биомассы и продуктивности; прогрессивное накопление аккумулированной солнечной энергии в поверхностных оболочках Земли; увеличение информационной емкости биосферы; усиление биогеохимических функций живого вещества и появление новых функций; расширение сферы действия биотического круговорота и усложнение его структуры.

Присутствие выраженного круговорота веществ, согласно *закону глобального замыкания биогеохимического круговорота*, – обязательное свойство любого этапа развития биосферы.

Биосфере характерна периодическая каскадная глобальная перестройка при которой за короткое время одни виды исчезают безвозвратно и замещаются другими. Каскадное ускорение было отражено в виде *правила* *катастрофического толчка*: катастрофа природного характера ведет к серьезным эволюционным перестройкам, которые адаптируют биосферу к новым условиям среды.

В. Грант в своих трудах говорил о том, что на протяжении кайнозоя число видов оставалось стабильным, что отражается в *законе константности числа видов в ходе стационарной эволюции биосферы*: число народившихся видов в среднем равно числу вымерших, и общее видовое разнообразие в биосфере есть константа. Отсюда следует правило обязательности заполнения экологических ниш.

Экологическая ниша – совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе. Пример правила – возникновение новых заболеваний, например, вирус ВИЧ. ВИЧ был гипотетически предсказан учеными за 10 лет до выявления болезни как гриппоподобный вирус с высокой летальностью заболевших. Основанием для предсказания послужило то, что победа над многими инфекционными болезнями человека высвободила экологические ниши, которые неминуемо должны быть заполнены. Только заполняются они вирусами, подверженными более значительной степенью изменчивости. Еще пример – в бамбучниках о. Сахалин нет мелких хищников, и их экологическую нишу заполнили серые крысы, приобретшие повадки хищников.

## 2.3 Биогеохимические процессы в биосфере как механизм поддержания устойчивости

Термин «биогеохимия» предложен русским ученым В.И. Вернадским и означает область науки об обмене веществ между живым и неживым веществом биосферы («био» относится к живым организмам, а «гео» - к горным породам, воздуху и воде). Геохимия изучает химический состав Земли и миграцию элементов между различными частями биосферы: литосферой, гидросферой и атмосферой.

Для нормального существования большинства экосистем и организмов, их населяющих, максимальное значение имеют круговороты таких элементов, как водород, углерод, азот, сера и фосфор, входящих в состав любого живого вещества.

В круговоротах любых химических элементов и веществ различают две части или два «фонда»:

1) Резервный фонд - большая масса медленно движущихся в биогеохимическом цикле веществ;

2) обменный (подвижный) фонд - меньшая, но более активная масса вещества, для которого характерен быстрый обмен между живыми организмами и их непосредственным окружением.

В целом биогеохимические циклы обычно подразделяют на два основных типа:

1) Круговорот газообразных веществ с резервным фондом в атмосфере или гидросфере (океане);

2) Осадочный цикл с резервным фондом и земной коре. Резервные фонды в атмосфере и гидросфере легко доступны, поэтому такие круговороты относительно устойчивы. Осадочные биогеохимические циклы, как правило, менее стабильны.

Удивительное постоянство процентного содержания различных химических элементов в компонентах экосистемы исторически обусловлено существованием непрерывных и сбалансированных круговоротов веществ, что создает возможность для саморегуляции системы и поддержания ее устойчивости.

Процессы новообразования органического вещества в ходе фотосинтеза и процессы его разрушения (распада) определяют скорость и сбалансированность круговоротов элементов в биосфере и происходят только за счет поступающей извне солнечной энергии. Следовательно, скорость и направление циклического движения элементов в экосистеме определяются потоками энергии, проходящей через биологическое сообщество [35].

Любую экосистему можно представить в виде ряда блоков, через которые проходят различные вещества. В круговоротах минеральных веществ в экосистеме, как правило, участвуют три активных блока: живые организмы, мертвый органический детрит, доступные неорганические вещества в среде обитания.

Рассмотрим биогеохимический циклы азота, фосфора и серы. Биогеохимический цикл азота (биогенного элемента, входящего в состав белков и нуклеиновых кислот) может служить примером очень сложного хорошо сбалансированного цикла газообразного вещества. Биогеохимический цикл фосфора - осадочный цикл с менее совершенной регуляцией круговорота фосфора.

Биогеохимический круговорот серы служит примером функциональной связи между атмосферой, водой и земной корой, так как сера активно циркулирует в каждом из этих «резервуаров» и между ними. В круговoротax азота и серы ключевую роль играют микроорганизмы.

Круговорот азота, включающий как газовую, так и минеральную фазу, несмотря на большое число участвующих в нем организмов, обеспечивает быструю циркуляцию азота (рисунок 5).

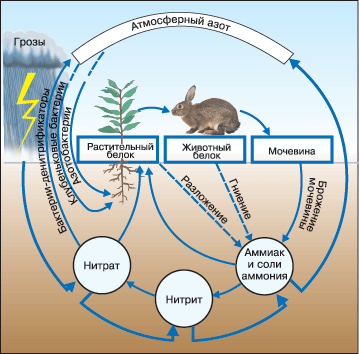


Рисунок 5 - Схема круговорота азота

Основной источник и резервуар азота - атмосфера, масса которой на 79 % состоит из этого элемента. Участие живых организмов в круговороте азота подчинено строгой иерархии: только определенные виды микроорганизмов (бактерий) осуществляют биохимические процессы трансформации соединении азота на отдельных ключевых этапах этого цикла.

Большинство организмов, обитающих в биосфере, непосредственно не может использовать газообразный молекулярный азот (N2). Растения усваивают азот только в составе нитрат - ионов (NО3-) или ионов аммония (NH4+). Нитраты образуются в основном в результате жизнедеятельности микроорганизмов - азотфиксаторов, к которым относятся симбиотические бактерии рода Rhizobium, живущие в клубеньках на корнях бобовых растений, бактерии рода Azotobacter, обитающие в почве; и цианобактерии (сине-зеленые). Все микроорганизмы - азотофиксаторы способны фиксировать атмосферный азот благодаря очень сложному обмену веществ, включающему в качестве катализаторов молибден и гемоглобин. Симбиотические микроорганизмы-азотофиксаторы проникают в ткани корневой системы бобовых растений. Растения обеспечивают симбиотических бактерий местообитанием и пищей (сахарами), а те поставляют растению органический азот, который они синтезируют из газообразного азота. Свободно живущие не симбиотические микроорганизмы - азотофиксаторы (Azotobacter в цианобактерии) также усваивают газообразный азот и переводят его в органическую форму. При этом азот включается в синтезируемые белковые молекулы. После отмирания азотофиксирующих бактерий и минерализации органического вещества азот в нитратной форме (NO3-) обогащает почву.

Животные могут поглощать азот только в составе органических веществ растительного или животного происхождения. По типичным пищевым цепям (растения - травоядные - хищники) органический азот передается от микроорганизмов - азотофиксаторов растениям и всем другим организмам экосистемы. В почвах происходят процессы аммонификации (образования ионов аммония) и нитрификации (образования нитрат - ионов), состоящие из ряда последовательных реакций, в ходе которых при участии разных групп микроорганизмов происходит разрушение мертвого органического вещества.

Молекулярный азот возвращается в атмосферу и биогеохимический цикл азота замыкается в процессе жизнедеятельности бактерий - денитрификаторов рода Pseudomonas, восстанавливающих нитраты до свободного азота и кислорода в бескислородных (анаэробных) условиях.

Нитраты постоянно образуются из молекулярного азота в небольших количествах без участия микроорганизмов-азотфиксаторов при электрических грозовых разрядах в атмосфере. Затем эти нитраты выпадают с дождями на поверхность почвы. Еще одним источником поступления атмосферного азота в биогеохимический цикл - вулканы, компенсирующие потери азота, выключенного из круговорота при осаждении его на дно океанов.

Для того чтобы сопоставить масштабы различных процессов поступления атмосферного азота в биогеохимический цикл, необходимо иметь в виду следующее : среднегодовое поступление нитратного азота абиотического происхождения (грозовые разряды) из атмосферы в почву не превышает 10 кг/га, свободные микроорганизмы- азотофиксаторы вносят до 25 кг/га, в то время как симбиотические азотофиксирующие бактерии Rhizobium в среднем продуцируют до 200 кг/га.

Преобладающая часть азота, содержащегося в органическом веществе, перерабатывается денитрифицирующими бактериями в газообразный азот (N2) и вновь возвращается в атмосферу. Лишь около 10 % минерального азота поглощается из почвы высшими растениями и оказывается в распоряжении многоклеточных организмов.

Круговорот фосфора (рисунок 6). Фосфор входит в состав богатых энергией органических веществ - аденознитрифосфата (АТФ) и аденозиндифосфата (АДФ), являющихся переносчиками и аккумуляторами энергии в клетках растений и животных. Основным источником фосфора для растений служат фосфат-ионы (РО4-). Растения поглощают фосфат-ионы из окружающей среды (почвы или воды) и в процессе биосинтеза включают фосфор в состав оpганических веществ, образующих биомассу растений. Животные, поедая растения, получают фосфор в органической форме. Таким образом, переводя фосфор из минеральной формы в органическую, растения делают его доступным для животных. Круговорот фосфора в биосфере связан с процессами обмена веществ в растениях и животных. Этот важный биогенный элемент, содержание которого наземных частях растений и водорослях варьирует от 0,01 % до 0,1 %, а у животных от 0,1 % до нескольких процентов, в процессе циркуляции постепенно переходит из органических соединений в фосфаты.



Рисунок 6 - Схема круговорота фосфора

Если сравнить содержание фосфора в живом и неживом веществе биосферы, то окажется что диспропорция очень велика. Поэтому фосфор относится к числу наиболее дефицитных биогенных макроэлементов, определяющих развитие жизни.

Естественный биогеохимический круговорот фосфора в биосфере не сбалансирован. Основные запасы фосфора содержатся в горных породах (апатиты, фосфориты), из которых в процессе выщелачивания водорастворимые фосфаты (РО43-) попадают в наземные и водные экосистемы. Попадая в экосистемы суши, фосфор поглощается растениями из водного раствора в виде неорганического фосфат - иона (РО43-) и включается в состав различных фосфорорганических соединений. По пищевым цепям фосфорсодержащее органическое вещество переходит от растений к другим организмам экосистемы. Химически связанный фосфор попадает с остатками растений и животных в почву, где подвергается воздействию микроорганизмов и превращается в минеральные соединения фосфора, доступные растениям в ходе фотосинтеза. Вынос фосфатов из наземных экосистем в континентальные водоемы обогащает последние фосфором. Речной сток ежегодно выносит в Мировой океан около 2 млн. т фосфора.

В морских экосистемах минеральный фосфор переходит в состав фитопланктона, служащего пищей другим организмам моря, и накапливается в тканях морских животных, например, рыб. Часть органических соединений фосфора мигрирует по пищевым цепям в пределах небольших глубин, другая часть опускается на большие глубины в процессе осаждения мертвого органического вещества. Отмершие остатки организмов приводят к накоплению фосфора на разных глубинах. Отсюда следует, что фосфор, попадая в водоемы тем или иным путем, насыщает, а нередко и перенасыщает их экосистемы. Обратное движение фосфора из Мирового океана на сушу и в наземные водоемы ограничено (вылов рыб и других организмов человеком) и не компенсирует вынос фосфора с суши. И только в значительных временных интервалах, когда в процессе тектонического движения земной коры дно океанов становится сушей, происходит замыкание этого биогеохимического цикла.

Круговорот серы. Существуют многочисленные газообразные соединения серы, например сероводород (H2S) и сернистый ангидрид (SO3).

Однако преобладающая часть круговорота этого элемента имеет осадочную природу и происходит в почве и воде. Подробная схема круговорота серы приведена на рисунок 7.

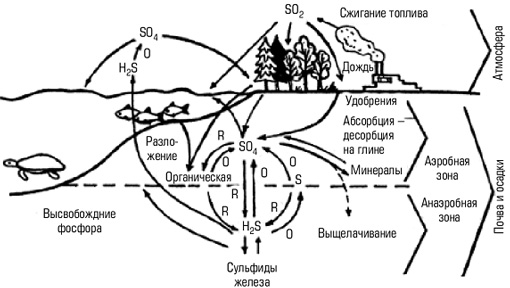


Рисунок 7 - Схема круговорота серы

Основной источник серы, доступный живым организмам, - сульфаты (SO42-). Многие сульфаты растворимы в воде, и это определяет доступность неорганической серы для растений, так как многие элементы (в том числе и сера) могут поступать в живые организмы только в растворенном виде. Растения, поглощая сульфаты, восстанавливают их и вырабатывают незаменимые серосодержащие аминокислоты (метионин, цистеин, цистин), играющие важную роль в создании третичной (пространственной) структуры белков. Животные и микроорганизмы, потребляя растительную биомассу в пищу, усваивают серосодержащие органические соединения.

При разложении мертвого органического вещества (опавшая листва, погибшие организмы, продукты выделения) гетеротрофными бактериями сера вновь переходит в неорганическую форму (преимущественно в виде сероводорода H2S). Некоторые бактерии могут вырабатывать сероводород из сульфатов в анаэробных (бескислородных) условиях. Другая немногочисленная группа бактерий может восстанавливать сероводород до элементарной серы (S).

С другой стороны, существуют бактерии, опять окисляющие сероводород до сульфатов, благодаря чему вновь увеличивается запас серы в доступной для растений форме. Подобные бактерии называются хемосинтезирующими, так как они синтезируют органические вещества за счет энергии окисления простых химических веществ (в данном случае сероводорода). Этим обстоятельством они отличаются от фотосинтезирующих организмов, создающих органические вещества за счет энергии света.

Последняя фаза круговорота серы полностью осадочная (проходящая в осадочных породах). Она характеризуется выпадением в осадок этого элемента в анаэробных условиях в присутствии железа. Таким образом, процесс заканчивается медленным и постепенным накоплением серы в глубоко лежащих осадочных породах.

В целом экосистеме, по сравнению с азотом и фосфором, требуется значительно меньше серы. Поэтому сера реже является лимитирующим фактором для развития растений и животных. Вместе с тем круговорот серы относится к ключевым в общем процессе создания разложения органического вещества биомассы в биосфере. К примеру, при образовании в осадках сульфидов железа фосфор из нерастворимой формы переходит в растворимую и становится доступным для фотосинтезирующих организмов. Это служит наглядным подтверждением того, что один круговорот связан с другим и регулируется им.

Круговорот углерода. Углерод в качестве важнейшего структурного элемента входит в состав любого органического вещества, поэтому его круговорот во многом определяет интенсивность образования и разрушения органического вещества в различных частях биосферы. В природе углерод существует в двух наиболее распространенных минеральных формах - в виде карбонатов (известняков) и в виде подвижной формы углекислого газа (yглекислоты, СО2). В биохимическом круговороте углерода атмосферный фонд углекислого газa относительно невелик (711 млрд. т) в сравнении с запасами углерода в океанах (39000 млрд. т), в ископаемом топливе (12000 млрд. т) и наземных экосистемах (3100 млрд. т).

Приблизительно 93 % углекислого газа находится в океане, который способен удерживать намного больше этого химического соединения, чем другие резервуары. Большая часть углекислоты, поступающей из атмосферы в поверхностные слои морской воды, взаимодействует с водой с образованием угольной кислоты и продуктов ее диссоциации. Таким образом, в океане постоянно существует карбонатная система - сумма всех неорганических растворенных соединений углерода (углекислый газ СО2, угольная кислота Н2СО3 и продукты ее диссоциации).

Все эти соединения связаны между собой и могут превращаться друг в друга в процессе химических реакций при изменении условий окружающей среды. Например, в случае увеличения кислотности воды (при низких значениях рН) молекулы угольной кислоты распадаются на воду Н2О и углекислый газ СО2, при этом последний может удаляться из океана в атмосферу. Щелочные условия, наоборот, способствуют образованию карбонат - ионов (СОз2-), труднорастворимых карбонатов кальция (СаСО3) и магния (MgCO3), которые в виде осадка опускаются на дно и на какое-то время выводят углерод из круговорота в океане.

Как видно из рисунка 8, содержащийся в атмосфере или гидросфере углерод (в виде углекислого газа СО2) в процессе фотосинтеза включается в органическое вещество растений и далее по пищевой цепи попадает в организмы животных и микроорганизмы. Обратный процесс перехода углерода из органической формы в минеральную происходит во время дыхания всех организмов животных, и растений (окисление органического вещества до углекислого газа (СО2) и воды (Н2О)). Процесс высвобождения углекислого газа из органического вещества происходит не сразу, а постепенно, частями на каждом трофическом уровне. В почве очень часто биогеохимический цикл углерода замедляется, так как органические вещества минерализуются не полностью, а трансформируются в органические комплексы - гумус.

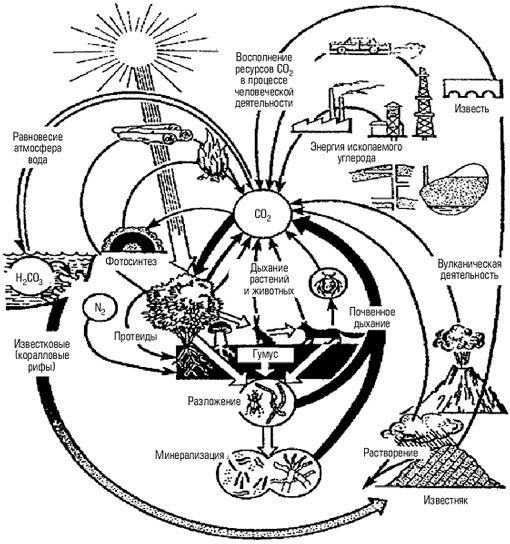


Рисунок 8 - Схема круговорота углерода (серые прямоугольники - резервные фонды углерода)

Особенность функционирования наземных экосистем - значительное и относительно долговременное накопление органической формы углерода в биомассе растений и животных, а также в гумусе. Таким образом, биомасса наземных экосистем также может рассматриваться как значительный запас углерода в биосфере.

Океаническая ветвь биогеохимического цикла углерода имеет свои особенности, которые, учитывая значительный объем содержащегося в воде углерода, определяют важную роль Мирового океана в круговороте данного элемента. В водной среде в отличие от наземных экосистем основными фотосинтезирующими организмами являются одноклеточные микроскопические водоросли, парящие в водной толще (фитопланктон).

Жизнедеятельность организмов фитопланктона достаточно активна и сопровождается как накоплением органического углерода в виде биомассы, так и выделением растворенного органического углерода. Животные и бактерии потребляют эти органические формы углерода.

Особенностью функционирования водной экосистемы является быстрый переход органических форм углерода по пищевой цепи от одних организмов к другим. В отличие от наземных экосистем в океане не образуются значительные запасы органического углерода в биомассе живых организмов. Большая часть органического углерода в гидросфере вновь потребляется и в конце концов окисляется до минеральной формы - углекислого газа (СО2). Другая часть мертвого органического вещества (детрит) под действием силы тяжести оседает в глубокие слои водной толщи и откладывается на дне, где может долгое время сохраняться в виде органических осадков.

Небольшая часть органического вещества и содержащегося в нем углерода, по терминологии В. И. Вернадского, ускользает от круговорота и «уходит в геологию» - в отложения в виде торфа, угля, нефти и известняка в водных экосистемах.

В целом в биосфере в постоянном круговороте находится около 0,2 % мобильного запаса углерода. Углерод биомассы обновляется за 12 лет, атмосферы - за 8 лет, что подтверждает высочайшую сбалансированность биогеохимического цикла углерода.

## 2.4 Адаптация биосистем к стрессовым воздействиям среды

***Адаптации****–*  это приспособления к среде обитания, производящиеся у организмов в ходе эволюции. Адаптации имеют все шансы проявляться на различных уровнях организации живой материи - от молекулярного до биоценотического и развиваются под действием 3-х главных причин: наследственность, изменчивость и естественный (или искусственный) отбор. Способность к адаптации – одно из главных параметров живой материи, обеспечивающее возможность ее существования.

Существуют три основных пути приспособления организмов к условиям окружающей среды: активный путь, пассивный путь и избегание неблагоприятных воздействий.

**Активный путь***–* усиление сопротивляемости, развитие регуляторных процессов, позволяющих осуществлять все жизненные функции организма, несмотря на отклонения фактора от оптимума. К примеру, поддержание постоянной температуры тела у теплокровных животных (птиц и млекопитающих), оптимальной для протекания биохимических процессов в клетках.

**Избегание неблагоприятных воздействий***–* выработка организмом таких жизненных циклов и поведения, которые позволяют избежать неблагоприятных воздействий. Например, сезонные миграции животных.

**Пассивный путь***–* подчинение жизненных функций организма изменению факторов среды Покой может быть разным по глубине и продолжительности, многие функции организма при этом ослабевают или не выполняются совсем, так как уровень обмена веществ падает под влиянием внешних и внутренних факторов. При глубоком подавлении обмена веществ организмы могут вообще не проявлять видимых признаков жизни. Полная временная остановка жизни получила название ***анабиоза****.* В состоянии анабиоза организмы становятся устойчивыми к разнообразным воздействиям. Гораздо шире распространены в природе другие формы покоя, связанные с состоянием пониженной жизнедеятельности в результате частичного угнетения метаболизма. Формы покоя в состоянии пониженной жизнедеятельности делят на *гипобиоз* (*покой вынужденный*) и *криптобиоз* (*покой физиологический*).

При *гипобиозе* торможение активности, или оцепенение, возникает под прямым давлением неблагоприятных условий (при недостатке тепла, воды, кислорода и т. п.) и прекращается почти сразу после того, как эти условия возвращаются к норме (некоторые морозостойкие виды членистоногих (коллемболы, ряд мух, жужелицы и др.) зимуют в состоянии оцепенения, быстро оттаивая и переходя к активности под лучами солнца, а затем вновь теряют подвижность при снижении температуры).

*Криптобиоз* – принципиально другой тип покоя, он связан с комплексом физиологических перестроек, которые происходят заблаговременно, до наступления неблагоприятных сезонных изменений, и организмы оказываются к ним готовы. Криптобиоз широко распространен в живой природе (характерно, например, для семян растений, цист и спор различных микроорганизмов, грибов, водорослей, спячка млекопитающих, глубокий покой растений). Состояния гипобиоза, криптобиоза и анабиоза обеспечивают выживание видов в природных условиях разных широт, часто экстремальных, позволяют сохранять организмы в течение длительных неблагоприятных периодов, расселяться в пространстве и во многом раздвигают границы возможности и распространенияжизни в целом.

Обычно приспособление вида к среде осуществляется тем или иным сочетанием всех трех возможных путей адаптации.

Основные механизмы адаптации на уровне организма:

***Биохимические адаптации***– изменения во внутриклеточных процессах (например, смена работы ферментов или изменение их количества).

***Морфо-анатомические адаптации****–* изменения в строении организма (например, видоизменение листа в колючку у кактусов для снижения потерь воды, яркая окраска цветков для привлечения опылителей и др.). Морфологические адаптации у растений и животных приводят к образованию определенных жизненных форм.

***Физиологические адаптации –*** изменения в физиологии организма (например, способность верблюда обеспечивать организм влагой путем окисления запасов жира, наличие целлюлозоразрушающих ферментов у целлюлозоразрушающих бактерий и др.).

***Этологические (поведенческие) адаптации****–* изменения в поведении (например, сезонные миграции млекопитающих и птиц, впадение в спячку в зимний период, брачные игры у птиц и млекопитающих в период размножения и др.). Этологические адаптации характерны для животных.

***Онтогенетические адаптации***– ускорение или замедление индивидуального развития, способствующие выживанию при изменении условий. Они не связаны с генетическими мутациями и не передаются по наследству. Формирование такого рода адаптаций требует сравнительно много времени, поэтому их называют долговременными адаптациями. Одним из таких механизмов является способность ряда растений формировать водосберегающий путь фотосинтеза CAM-типа в условиях водного дефицита, вызванного засухой, засолением, действием низких температур и других стрессорами.

## 2.5 Восстановление естественных экосистем после их разрушения. Понятие о сукцессии

Сукцессия (от лат. Successio — преемственность, наследование) — процесс саморазвития сообществ. В основе сукцессии лежит неполный биологический круговорот в данном сообществе. В ходе сукцессии изменяется окружающая среда под действием сообщества живых организмов и в экосистемах одни виды заменяются другими. В отсутствие внешних нарушающих процессов сукцессия является направленным, закономерным и предсказуемым процессом изменения экосистемы в сторону большей стабильности и сбалансированности.

Любой живой организм в результате жизнедеятельности изменяет около себя среду, изымая из нее часть веществ и питая ее продуктами метаболизма. При продолжительном существовании популяций имеются негативные изменения в среде, в следствии чего одни виды оказываются вытесненными популяциями иных видов, для которых новейшие преобразования среды оказываются экологически выгодными. Таким образом, на базе конкурентных взаимодействий видов наблюдается последовательное формирование наиболее стойких комбинаций, соответствующих данным абиотическим условиям среды.

Сукцессия - результат изменения развивающимся сообществом организмов физико-химической среды и взаимодействий типа «конкуренция-сосуществование» на популяционном уровне. Таким образом, сукцессия контролируется сообществом, несмотря на то, что физическая среда определяет характер и скорость изменений, а часто и ограничивает пределы развития. Если сукцессионные изменения определяются преимущественно внутренними взаимодействиями, то говорят об аутогенной (т. е. саморазвивающейся) сукцессии. Если же на процессы сукцессионных изменений регулярно воздействуют или контролируют их факторы окружающей среды (штормы, пожары и т. д.), то такую сукцессию называют аллогенной (порожденной извне).

Процесс сукцессии начинается в результате изменений фундаментальных свойств среды обитания, происходящих под влиянием комплекса факторов. Такие факторы могут быть естественными (отступление ледников, наводнения, землетрясения, извержения вулканов, пожары) или антропогенными (расчистка лесных угодий, распашка участков степи, создание водохранилищ, загрязнение среды).

Последовательный ряд постепенно и закономерно сменяющих друг друга в сукцессии сообществ называется сукцессионной серией.

В природе сукцессии могут иметь разные масштабы. В том числе и в стабильных экосистемах с отлично отрегулированным круговоротом веществ постоянно осуществляется огромное количество локальных сукцессионных смен, поддерживающих сложную внутреннюю структуру сообществ.

Обычно различают первичные и вторичные, автотрофные, гетеротрофные, аллохтонные и автохтонные сукцессии.

Первичные сукцессии начинаются всякий раз, когда заселяются пустынные места обитания. Это могут быть голые скалы, остывшая вулканическая лава, песчаные дюны. Первыми, как правило, на таких пустынных местах появляются лишайники, за ними следуют мхи и неприхотливые однолетние травы, затем двухлетние и многолетние растения, кустарники и, наконец, - деревья. Течение этого процесса определяется скоростью накопления почвенного слоя и повышения влажности.

Таким образом, первичная сукцессия на суше начинается с почвообразования, проявляющегося в физическом и химическом выветривании, ведущем к разрыхлению поверхности материнских горных пород, таких как базальты, гнейсы, граниты, известняки, песчаники, сланцы. Этот слой, образовавшийся в результате выветривания, постепенно заселяется автотрофными микроорганизмами и лишайниками, которые преобразуют субстрат и обогащают его органическими веществами. В результате жизнедеятельности лишайников в первичной почве накапливаются важнейшие элементы питания растений: фосфор, кальций, калий и др. На этой почве теперь могут поселиться травянистые растения, способные сформировать растительные сообщества, определяющие основу биогеоценоза.

Примером первичной сукцессии могут служить исторически зафиксированные процессы восстановления экосистемы на острове Кракатау в Индонезийском море. В ходе катастрофического извержения вулкана Кракатау в конце XIX в. большая часть острова была уничтожена взрывом, а сохранившаяся часть была покрыта 60-метровым слоем лавы и горячего вулканического пепла. Все живое на острове было уничтожено. Год спустя прибывшие на остров ученые обнаружили несколько видов травянистой растительности и один вид пауков. Через 25 лет на острове обитало уже 202 вида животных и растений; через 36 лет - 621 вид. А через 50 лет там насчитывалось 880 видов организмов, к тому же на острове рос молодой тропический лес.

Сукцессии со сменой растительности могут быть первичными; они начинаются на лишенных жизни местах, и вторичными — восстановительными (рисунок 9).

Сначала изменения происходят стремительно. Потом скорость сукцессии понижается. Ростки березы образуют насыщенную поросль, которая затеняет землю, и даже если совместно с березой прорастают семена ели, ее ростки, оказавшись в не очень благоприятных условиях, сильно отстают от березовых. Светолюбивая береза — суровый соперник для ели. Кроме всего прочего специфические биологические особенности березы предоставляют ей преимущества в росте. Березу называют «пионером леса», пионерной породой, потому что она практически постоянно первой поселяется на нарушенных почвах и обладает широким спектром приспособляемости.

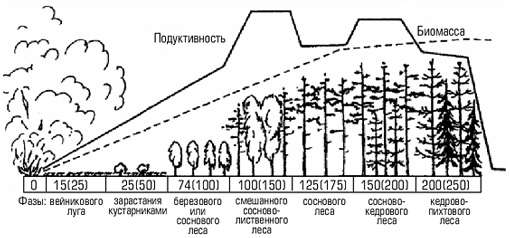


Рисунок 9 - Вторичная сукцессия сибирского темно-хвойного леса (пихтово-кедровой тайги) после опустошительного лесного пожара: числа в прямоугольниках — колебания в длительности прохождения фаз вторичной сукцессии (в скобках указан срок их окончания). Биомасса и биологическая продуктивность показаны в произвольном масштабе (кривые отражают качественную и количественную стороны процесса)

Березки в возрасте 2-3 лет способны достигать высоты 100- 120 см, вместе с тем елочки в этом же возрасте чуть дотягивают до 10 см. Постепенно, к 8-10 годам, березы сформировывают стойкое березовое насаждение высотой до 10-12 м. Под развивающимся пологом березы начинает расти и ель, образуя подрост различной степени густоты. Изменения происходят и в нижнем, травяно-кустарничковом ярусе. Равномерно, по мере смыкания крон березы, светолюбивые виды, характерные для исходных стадий сукцессии, начинают исчезать уступая место теневыносливым.

Изменения касаются и животного компонента биоценоза. На первых стадиях поселяются березовая пяденица и майские хрущи, позднее многочисленные птицы — пеночка, зяблик, славка, мелкие млекопитающие — еж, землеройка, крот. Изменение условий освещения начинает благоприятно сказываться на молодых елях, которые ускоряют свой рост. Если на ранних этапах сукцессии прирост елочек составлял 1-3 см в год, то по прошествии 10-15 лет он достигает уже 40-60 см. Где-то к 50 годам ель догоняет березу в росте, и образуется смешанный елово-березовый древостой. Из животных появляются зайцы, лесные полевки и мыши, белки. Сукцессионные процессы заметны и среди птичьего населения: в таком лесу поселяются иволги, питающиеся гусеницами.

Смешанный елово-березовый лес равномерно заменяется еловым. Ель перегоняет в росте березу, создает существенную тень, и береза, не выдержав конкурентной борьбы, равномерно выпадает из древостоя.

Таким образом, происходит сукцессия, при которой сначала березовый, а потом смешанный елово-березовый лес заменяется чистым ельником. Природный процесс смены березняка ельником продолжается более 100 лет.

Вторичная сукцессия. Характерна, для мест, где ранее существовали биологические сообщества, которые были частично или полностью разрушены в результате естественных (пожары, наводнения) либо антропогенных причин (вырубки, загрязнение среды), но в почве или донных отложениях сохранились семена растений, споры бактерий и грибов.

Примером вторичных сукцессионных изменений может служить зарастание заброшенных сельскохозяйственных угодий или восстановление лесных массивов. В лесной зоне на и исходно безжизненной территории сначала появляются организмы - пионеры, например мхи или корковые водоросли, лишайники. За ними следует растительность, представленная в основном травами, а затем появляются кустарники и деревья-пионеры (береза, осина ива). Для последних характерен быстрый рост. Под пологом этих деревьев создаются условия для поселения теневыносливой ели, которая постепенно догоняет в росте стареющие лиственные деревья и выходит в верхний ярус, вытесняя светолюбивые виды деревьев и кустарников. Соответственно на каждой стадии сукцессии меняется и животный мир.

Смена стадий сукцессии, которые называются сериями, идет в соответствии с определенными правилами. Так, каждая предыдущая стадия сукцессии подготавливает среду для возникновения последующей. При этих изменениях в экосистеме постепенно возрастают видовое многообразие и ярусность. Вслед за растениями в сукцессию вовлекаются представители животного мира, а развивающийся биоценоз становится более богатым видами. Цепи питания в нем усложняются, развиваются и превращаются в сети питания.

Различают также автотрофные и гетеротрофные сукцессии. Автотрофная сукцессия характерна для случаев заселения новых территорий или создания водохранилищ. Она начинается с несбалансированного сообщества, в котором величина суммарной валовой первичной продуктивности (Р) превышает величину суммарного дыхания сообщества (R), т. е. на начальной cтадии автотрофной сукцессии скорость образования органического вещества в ходе фотосинтеза существенно превышает скорость его расходования в процессе дыхания всех обитающих в экосистеме организмов (Р / R > 1). По мере развития экосистемы скорости их процессов сравниваются и отношение P/R стремится к 1, что свидетельствует о сбалансированности процессов синтеза и распада органического вещества в зрелой стадии развития экосистемы. Общие закономерности автотрофной сукцессии можно наблюдать и в природной лесной экосистеме, и в условиях лабораторных микроэкосистем (микрокосмов): величины чистой первичной продуктивности органического вещества возрастают на ранних стадиях развития сообщества, но убывают - на поздних. Однако скорость изменений этих важнейших интегральных характеристик состояния экосистемы (продукция, деструкция) и время, необходимое для достижения стабильного состояния экосистем, варьируют.

Гетеротрофная сукцессия начинается тогда, когда существует запас доступного гетеротрофным организмам мёртвого органического вещества, и затраты на дыхание сообщества (R) на начальной стадии развития сообщества превалируют над валовой первичной продуктивностью (P/R < 1). Этот тип сукцессии наблюдается в условиях, когда в начале сукцессии продуценты практически отсутствуют, а доминирующими в биоценозе являются гетеротрофы.

Примером подобной сукцессии может служить развитие сообщества водных организмов в лабораторных условиях на сенном отваре. В начальный момент лабораторной модели сукцессии в стерильный сенной отвар вносят одну каплю воды из водоема (пруда, реки, озера). В этой исходной капле воды находятся как гетеротрофные организмы (бактерии, простейшие, ракообразные), так и первичные продуценты (фитопланктон). Однако исходные условия среды более благоприятны для развития гетеротрофных организмов (запас готового органического вещества), поэтому в первые несколько часов в лабораторной модели гетеротрофной сукцессии на сенном отваре происходит интенсивное развитие гетеротрофных бактерий, а через определенное время (несколько суток) последовательно доминируют различные виды гетеротрофных организмов, использующих бактерии в пищу: простейшие, коловратки, организмы микрозоопланктона и др. И только на 90-120-е сутки, когда исходный запас готового органического вещества в лабораторном микрокосме закончился, начинают интенсивно развиваться и доминировать автотрофные организмы (микроводоросли, сине-зеленые бактерии).

В рассмотренном примере лабораторной гетеротрофной сукцессии количество доступной для жизнедеятельности гетеротрофных организмов энергии (исходного органического вещества) максимально вначале, а затем уменьшается. Если не добавлять дополнительное количество органического вещества в лабораторный микрокосм, то по мере разрушения органического вещества гетеротрофами и высвобождения из него энергии сукцессионный ряд (ряд последовательно сменяющихся доминирующих видов) заканчивается и лабораторная экосистема прекращает своё существование: все организмы погибают или переходят в покоящиеся стадии (споры). В природных экосистемах гетеротрофные сукцессии заканчиваются не распадом биологического сообщества, а переходом к автотрофной фазе сукцессии.

Другим примером гетеротрофной сукцессии может быть река, загрязненная большим количеством органических отбросов (стоки с ферм). Избыточное органическое вещество, поступающее в экосистему, активно используется гетеротрофами. При этом в результате жизнедеятельности автотрофных организмов создается значительно меньше органического вещества, чем его разрушается в экосистеме.

Процесс сукцессионных изменений в экосистеме всегда направлен в сторону выравнивания или сбалансированности процессов новообразования и разрушения органического вещества. Если процесс сукцессионных изменений не нарушается вмешательством извне (вырубки, пожары, выпас скота, антропогенное воздействие), то в конце концов образуется устойчивое климаксное сообщество. Дальнейшие изменения в таком сообществе происходят, и оно может существовать неопределенно долгое время Климакс экосистем определяется местными климатическими условиями. При отсутствии лимитирующих факторов все сукцессионные изменения заканчиваются климаксом. Тайга, тундра, саванна, степь. Пустыня – примеры климаксных экосистем, характерных для конкретных природных зон. Однако реальная возможность произрастания тех или иных видов в данном климате зависит от почвенных условий. Поэтому, хотя все сукцессии в данной климатической области стремятся к одному и тому же климаксу, тип почвы, рельеф местности, расположение водоемов могут помешать сукцессии дойти до конца. Подобного рода климакс, называется почвенным или эдафическим.

По мнению некоторых исследователе, все сукцессии в данном климатогеографическом районе при наличии достаточного времени приведут к одному и тому же климаксу (моноклимаксная теория). По мнению других, такая возможность существует лишь теоретически, а в реальных условиях сукцессия прекращается, достигая различных эдафических климаксов (поликлимаксная теория).

Например, типичная климаксная экосистема Подмосковья - дубрава с подлеском орешника и с доминированием осоки в травяном покрове. Однако практически на всей территории Московской области наземные лесные сообщества испытывают частые антропогенные нарушения, и в результате климаксная экосистема (дубрава) занимает относительно небольшую часть территории области.

Для завершения большинства сукцессии требуются сотни и тысячи лет. Например, в лесной зоне умеренного пояса Европейской части России для завершения сукцессии, начавшихся на голом месте, требуется от 200 до 1000 лет. Длительность конкретной сукцессии зависит от местных условий. В водоемах с сильным течением или на крутых склонах гор в результате отмирания животных и растений откладывается относительно меньше органического вещества, чем на более ровных участках поверхности земли и в водоемах с медленным течением. В итоге скорость сукцессии резко замедляется.

В других случаях на сообщество периодически действуют внешние силы, нарушающие течение сукцессии (пожары, вырубки, наводнения и т. д.). Каждое такое нарушение отбрасывает сообщество в своем развитии на предыдущие стадии сукцессии. Если при этом растительность и почва не полностью уничтожены, то начинаются вторичные сукцессии. В итоге климаксное сообщество будет занимать лишь небольшие участки территории, где никаких катаклизмов и антропогенных вмешательств не происходило.

Изменение сообщества в ходе сукцессии. По мере замены одного биологического сообщества другим в ходе сукцессии, прежде всего изменяется его видовой состав. Среди видов различают виды доминанты (господствующие в сообществе) и виды-эксплеренты, которые конкурентно слабее доминантов и тем не менее быстро захватывают участки экосистемы с нарушенным растительным покровом.

Среди номинантов выделяют виды-эдификаторы, в наибольшей степени формирующие характерную для сообщества среду. Существуют еще виды-ценофобы (виды-сорняки), которые поселяются на участках, лишенных растительности, еще до появления пионерных видов сукцессионного ряда. Ценофобы поселяются на пустырях, свалках и других местах, где растительность уничтожена человеком. От пионерных видов ценофобы отличаются тем, что их присутствие не обязательно для последующих стадий сукцессии. В любом сообществе время от времени появляются участки, лишенные растительного покрова, поэтому растения ценофобы могут присутствовать на всех стадиях сукцессии.

В ходе сукцессии более простые биологические сообщества, характерные для начальных стадий развития сукцессии (с низким видовым разнообразием, простой пространственной структурой, несбалансированным приходом и расходом энергии и вещества), сменяются сообществами с более сложной структурой.

Обычно в ходе сукцессии увеличивается биомасса сообщества, сложным образом изменяется видовое разнообразие (на ранних стадиях оно быстро растет, на промежуточных достигает одного или нескольких максимумов, а по достижении климакса снижается). Виды, являющиеся r-стратегами, первыми захватывают освободившиеся участки территорий с избытком пищевых ресурсов, но позднее, когда свободных ресурсов становится меньше и усиливаются конкурентные взаимоотношения между видами, r-стратеги вытесняются К-стратегами.

Рассмотрим важнейшие закономерности изменения во времени, т. е. динамики, основных интегральных структурно-функциональных характеристик состояния экосистемы (валовой и чистой первичной продуктивности PG и PN) деструкции (R), биомассы (В), численности видов (N) в ходе автотрофной аутогенной (саморазвивающейся) сукцессии. Причем изменения состояния экосистемы в ходе автотрофной сукцессии представим в отношении энергетического баланса, круговоротов веществ, видовой структуру сообщества и стабильности экосистемы в целом.

Изменения в энергетическом балансе:

• возрастают биомасса (В) и количество мертвого органически го вещества (детрита);

• возрастает валовая первичная продуктивность (PG) - скорость образования органического вещества в ходе фотосинтеза;

• увеличивается дыхание сообщества (R) - скорость разрушения органического вещества в ходе процессов жизнеобеспечения организмов;

• уменьшается величина чистой продуктивности (PN) органического вещества (PN = PG - R);

• увеличивается сбалансированность процессов синтеза и распада органического вещества - величина коэффициента (PN/R) стремится к 1.

Изменения круговоротов биогенных элементов:

• становятся все более замкнутыми в пределах экосистемы (т. е. повышается эффективность трансформации и повторного использования веществ в сообществе);

• увеличиваются время оборота и запас биогенных элементов в экосистеме (скорость оборота элементов снижается, так как большая их часть заключена в химически связанном виде в составе биомассы или детрита).

Изменения видовой структуры сообщества:

• становится другим видовой состав сообщества (пионерные виды, первыми заселяющие безжизненные территории, подготавливают условия для существования последующих группировок видов);

• возрастает видовое разнообразие;

• на ранних стадиях развития экосистемы доминируют r-стратеги (с J-образным характером роста популяции), а на более поздних стадиях - К-стратеги (с S- образным характером роста популяции);

• кроме того, усложняются и удлиняются жизненные циклы организмов, составляющих биоценоз экосистемы.

Изменение стабильности экосистемы выражается в возрастании устойчивости биологического сообщества к различным воздействиям извне в результате адаптивных структурных изменений (изменения видовой структуры направлены на уменьшение негативного воздействия).

Существует классификация различных типов экосистем, основанная на интенсивности метаболизма сообществ (совокупности процессов использования вещества и энергии в ходе активной жизнедеятельности биосистем) и на сопоставлении сбалансированности интегральных процессов новообразования и разрушения органического вещества [29].

На ранних стадиях сукцессии скорость валовой первичной продуктивности (Р) и общего дыхания сообщества (R) существенно различаются: P/R > 1 при автотрофной сукцессии и P/R<1 при гетеротрофной сукцессии. В обоих случаях величина P/R приближается к единице по мере развития сукцессии. Иными словами, в зрелой, климаксной, экосистеме наблюдается динамическое равновесие между связанной энергией (продуктивность органического вещества - Р) и энергией, затрачиваемой на поддержание жизнедеятельности организмов (т. е. суммарным дыханием биологического сообщества). Таким образом, отношение P/R является функциональным показателем стадии сукцессии или относительной зрелости экосистемы.

Графически равновесные состояния экосистем при разных уровнях продуктивности и дыхания в сообществах можно изобразить в виде прямой, составляющей угол 45° с осями координат Р и R. На диаграмме показано положение разных экосистем в системе классификации, основанной на метаболизме сообществ.

Климаксные сообщества обладают большим видовым разнообразием, сложной трофической структурой, сбалансированностью процессов продукции и распада органического вещества, поэтому они способны в гораздо большей степени противостоять негативным воздействиям физических факторов (температур влажность) и даже некоторым видам химических загрязнений по сравнению с сообществами на ранних сукцессионных стадиях. Однако молодое биотическое сообщество способно продуцировать новую биомассу с гораздо большей скоростью, чем сообщество, находящееся в стадии климакса. Поэтому с экономической точки зрения наиболее эффективно использование возобновимых природных ресурсов (биомассы) в молодых развивающихся экосистемах, находящихся на ранних стадиях сукцессии.

Устойчивость биотического сообщества, находящегося на стадии климакса, его способность противостоять воздействию физических факторов являются очень важными и весьма желательными для человека свойствами. Во имя нашего собственного благополучия большинство природных ландшафтов должно быть сохранено вместе с формировавшимися на протяжении веков биологическими сообществами.

Ни один вид растений или птиц не имеет возможности процветать на протяжении всей сукцессии. По мере подъема древостоя животное население сильно меняет собственный состав. Появляющиеся хищники и паразиты держат под контролем видовую структуру биоценоза. Потому поочередная и непрерывная смена видов во времени — характерная черта основной массы сукцессионных процессов. На протяжении сукцессии биомасса живых организмов растет, а круговорот веществ увеличивается.

Большая часть сукцессий, наблюдаемых в настоящее время, антропогенные, то есть они происходят в результате действий человека оказываемых на естественные экосистемы. Это затопление почв, выпас скота, появление источников возгорания, рубка лесов, распашка территорий, опустынивание и так далее.

## 2.6 Понятие о «пределах роста». Уровни потенциальной ёмкости Земли

В 1972 году Римский клуб опубликовал доклад Донеллы Медоуз, Денниcа Медоуз, Йоргена Рандерс и Уильяма Беренс III содержащий модели роста человеческой популяции и исчерпания природных ресурсов.

Основной целью создания модели было определить, какие из закономерностей поведения будут наиболее характерными для мировой системы при её приближении к пределам роста.

Книга предназначалась широкой аудитории и не ставила задачу полного математического описания выполненных расчётов. Полный доклад с описанием реализации компьютерной модели был выпущен в 1974 году в виде книги Meadows Dennis L. «Dynamics of Growth in a Finite World».

Модель 1972 года рассчитывала 9 основных переменных:

* Невозобновляемые ресурсы;
* Промышленный капитал;
* Сельскохозяйственный капитал;
* Капитал сферы услуг;
* Свободная земля;
* Сельхозугодья;
* Городская и промышленная земля;
* Не удаляемые загрязнители;
* Народонаселение.

В книге авторы представили 12 сценариев развития человечества: пять из них приводили к пику населения Земли на уровне 10-12 млрд. человек с последующим катастрофическим обвалом популяции до 1-3 млрд. при резком снижении уровня жизни. Остальные 7 сценариев условно разделяются на 2 «благоприятных» и 5 «менее благоприятных».

Ни один из сценариев не приводил к «концу цивилизации» или «вымиранию человечества».

Г. Хардин писал о том, что потенциальную ёмкость планеты относительно человека можно оценить в 50 млрд., это в 9 раз меньше современного населения. Питание только хлебом олицетворяет минимальный прожиточный уровень; вино и говядина всегда были символом более высокого уровня жизни, а значит и более высоких требований к окружающей среде. Когда земли реорганизуются в виноградники, а сельскохозяйственные угодья, предназначенные ранее для выращивания пшеницы, отходят на производство корма крупному рогатому скоту, человек получает меньше калорий с единицы площади. Подобное снижение потенциальной ёмкости экосистем называют *культурной потенциальной ёмкостью*. Она всегда меньше, чем простая потенциальная ёмкость экосистем. Отказавшись от роскоши и экономя энергию, можно обеспечить хлебом большее число людей. Люди могли бы увеличить простую потенциальную ёмкость территории, отказавшись от некоторых «роскошей»: частных автомобилей, освещения улиц, кондиционеров, театра, музыки, отопление зданий. В конце 2011 г. численность населения Земли превысила 7 млрд. человек. Что такое «потенциальная ёмкость Земли» – научный вопрос. С научной точки зрения можно принять поддержание жизни 50 миллиардов людей на «хлебном» уровне. Но это именно то, чего мы хотим?

Рассмотрим в качестве примера лес из калифорнийских мамонтовых деревьев (Sequoia sempervirens). Охраняемые в лесопарке деревья, не используются для производства продуктов питания или пиломатериалов для строительства домов. Так как чтобы посетить такой лес людям приходится преодолевать большие расстояния, то мы имеем чистый убыток в национальном энергетическом балансе. Однако те, кто смог побывать в лесопарке, отдают себе отчет в том, что лес дает нечто ценное для человеческого духа. Но вдруг придёт призыв из страны третьего мира, где миллионы людей голодают, по причине превышения потенциальной ёмкости территории страны. Нас попросят спасти жизни людей, предоставив им продукты. Конечно, на первое время имеющиеся у нас излишки спокойно уйдут на благотворительность, но население бедных стран, увеличивается на 2 % в год. Нуждающиеся вносят предложение: «Если бы вы только сократили ваши секвойевые леса, можно было бы использовать пиломатериалы для строительства домов, а затем выращивать картофель на освободившихся землях, поставляя продукты питания для нас. Что более ценно, дерево или человек?». В мире есть 2 миллиарда людей, которые живут беднее, чем 32 миллиона «официально бедных» в Америке, и ежегодно их число растет на 40 млн. и производство продуктов питания для них потребует «принести в жертву» удобства богатых стран. Таким образом, иностранная помощь, регулируется двумя очевидно противоречивыми предположениями:

1. Право производить детей является неотчуждаемым правом каждого народа, как бы это ни влияло на потенциальную ёмкость своей территории.

2. Когда жизнь находится в опасности, моральные обязательства богатых стран по сохранению жизни людей, являются абсолютными и бесспорными.

Если рассматривать по отдельности каждую из этих двух благих по своим намерениям посылок, то любая из них может быть защищена, но вместе они представляют собой смертельный рецепт не только для бедной, но и для богатой страны.

# 3 Антропогенное воздействие на окружающую среду

## 3.1 Ингредиентное, параметрическое, стациально-деструктивное загрязнение окружающей среды

Разнообразное вмешательство человека в естественные процессы в биосфере можно сгруппировать по следующим видам загрязнений, понимая под ними любые нежелательные для экосистем антропогенные изменения:

- ингредиентное (ингредиент - составная часть сложного соединения или смеси) загрязнение как совокупность веществ, количественно или качественно чуждых естественным биогеоценозам;

- параметрическое загрязнение (параметр окружающей среды - одно из ее свойств, например уровень шума, освещенности, радиации и т. д.), связанное с изменением качественных параметров окружающей среды;

- биоценотическое загрязнение, заключающееся в воздействии на состав и структуру популяции живых организмов;

- стациально-деструкционное загрязнение (стация - место обитания популяции, деструкция - разрушение), представляющее собой изменение ландшафтов и экологических систем в процессе природопользования.

До 60-х годов нашего века под охраной природы понималась в основном защита ее животного и растительного мира от истребления. Соответственно и формами этой защиты было главным образом создание особо охраняемых территорий, принятие юридических актов, ограничивающих промысел отдельных животных, и т. п. Ученых и общественность волновали, прежде всего, биоценотическое и частично стациально-деструкционные воздействия на биосферу [35, 36]. Ингредиентное и параметрическое загрязнение, конечно, существовало тоже, тем более что об установке очистных сооружений на предприятиях и речи не шло. Но оно не было столь многообразным и массированным, как теперь, практически не содержало искусственно созданных соединений, не поддающихся естественному разложению, и природа с ним справлялась самостоятельно. Так, в реках с ненарушенным биоценозом и нормальной скоростью течения, не замедляемой гидротехническими сооружениями, под влиянием процессов перемешивания, окисления, осаждения, поглощения и разложения редуцентами, дезинфекции солнечным излучением и др. загрязненная вода полностью восстанавливала свои свойства на протяжении 30 км от источников загрязнения.

Конечно, и ранее наблюдались отдельные источники деградации природы в окрестностях более загрязняющих производств. Но к середине XX в. темпы ингредиентного и параметрического загрязнений выросли и высококачественный их состав поменялся настолько резко, что на значительных землях способность природы к самоочищению, т. е. естественному разрушению загрязнителя в следствии естественных физических, химических и биологических действий, была утрачена.

В настоящее время не происходит самоочищения даже таких многоводных и протяженных рек, как Обь, Енисей, Лена и Амур. Что же говорить о многострадальной Волге, природная скорость течения которой в пару раз снижена гидротехническими постройками, либо реке Томь (Западная Сибирь), всю воду которой промышленные фирмы успевают отобрать для решения личных задач и спустить назад грязной, как минимум, 3 - 4 раза, до того как она доберется от истока до устья.

Способность земли к самоочищению подрывается внезапным убавлением в ней численности редуцентов, происходящим под воздействием неумеренного внедрения пестицидов и минеральных удобрений, выращивания монокультур, полной уборки с полей всех частей выращенных растений и так далее.

## 3.2 Антропогенное воздействие на атмосферу

Из всех компонентов географической оболочки атмосфера обладает наибольшей способностью переносить возникающие в ней возмущения на большие расстояния. По этой причине происходящие в ней процессы являются основным механизмом превращения локальных воздействий человека на окружающую среду в глобальные изменения природных условий (рисунок 10).

В результате хозяйственной деятельности человека ежегодно в атмосферу поступает огромное количество загрязняющих веществ.

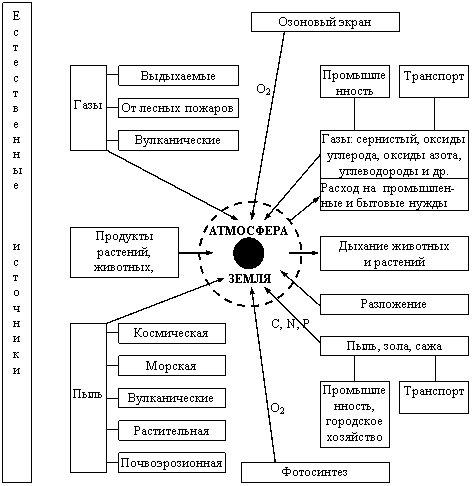


Рисунок 10 - Схема загрязнений и круговорота веществ в атмосфере

В 1990 году на нашей планете в атмосферу было выброшено 400 млн. тонн соединений углерода, серы, азота и твердых частиц. Вклад России по соединениям серы - 12 %, по азоту – 5 %. А вклад США, соответственно, - 21 % и 19,7 %. Выбросы метана, оксидов азота, фреона, диоксида углерода, диоксида серы оказывают влияние на глобальный климат и вызывают негативные экологические последствия (парниковый эффект, кислотные дожди, разрушение озонового слоя и т. д.).

*Парниковый эффект* был установлен в конце прошлого века шведским ученым Аррениусом, который определил, что углекислый газ способен поглощать уходящую радиацию, поддерживая тем самым высокие приземные температуры воздуха и создавая «парниковые условия». Тогда же предположили, что сжигание угля может приводить к повышению содержания СО2 и усилению парникового эффекта. Все это приводит к постепенному потеплению климата на нашей планете. Сейчас установлено, что концентрация СО2 в атмосфере ежегодно увеличивается на 4 %. За счет этого средняя глобальная температура воздуха уже повысилась на 0,5-0,6 °С. К 2025 году это повышение может достичь 2,5 °С. Но есть в этом и положительная сторона: повышение температуры воздуха над континентами местами может привести к увеличению количества атмосферных осадков, то есть усилится процесс фотосинтеза и возрастёт урожайность сельскохозяйственных культур.

Вторым глобальным негативным последствием загрязнения атмосферы является*разрушений озонового слоя* под влиянием выбросов фреонов и оксидов азота, то есть продуктов неполного сгорания топлива в двигателях реактивных самолетов. Фреоны, поднимаясь в верхние слои атмосферы, подвергаются фотохимическому разложению с образованием окиси хлора, интенсивно разрушающей озон. В восьмидесятые годы нашего столетия появились сообщения об уменьшении содержания озона и образовании «озоновой дыры» над Антарктидой. В 1987 году эта дыра достигла максимальной величины и составила 7 млн. км2, то есть покрыла 2/3 материка.

Выбросы фреона в атмосферу сейчас достигли на нашей планете 1,4 млн. т/год. На долю США при этом приходится 35 % выбросов, стран ЕЭС – 40 %, Японии – 10 %. Выбросы сверхзвуковых самолетов могут привести к разрушению 10 % озонового слоя атмосферы. Так запуск космического корабля «Шатл» приводит к уничтожению 10 млн. тонн озона. Истощение озонового слоя приводит к увеличению потока ультрафиолетовых лучей на земную поверхность, что опасно для всего живого на планете.

Третья глобальная проблема, возникающая при загрязнении атмосферы - это *кислотные дожди* - атмосферные осадки, имеющие pH меньше 5,6. Выпадение кислотных дождей связано с выбросами в атмосферу оксида азота и диоксида серы (225 млн. тонн ежегодно). Вследствие чего происходит подкисление почв, ускорение коррозии мостов, повреждение лесов, плотин, зданий, вред здоровью людей и т. д.

Увеличение производства энергии на Земле приводит к *тепловому загрязнению* окружающей среды. Возле крупных городов возникают «острова тепла» с температурой на 1-4 °С выше естественной.

Значительно воздействует на климат орошение или осушение земель, посадка лесополос, строительство водохранилищ и т.д.

Атмосфера обладает способностью к самоочищению от загрязняющих веществ. Аэрозоли вымываются из атмосферы осадками, ионы оседают под влиянием электрического поля атмосферы, а также вследствие гравитации (процессы седиментации). В отсутствии атмосферных осадков происходит выпадение аэрозолей в результате соприкосновения нижнего слоя воздуха с земной поверхностью и предметами, расположенными на ней. Так, воздушные потоки, приносящие загрязнения, очищаются, встречая на своем пути лес. На деревьях осаждаются не только твердые частицы, но и летучие вещества.

Вследствие турбулентного перемешивания приземный слой воздуха все время обновляется, поэтому на поверхность Земли отлагается значительное количество аэрозолей. Процессы самоочищения атмосферы связаны не только с выпадением осадков и образованием нисходящих потоков, но и другими метеорологическими явлениями, а также в основе самоочищения атмосферы лежат физические, физико-химические и химические процессы. Всякое загрязнение вызывает у природы защитную реакцию, направленную на его нейтрализацию. Однако при прогрессирующем росте загрязнений становится очевидным, что природные системы самоочищения рано или поздно не смогут выдержать такой натиск.

Способность атмосферы к самоочищению имеет определенные границы. Если они будут превышены, то самоочищение в атмосфере не приведет к полному рассеиванию и разложению примесей. Поэтому большие объемы вредных выбросов в атмосферу вызывают целый ряд неблагоприятных последствий.

## 3.3 Антропогенное воздействие на биосферу

К антропогенным воздействиям на биосферу относятся все виды угнетающих природу воздействий, создаваемых техникой и непосредственно человеком. Все техногенные воздействия делятся на:

* загрязнения (внесение в среду нехарактерных для нее новых физических, химических или биологических агентов или превышение имеющегося естественного уровня этих агентов);
* технические преобразования и разрушения природных систем и ландшафтов (в процессе добычи природных ресурсов, строительства и т. д.);
* исчерпание природных ресурсов (полезные ископаемые, вода, воздух);
* глобальные климатические воздействия (изменение климата в связи с деятельность человека);
* эстетическое воздействие (изменение природных форм, неблагоприятные для визуального и другого восприятия).

В следствии человек воздействует на биосферу, изменяя ее состав, круговорот и баланс веществ, изменяя термический баланс земного шара, структуру земной поверхности (застройка, укладка асфальта, возведение искусственного происхождения водоемов, мелиорация и т. д.), уничтожая и перемещая в новые места обитания некоторые виды животных и растений, творя новые породы животных и виды растений.

Классификацию загрязнений предложил Р. Парсон. Она включает вид загрязнения, его источники, результаты и меры контролирования. Это сточные воды и прочие нечистоты, поглощающие кислород, носители зараз; вещества, представляющие питательную ценность для растений; органические кислоты и соли; минералы и неорганические кислоты и соли; радиоактивные препараты. Засорения от источников (отходы промышленных компаний, домашние отходы, отходы автотранспорта, энергетики, сельского хозяйства, также химические средства защиты растений) поступают в атмосферу, гидросферу, литосферу, при этом из экотопа (мест обитания биотического сообщества) они передаются всем компонентам биоценоза (растениям, животным, микpооpганизмам).

Загрязнения могут быть естественными (обычно вызванные катастрофами – вулканами, селями, торнадо, цунами и др.) и антропогенными, т. е. стимулированными работой человека.

Антропогенные загрязнения разделяют на биологические, механические, химические, физические.

**Физическое загрязнение** может быть *тепловым* – вследствие повышения темпеpатуpы из-за потеpь тепла в пpомышленности, в жилых домах, теплотpассах и т. д.; *шумовым* – из-за пpевышения интенсивности шума вследствие pаботы пpедпpиятий, движения тpанспоpта и дp.; *световым* – вследствие пpевышения освещенности из-за искусственных источников света; *электpомагнитным* – из-за действия pадио, телевидения, пpомышленных установок, линий электpопеpедачи; *pадиоактивным* – из-за пpевышения естественного уpовня (фона) содеpжания pадиоактивных веществ.

**Химическое загрязнение** может быть вызвано внесением каких-либо новых химических соединений или повышением концентрации присутствующего в природной сpеде химического вещества. Многие из химических веществ активны и могут взаимодействовать с молекулами веществ, входящих в состав живого организма, или активно окисляться на воздухе, при этом они становятся ядовитыми по отношению к живым организмам.

**Механическое загрязнение**, вызываемое веществами, не оказывающими на среду физического или химического действия, характерно для строительства.

**Биологическое**, а также микробиологическое загpязнения пpоисходят пpи поступлении в окpужающую сpеду биологических отходов или в pезультате быстpого pазмножения микpооpганизмов на антpопогенных субстpатах или средах, измененных в ходе хозяйственной деятельности человека.

Все виды загрязнений, проникаемых в воздух, почву, воду, поступают в живые организмы, снижая продуктивность или уничножая экосистемы. В [6] предложена следующая классификация загрязнений: ингредиентное (внесение веществ, качественно или количественно чуждых природе); параметрическое (изменение качественных параметров среды); биоценотическое (воздействие на состав и структуру популяций живых организмов); стациально-деструкционное (изменение ландшафтов и экосистем в процессе природопользования), а также визуальное (эстетическое) загрязнение, рисунок 11:

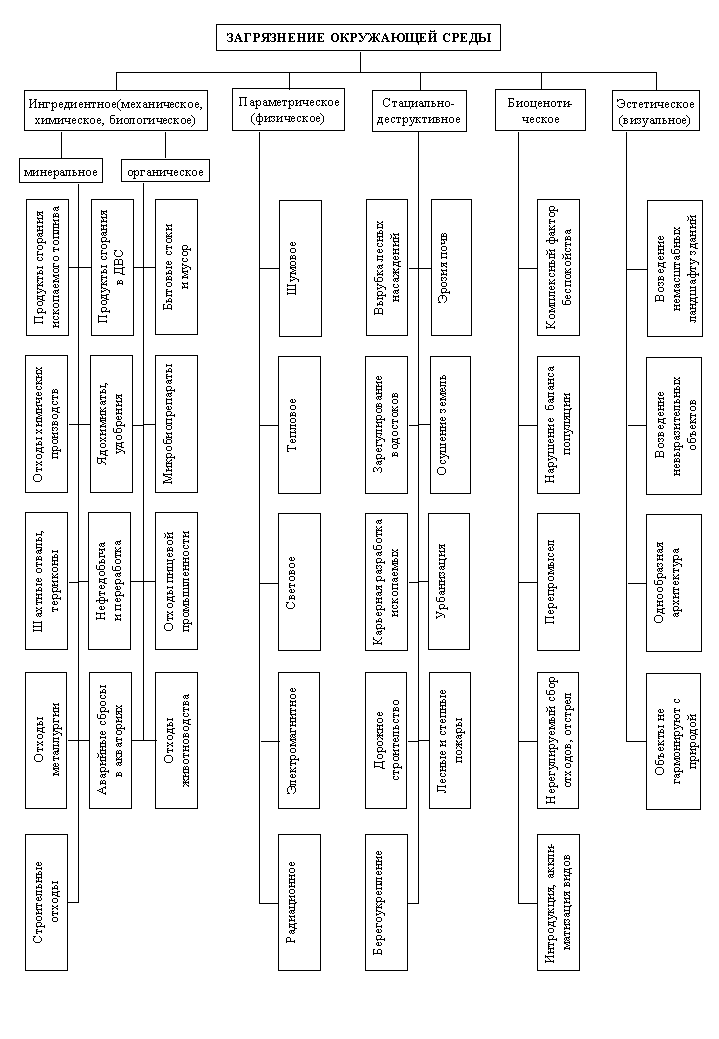


Рисунок 11 - Классификация загрязнений окружающей среды

Из всех видов антропогенных воздействий конкретно загрязнения считаются более значимым моментом, рушащим приpоду, приводящим к необратимому изменению отдельных экосистем и биосферы в общем. Большой урон наносит также техническое пpеобpазование и pазpушение пpиpодных систем в пpоцессе стpоительства гоpодов, доpог, пpомышленных пpедпpиятий, беpегоукpепления, пpи добыче полезных ископаемых и т. д. Hапpимеp, застpойка и асфальтиpование всех огромных площадей повеpхности земли, сравнимое в наше вpемя с площадью повеpхности земного шаpа, не только исключает из природного обоpота опpеделенную часть территории, но и изменяет pежим гpунтовых вод, испаpение и т. д., собственно в конечном итоге рвёт образовавшиеся взаимосвязи в системе биогеоценоза. Но никто еще не считал, какая часть поверхности земного шара может быть закрыта плотной оболочкой, чтобы биосфере был нанесен непоправимый вред.

В модифицированных человеком экосистемах происходят сложные процессы перестройки микробной биоты, в следствии чего увеличивается активность множества естественных источников небезопасных для человека инфекций и некоторые, условно патогенные микроорганизмы, имеют все шансы получить патогенные характеристики и стать возбудителями почти всех болезней. Замечено быстрое возникновение все новых микробов в связи с изменением сферы обитания, которое открывает возбудителям доступ к новым популяциям. На территории Рф сейчас циркулируют природно-очаговые особо опасные и мало изученные инфекции человека и животных. А именно, в первый раз найдена циркуляция микробов комплекса калифорнийского энцефалита. Возбудители данного комплекса обнаружены в районах Крайнего Севера, в европейской части РФ и ареалах Далекого Востока [31]. Распространение возбудителей заразных болезней и составление устойчивых естественных источников обусловлено их экологической взаимосвязью с птицами и разными позвоночными животными. В в последнее время в южных регионах Сибири замечены отдельные случаи болезни японским энцефалитом- это высоколетальная инфекция. Численность комаров и множества кровососущих членистоногих (клещи, слепни), являющихся переносчиками и резервуарами инфекций, быстро возросло в следствии больших мелиоративных работ, вырубки лесов и прочих видов хозяйственной работы. В Татарстане, Тюменской области, Алтайском крае обнаруживался вирус западного энцефаломиелита лошадей.

Биологическое загрязнение в следствии случайной интродукции (от лат. introduction - внедрение, распространение животных за границы натурального ареала и их приспособление к новым условиям) в естественную среду животных и растений помимо прочего наносит ощутимый вред благополучию сложившихся экосистем. Исключительно за прошедшие 10-15 лет в ввезенной продукции было найдено более 150 видов семян сорняков растений, большая часть из которых не произрастает в РФ. Более засоренным было зерно пшеницы из Соединенных Штатов. Как следует, вместе с зерном мы импортируем и сотни миллионов зёрен сорняков, часть которых очень злостные.

Совместно с балластными водами в Азовское и Черное море был из США завезен гребневик, это привело к сокращению биомассы планктона и, как результат этого, запасов кильки и хамсы. Экономические потери от снижения улова составили 40-60 млн. долларов. Случайное внесение верховки в западносибирские озера привело к стремительному сокращению рыбопродуктивности озер по карпу (30-80 %). Колорадский жук был завезен также случайно и теперь в 62 субъектах России он стал вредителем. Истинным бедствием в конце 90-х гг. явилось нашествие саранчи на поля Сибири.

В России прижился уроженец Кении кожеед Смирнова, вследствие чего кожевенная отрасль терпит большие убытки. Появились неизвестные ранее бабочки, южные виды муравьев, американские тараканы и клещи, в городах стремительно растет число комаров.

## 3.4 Классификация чрезвычайных ситуации

В соответствии с Федеральным законом «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» -**чрезвычайная ситуация**  — обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушения условий жизнедеятельности людей.

В соответствии с постановлением Правительства РФ № 304 от 21.05.2007 г. «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»**по масштабам распространения и тяжести последствий ЧС** природного и техногенного характера подразделяются на:

1. ЧС локального характера  - в результате которых территория, на которой сложилась чрезвычайная ситуация и нарушены условия жизнедеятельности людей (зона чрезвычайной ситуации), не выходит за пределы территории объекта, при этом количество людей, погибших или получивших ущерб здоровью (пострадавших), составляет не более 10 человек либо размер ущерба окружающей природной среде и материальных потерь (размер материального ущерба) составляет не более 100 тыс. рублей.

2. ЧС муниципального характера — зона ЧС не выходит за пределы территории одного поселения или внутригородской территории, а количество пострадавших составляет не более 50 человек. Размер материального ущерба составляет не более 5 млн рублей.

3. ЧС межмуниципального характера - зона ЧС затрагивает территорию двух и более поселений, внутригородских территорий города федерального значения или межселенную территорию, количество пострадавших составляет более 50 человек. Размер материального ущерба составляет не более 5 млн рулей.

4. ЧС регионального характера  — зона ЧС не выходит за пределы одного субъекта РФ, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек. Размер материального ущерба составляет от 5 млн рублей до 500 млн рублей.

5. ЧС федерального характера — количество пострадавших составляет свыше 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 500 млн рублей.

**По природе возникновения** ЧС:

1. Техногенные чрезвычайные ситуации, происхождение которых связано с техническими объектами: аварии на химически опасных объектах, пожары, взрывы, выбросы РВ на радиационно опасных объектах, обрушение зданий, транспортные катастрофы, аварии на системах жизнеобеспечения, аварии с выбросом экологически опасных веществ и др.

2. Природные ЧС, связанные с проявлением стихийных сил природы: извержения вулканов, природные пожары, землетрясения, наводнения, цунами, оползни, ураганы, сели, смерчи, бури и др.

3. Экологические бедствия (ЧС) — аномальные изменения состояния природной среды: кислотные дожди, разрушение озонового слоя, загрязнения биосферы, опустынивание и т. д.

4. Биологические ЧС —  эпидемии, эпифитотии, эпизоотии.

5. Социальные ЧС — события, порождаемые обществом и происходящие в обществе: голод, терроризм, насилия, противоречия между государствами (войны), грабежи, межнациональные конфликты с применением силы и др.

6. Антропогенные ЧС - следствия ошибочных действий людей.

**По причине возникновения** ЧС делятся наслучайные (непреднамеренные) и преднамеренные. К последней группе относятся экстремистские действия, террористические акты и другие умышленные действия. Большинство ЧС носят случайный характер.

**По режиму времени** ЧС делятся на чрезвычайные ситуации мирного времени и военного времени.

Для ЧС военного времени в нормативной и методической литературе используется выражение «ЧС от опасностей, возникающих при введении военных действий или вследствие этих действий».

**По скорости развития** ЧС делятся на: внезапные (транспортные аварии, землетрясения, взрывы); стремительные (связанные с выбросами СДЯВ, АХОВ, с пожарами,); умеренные (паводки, извержения вулканов, наводнения и др.).

Анализ причин и хода развития ЧС различного характера показывает на их общую черту — стадийность. В интересах профилактики целесообразно выделить пять стадий развития аварий и чрезвычайных ситуаций:

* накопление отрицательных эффектов, приводящих к аварии;
* период развития катастрофы;
* экстремальный период, при котором выделяется основная доля энергии;
* период затухания;
* период ликвидации последствий.

В целом на становление страны ЧС оказывают тормозящее влияние: случается утрата ресурсов, используемых на социальное и финансовое становление; в зависимости от масштабов нынешние программы становления имеют все шансы быть прерваны с целью перевода ресурсов из долгосрочных программ па программы по ликвидации результатов ЧС и воплощение программ реконструкции; усугубляется инвестиционная картина, вероятен подъем безработицы и регресс рыночного спроса в районе ЧС, что и приводит к стагнации экономики; оказывает отрицательное влияние на частный сектор экономики, который несет при этом как прямые, так и косвенные убытки.

## 3.5 Экологический риск и концепция экологической безопасности

Многоаспектное осознание проблемы обеспечения экологической сохранности объясняется происходящими в нашей стране и во всем мире масштабными переменами в состоянии среды, что и обусловливает исследование и введение концепции экологической безопасности на разных уровнях функционирования системы «человек – общество – природа». Целью концепции экологической безопасности считается обеспечивание подходящего существования сегодняшнего и грядущих поколений в критериях увеличения экологических опасностей и угроз и выражается в нормативно-правовой защищенности интересов личности, сообщества и страны от действий, создающих опасность здоровья жителей нашей планеты.

Рассматривая теоретические основы концепции экологической защищенности, нужно определить понятие «концепция», которое, с одной стороны, значит явную систему взглядов на какое-либо действо, процесс, факт, а если взглянуть под другим углом, принцип организации особого вида работы. В данном смысле термин «концепция» выступает как категория, которая отображает позицию страны, сообщества и человека в таком виде работы, как обеспечивание экологической безопасности. Концепция экологической безопасности считается деталью Стратегии государственной безопасности страны. Понятие «экологическая безопасность» имеет трудную структуру, в какой взаимосвязаны финансовые, общественные, политические, правовые, психические и другие нюансы, затрагивающие, как отдельного жителя нашей планеты, так и общества в общем. Реализация концепции экологической безопасности РФ на современном этапе обоснована источниками появления угроз, представляющих опасность для сообщества, личности, страны и мешающих достижению целей и задач государственной политики в области обеспечивания экологической безопасности.

Исследование прогрессивной концепции обеспечивания экологической безопасности базирована на мысли предотвращения и возмещения ущерба, причиненного окружающей среде, самочувствию и имуществу людей путем загрязнения, уничтожения, нерационального применения естественных ресурсов, разрушения природных экологических систем.

Концептуальный подход к обеспечиванию экологической безопасности объясняется масштабной опасностью экологических катастроф. Разноречивость действий, характеризующих стойкое развитие человечества на сегодняшнем этапе существования, обусловливает потребность анализа проблем экологической безопасности личности, сообщества, страны.

Актуальность проблемы обеспечивания экологической безопасности на современном этапе становления русской государственности переоценить тяжело. Ее характер выражается в повышении опасностей масштабных и локальных экологических катастроф, смещении в худшую сторону состояния 3-х главных компонентов среды: земли, воздуха и воды.

Исследование понятийного аппарата и соответствие главных понятий считается важным структурным составляющим концепции экологической безопасности.

Понятие «экологическая безопасность» определяется как состояние защищенности системы «человек – общество – природа» в следствии действия естественных и антропогенных факторов.

Понятие «экологическая безопасность» связано с термином «экологическая опасность» - это вероятность нарушения экологического равновесия окружающей среды: биотических сообществ, их видов и популяций. Экологическая опасность понимается как обстановка в окружающей среде, при которой в определенных условиях возможны нежелательные события (опасные факторы, явлений и процессы), влияние которых на человека и природу приводит к ухудшению состояния окружающей среды и отклонению здоровья от среднестатистического значения.

Источниками экологической опасности могут служить объекты бытовой, хозяйственной, военной или иной деятельности, включающие в себя факторы экологического риска.

Источники экологической опасности классифицируются по происхождению:

• источники естественной среды (природные явления – холода, паводки, засуха и пр.);

• источники искусственной среды (состояние места проживания человека – перегрев, недостаточная вентиляция, изменение концентрации газов в воздухе, высокая влажность, и пр.).

Обозначенные источники экологической опасности приводят к формированию факторов опасности (риска) – составляющих элементов источника опасности. Например, составляющими паводка как источника опасности, служат наводнение, размыв берегов, подтопление, изменение русла реки и разрушение плотины.

Выделяют следующие группы **факторов риска**:

***Экологические факторы опасности*** определены причинами природного происхождения: климатическими условиями неблагоприятными для жизни человека, растений и животных, физико-химическими характеристиками атмосферы, воды, почв, природными катастрофами.

***Социально-экономические факторы опасности*** определены причинами социального, психологического и экономического характера: недостаточным уровнем здравоохранения, питания, образования; нарушенными общественными отношениями, недостаточно развитыми социальными структурами.

***Техногенные факторы опасности*** определены причинами хозяйственной деятельности людей: чрезмерными выбросами отходов хозяйственной деятельности в окружающую среду; неосновательными отчуждениями земель под хозяйственную деятельность; непомерным вовлечением в хозяйственный оборот природных ресурсов и пр.) [11].

Для определения понятия экологической безопасности необходимо проанализировать термин «угроза экологической безопасности», который раскрывает многообразие внешних и внутренних противоречий в системе «человек – общество – природа». Источниками угроз экобезопасности служат не столько технические средства, силы природы, предметы и вещества, создающие повышенную опасность для окружающей среды, сколько действия или бездействие физических и юридических лиц, создающие реальную угрозу государству, обществу и личности.

**Причинами возникновения угроз экологической безопасности** являются:

• разрешение технологических и социально-экономических проблем за счет природы как на локальном и региональном так и на планетарном уровнях;

• отсутствие системы возмещения адекватной масштабу и тяжести вреда причиненного экологическими правонарушениями и природной среде и здоровью населения,

• отсутствие эффективной административно-правовой системы пресечения и профилактики экологических правонарушений.

Таким образом, понятие «экологическая безопасность» рассматривается как состояние защищенности природной среды и людей от негативного антропогенного воздействия и чрезвычайных ситуаций природного характера, их последствий.

# 4 Рациональное использование природных ресурсов и механизмы управления природоохранной деятельностью

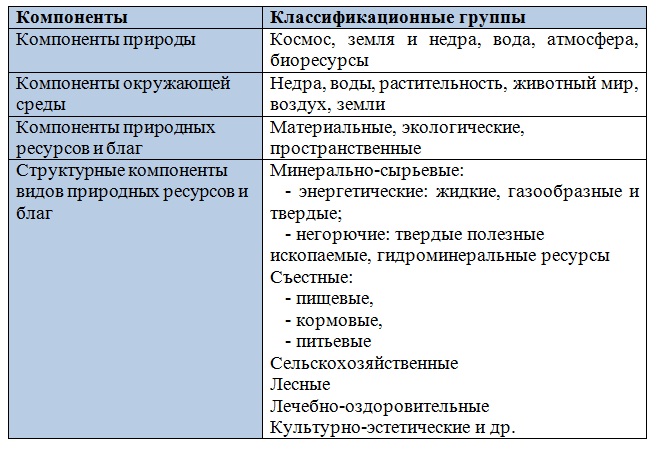
## 4.1 Понятие о природных ресурсах. Классификации природных ресурсов

Природная среда представляет собой не только распространенные по территории Земли природные ресурсы, но и природные условия: расположение (на поверхности, под землей, объемы и глубина залегания, эксплуатационные характеристики, удаленность от потребителей и т.п.); свойства (жидкое, газообразное, твердое состояние вещества); компонентный состав; потребительские свойства и т.п.

В этой связи дальнейшая детализация природной среды связана с определением **географической природной среды,** включающей характерное для конкретной территории понятие **ландшафта.** К компонентам ландшафта относятся: земельные территории, атмосфера и климат, вода, растительность, животный мир, недра (таблица 1).

К главным компонентам земной природы относят землю, почвы, поверхностные и подземные воды, недра, растительный и животный мир, а также атмосферу, которые в совокупности обеспечивают благоприятные условия для существования жизни на Земле. К ресурсам природы также относят природные силы и явления: гравитацию, излучение, колебание, ветер, течение, а также природные условия.

Таблица 1 - Классификация природных ресурсов и благ по основным компонентам



**Природные ресурсы** - это совокупность косных и живых тел природы, сил и явлений, которые человечество использует для своего жизнеобеспечения и других потребностей, делятся на материальные и экологические.

К материальным ресурсам относятся природные ресурсы косной природы: месторождения полезных ископаемых и компоненты живой природы (все разнообразие растительного и животного мира).

Косная природа как объект природопользования включает системные компоненты: атмосферу, землю и недра, воду, энергию космоса.

Особое место среди природных ресурсов занимают сырьевые ресурсы.

**Природное сырье —** это часть природных ресурсов, которая подготовлена к использованию в экономических, технических, социальных и хозяйственных целях.

Существует множество классификаций природных ресурсов, но представляется более очевидным их деление по различным признакам на группы в зависимости от следующих факторов:

— места, занимаемого в биосфере Земли;

— ограниченности и способности к возобновлению (восстановлению);

— возможности замещения при использовании;

— одно- или многоразового потребления:

— видового, структурного и качественного состава;

— существующих и потенциальных направлений использования.

Кроме того, природные ресурсы классифицируют:

— с точки зрения доступности (реальные и потенциальные);

— в зависимости от происхождения (природные и антропогенные);

— по принадлежности к компонентам природы (земельные, биологические, ископаемые, водные);

— по химической природе (органические и минеральные);

— по назначению (эстетические, производственные, научные, рекреационные);

— по сфере использования (энергетические, пищевые, сырьевые).

Непрерывный рост потребления природных ресурсов и осознание их ограниченности на основе научно-обоснованных прогнозов определили важность их деления по признаку ограниченности на неисчерпаемые ресурсы (рисунок 12).

Понятие «исчерпаемые природные ресурсы» условное, так как часть ограниченных ресурсов обладает природным свойством самовосстановления (воспроизводства), если не нарушены соответствующие этому свойству необходимые условия. В связи с этим к природным ресурсам применяется дополнительное их деление на группы: возобновимые и невозобновимые природные ресурсы.



Рисунок 12 - Классификация природных ресурсов и экологических благ

К неисчерпаемым природным ресурсам относятся преимущественно процессы и явления, внешние по отношению к Земле или присущие ей как космическому телу: солнечная энергия и излучение, течения, различного природного происхождения волны, гравитация, ветер, приливы и отливы и т.п.

К исчерпаемым природным ресурсам относятся живые и косные тела природы: растительный и животный мир с микроорганизмами, минеральные и органические соединения в недрах Земли (полезные ископаемые). Недра являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии — ниже земной поверхности и дна водоемов и водотоков, простирающейся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения.

Исчерпаемые невозобновимые ресурсы используются однократно и не обладают способностью к самовосстановлению, их образование происходило в течение сотен миллионов лет в прошлые геологические эпохи посредством сложных химических, физико-химических, микробиологических, вулканических, тектонических и др. процессов. Такие условия образования природных ресурсов в современную эпоху отсутствуют — это невозвратное прошлое нашей планеты.

Возобновимые природные ресурсы: атмосфера, растительный мир, почвы, и т.д. делятся на восполняемые силами самой природы (при соблюдении норм потребления, обеспечивающих воспроизводство ресурса) и восполняемые за счет организации на основе научных разработок рационального воспроизводственного ресурсооборота.

К возобновимым природным ресурсам относятся ресурсы растительного и животного мира с микроорганизмами, способные воспроизводится в определенных условиях за счет обменных процессов.

Важное значение имеют классификационные группировки природных ресурсов по признакам (таблица 2) и основным группам (таблица 3). Это:

— генетический признак: минеральные, водные, земельные, растительные, энергетические, климатические и биологические природные ресурсы;

— экологический признак: неисчерпаемые, исчерпаемые возобновимые, исчерпаемые невозобновимые;

— хозяйственный признак: реальные и потенциальные, заменимые и незаменимые, сырьевые и энергетические, производственные и непроизводственные, однозначного и многоцелевого использования, однокомпонентные и комплексные, общедоступные и стратегические, федеральные и территориальные, частные и государственные (и/(или) общественные) и т.д.

Таблица 2 - Классификация природных ресурсов по основным признакам

******

Отдельную группу исчерпаемых и возобновимых ресурсов составляют земельные и лесные ресурсы. Почвенный слой Земли является источником благосостояния человека, благодаря его основному качеству — плодородию — способности производить урожай растений, необходимый для всего живого.

Таблица 3 *-*Классификация минеральных природных ресурсов по видам



Также природные ресурсы классифицируются на:

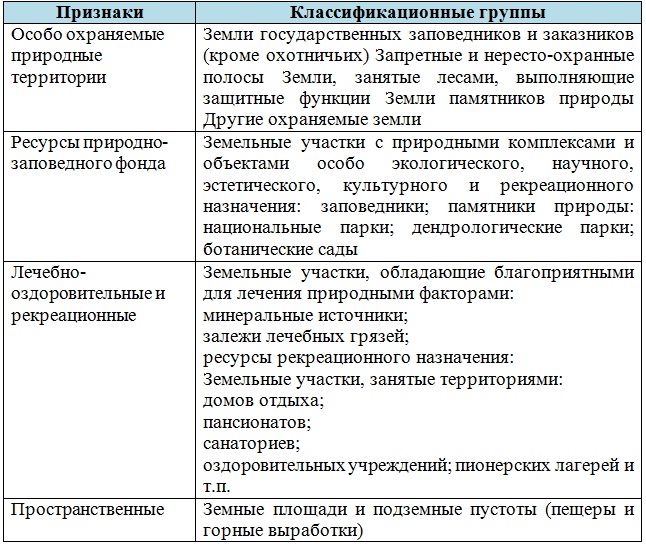
***Энергетические ресурсы:***внутриземное тепло, горючие ископаемые (уголь, нефть, газ, торф), расщепляющиеся материалы.

***Сырьевые ресурсы:*** строительные материалы (гранит, мрамор, известняки и т.п.), минеральное сырье, гидроминеральное сырье, металлосодержащие руды.

***Прочие ресурсы:***пищевые, сельскохозяйственные, питьевые и др.

Среди особо охраняемых и значимых природных ресурсов выделяют ***экологические*** и ***культурно-эстетические ресурсы***классификация которых приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Классификация экологических и культурно-эстетических ресурсов



***Особо охраняемые природные территории***относятся к объектам общенационального достояния и представляют собой участки водной поверхности, земли и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, имеющие особое научное, природоохранное, эстетическое, культурное, оздоровительное и рекреационное значение, решениями органов государственной власти изъятые полностью или частично из хозяйственного использования, и для которых установлен режим особой охраны.

К ресурсам природоохранного назначения относятся также земли запретных и нересто-охранных полос; заказников (за исключением охотничьих), земли, занятые лесами, выполняющими защитные функции; земли памятников природы.

К ***ресурсам оздоровительного назначения***относятся земельные участки, обладающие природными факторами (залежами лечебных грязей, минеральными источниками, климатическими или другими условиями), благоприятными для организации профилактики и лечения. К ним относятся земельные участки вне земель оздоровительного назначения, занятые территориями пансионатов, пионерских и спортивных лагерей, домов отдыха, домов рыболовов и охотников, санаториев, спортивно-стационарных и палаточных туристско-оздоровительных лагерей, парков, лесопарков, кемпингов, детских туристических станций, учебно-туристических зон, маркировочных трасс.

С целью учета состояния минерально-сырьевой базы страны ведется госбаланс запасов полезных ископаемых, который содержит сведения о местонахождении месторождения, количестве полезных ископаемых, качестве и степени изученности запасов каждого вида полезных ископаемых, добыче, потерях и об обеспеченности промышленности разведанными запасами полезных ископаемых.

Государственному учету подлежат ***выявленные и экономически оцененные запасы*** полезных ископаемых количество и свойства которых подтверждены государственной экспертизой.

Запасы подсчитываются и учитываются, а прогнозные ресурсы оцениваются по каждому виду твердых полезных ископаемых и направлению их возможного промышленного использования всеми недропользователями.

## 4.2 Принципы рационального природопользования

Природопользование – сфера общественно-производственной деятельности, направленная на удовлетворение потребностей человека с помощью природных ресурсов, а также научное направление, изучающее принципы рационального использования природных ресурсов, в том числе и анализ антропогенных воздействий на природу, их последствий для человека. Регулируя природопользование (т. е. осуществляя деятельность, связанную с извлечением полезных свойств природной среды), общество должно стремиться придать ему рациональный (разумный) характер. Рациональность природопользования означает достижение не только экономического, культурно-оздоровительного эффекта, но и охрану окружающей природной среды. Для перехода от потребительской психологии к осознанию необходимости рационального природопользования необходимы:

1) переоценка взглядов на природу (в правительстве и в обществе) как на источник потребления;

2) усиление образовательной и воспитательной работы с населением по вопросам экологии;

3) перестройка методов хозяйствования, если предприятия вызывают загрязнение или истощение природной среды.

В дальнейшем на основе нового мышления возможно осуществить переход к системе мирового хозяйствования, которая будет основана на умеренном стабилизированном использовании природных ресурсов, управлении численностью населения со стороны межгосударственного международного органа.

Исторический опыт показал миру, что нельзя обеспечить рациональное природопользование и соблюдение требований по охране окружающей среды в странах с плохо развитой экономикой, но и невозможно развивать экономику, не выполняя этих требований. Поэтому, решая отдельную проблему охраны или использования природной среды, следует комплексно учитывать все факторы, которые способны оказать на нее воздействие.

Нерациональная эксплуатация природных ресурсов ведет к экологическому кризису. Выход из него возможен лишь в результате революционных преобразований, применения средств экологической безопасности. Рациональное природопользование требует введения обязательного учета емкости природной среды, соответствия развития производительных сил потенциальным возможностям природы, соблюдения законов равновесия, гармонии как необходимых условий развития оптимальных взаимоотношений между природой и обществом. Игнорирование этих экологических закономерностей влечет нарушение экологических функций.

## 4.3 Концепция ресурсных циклов

Концепция ресурсных циклов разработана известным географом И.В. Комаром и основана на идее круговорота веществ в природе, когда в ходе естественных преобразований природные элементы переходят из одного состояния в другое, от одного компонента природы к другому, по принципу замкнутого безотходного цикла. С возникновением человечества складывается общественное (хозяйственное) звено круговорота веществ, которое стало взаимодействовать с природным круговоротом, оказывая на него свое влияние. Это влияние состояло в том, что из природного оборота изымалась большая. масса природного вещества, а обратно в него возвращалась масса входов, которые после технической переработки не могли ассимилироваться природой, постепенно все больше и больше загрязняя ее и нарушая природный оборот вещества.

Хозяйственное звено круговорота вещества получило название ресурсного цикла, под которым понимается совокупность превращений и пространственных перемещений вещества природы в процессе его освоения, добычи, переработки, потребления и конечного возвращения в природу после использования. Этот цикл имеет незамкнутых характер, т.е. имеет большую массу отходов на всех этапах добычи и использования природного вещества. Выделено шесть основных видов:

- цикл энергоресурсов и получения энергии;

- цикл металлических ресурсов и получения металлов;

- цикл неметаллических минеральных ресурсов и получения химических, строительных, технических материалов;

- цикл лесных ресурсов и получения продуктов лесного хозяйства и древесных материалов;

- цикл земельно-климатических ресурсов и получение сельскохозяйственных продуктов и сырья;

- цикл ресурсов дикой фауны и флоры с получением продукции промыслов - охотничьих, рыбных, собирательства полезных растений .

Под ресурсным циклом понимается совокупность превращений и пространственных перемещений (добыча, переработка, транспортировка, хранение, погрузочно-разгрузочные операции ...) определенного вещества, изъятого из природной среды и выступающего в виде природного компонента, на пути использования его человеком до выхода вновь в природную среду.

Ресурсный цикл, несмотря на общую схему возникновения (всё из природы) и окончания (всё в природу), отличается от биогенного круговорота веществ (это непрерывный процесс создания и деструкции органического вещества).

В ресурсном цикле выделяют два типа стадий. Природный компонент, двигаясь по ресурсному циклу, неоднократно транспортируется, перерабатывается, складируется и хранится (распределительные стадии) в то время, как его добыча, нахождение в эксплуатации в составе конечной продукции и послеэксплуатационное состояние (в составе отходов) - одноразово (компактные стадии). Таким образом, РЦ можно разбить на 6 отдельных естественных стадий.

Кроме того, в зависимости от глубины переработки выделяются стадии:

первого порядка - первичная переработка природных компонентов, связанная в основном с добычей (заготовкой);

второго порядка - переработка природных компонентов, приводящая к созданию « начального товарного вида»;

третьего порядка - процесс переработки « начального товарного вида» природных компонентов до выпуска конечной, готовой продукции.

## 4.4 Климатические, водные, минеральные и земельные ресурсы

Климатические ресурсы — это свойства климата, которые можно использовать в хозяйстве (солнечная и ветровая энергии). Климатические ресурсы неисчерпаемы, но содержание кислорода в атмосфере за последние 50 лет уменьшилось на 0,02 %. Это объясняется сжиганием органического топлива и технологическими процессами, потребляющими кислород. Солнечная энергия распределяется неравномерно по земному шару. Наибольшее количество ее поступает в тропических широтах и в странах, где продолжительность солнечного сияния наибольшая: Япония, Израиль, Австралия, США (Калифорния, Флорида). Поэтому тропические страны имеют более благоприятные условия для ее использования. Солнечной радиации поступает 0,16 кВт на 1 км2 поверхности Земли. Ветровая энергия неисчерпаемая, дешевая, не загрязняет окружающую среду, но создает шумовое загрязнение. Препятствием в освоении ветровой энергии является ее непостоянство. Однако на побережьях Северного, Балтийского и арктических морей ветры дуют с постоянством и достаточной силой. Ресурсы ветровой энергии, в отличие от солнечной, сосредоточены главным образом в умеренном поясе. Свойства климата, которые можно использовать в хозяйственной деятельности человека, называются агроклиматическими ресурсами. Агроклиматические ресурсы влияют на сельское хозяйство и состоят из: солнечной энергии, которая необходима для жизнедеятельности; показателей суммы атмосферных осадков за год и вегетационного периода; снежного покрова и создаваемого им запаса влаги. В каждой стране агроклиматические ресурсы различны. Они при потреблении не уничтожаются, но могут ухудшаться и даже становиться вредными для здоровья людей и самой жизни.

Для экономки любого государства на нынешнем этапе развития производства особое значение имеют минеральные ресурсы. Минеральные ресурсы - природные вещества минерального происхождения, используемые в хозяйстве как сырье или источник энергии. Они являются основой материального производства и используются во всех его отраслях.

Оценить запасы минеральных ресурсов достаточно трудно, потому что невозможно определить их величину в земной коре. В зависимости от степени изученности ресурса различают запасы от прогнозируемых в разведанных. Оценка запасов минеральных ресурсов может изменяться со временем. Благодаря научно-техническому прогрессу становятся доступными для эксплуатации все новые и новые месторождения.

Минеральные ресурсы (топливные, металлические, технические, строительные материалы), поскольку из них добывают сырье для различных промышленных производств, часто называют полезных ископаемых

В земной коре насчитывается более 200 видов минеральных ресурсов, из них добывают более 160. Ежегодно из земных недр добывают более 120 млрд т разнообразного сырья и топлива. Современное размещение полезных ископаемых мира - это результат длительного и сложного процесса геологического развития Земли. Оно тесно связано с геологической и тектонической строением. Природные скопления полезных ископаемых называют месторождениями, а скопление месторождений - бассейнами полезных ископаемых.

Минеральные ресурсы в зависимости от сферы их использования разделяют на:

* топливно-энергетические (уголь, нефть, природный газ, уран, торий, горючие сланцы и др.);
* рудные (руды черных, легирующих и тугоплавких; цветных, благородных металлов);
* нерудные:

а) металлургические (флюсы, огнеупоры),

б) горно-химические (апатиты, нефелины, каменная, калийная соли, сера, сернистый колчедан, барий, фосфориты) в) технические (алмаз, гипс, природный камень).

Топливно-энергетические ресурсы мира весьма значительны, но они относятся до исчерпывающих и невосполнимых. В их структуре преобладает уголь (Каменный и бурый) - 75 %. Его ресурсы сосредоточены в 3 тыс. бассейнов в 75 странах мира преимущественно Северного полушария. 2 / 3 мировых запасов угля приходится на долю четырех стран: США, России, Индии, Китая. Мощные в мире каменноугольные бассейны - Тунгусский, Ленский, Кузнецкий, Рурский и Аппалачский. Крупнейшие бассейны - Ленский, Канско-Ачинский, Кельнский.

Нефть и газ, благодаря похожему геологическом происхождению в большинстве случаев залегают вместе. Сегодня в мире разведано более 600 нефтегазоносных бассейнов.

Запасами основного ядерного топлива для атомных электростанций - урана - Выделяются США, Канада, Казахстан, Южная Африка, Австралия.

Рудные (металлические) ресурсы за их содержанием в земной коре разделяют на две категории - распространены (содержание более 0,1 %) и редкие.

За использованием руды делят на руды:

черных, легирующих и тугоплавких металлов

цветных металлов,

благородных металлов.

К первой группе, которая является сырьем для черной металлургии, принадлежат железные, марганцевые, хромовые и никелевые руды. Наибольшую обеспеченность ними должны Южная Африка, Австралия, Бразилия и Казахстан (рисунок 13). По запасами руд цветных металлов: медных, алюминиевых, полиметаллических, оловянных выделяются Австралия, Китай, Россия. Благородные металлы - золото, серебро, платина - сосредоточены в немногих странах. Ведущую роль среди них играют США, Канада, Южная Африка, Россия, Австралия.



Рисунок 13 - Железорудный карьер. Белу-Оризонти, Бразилия

Нерудные минеральные ресурсы имеют различное происхождение и использования. Крупнейшими запасами калийных солей - сырья для производства кислот, минеральных удобрений - выделяются Канада, США, Россия, Германия. По запасам самородной серы ведущие позиции занимают США и Мексика, значительные запасы также есть в Польше, Украине, России. Фосфориты размещены в США, Марокко, Алжире, Тунисе, апатиты - в России, Китае.

Из многочисленных видов технического сырья наибольшее значение благодаря специфическим физическим свойствам имеют ресурсы алмазов, асбеста, графита. Основная часть алмазов сосредоточено в трех районах: в Южной Африке (ЮАР, Ботсвана, Намибия), в Австралии и России (Якутия). Запасами асбеста отличаются Россия (Урал), Южная Африка, Зимбабве и Канада. Месторождения графита размещены в России, Китае, Индии, Швеции, Мексике.

Обеспеченность регионов запасами тех или иных видов минеральных ресурсов сыграла большую роль в формировании и размещении многих отраслей мирового хозяйства. Использования минерального сырья, уровень ее вовлечения в производство, степень технологической и экологической обработки является одним из показателей развития экономики страны. Экономически развитые страны, как правило, выступают потребителем минеральных ресурсов, а развивающиеся страны, их производителями и экспортерами.

Одним из важнейших богатств любой страны является ее земельные ресурсы. Земельные ресурсы - часть земной поверхности, пригодная для жизни и хозяйственной деятельности человека. Территорию тоже можно считать своеобразным ресурсом. Она служит пространственным основой для размещения всех отраслей хозяйства, основным средством производства в сельском и лесном хозяйстве. Территория уже становится своеобразным дефицитом, особенно в небольших по площади, однако с многочисленными населением, странах (Япония, Нидерланды, Дания).

Мировой земельный фонд составляет 13,4 млрд га (площадь суши без Антарктиды и Гренландии) или 26,3 % общей площади земного шара.

Из них приходится на

луга и пастбища - 3,2 млрд га (24 %);

пахотные земли (пашня, сады, плантации) - 1,45 млрд га (11 %);

леса и кустарники - 4,1 млрд га (31 %);

малопродуктивные земли (болота, пустыни, ледники) - 4 млрд га (3 %);

антропогенные застройки (города, заводы, транспорт) - 0,4 млрд га (3 %);

малопродуктивные и непродуктивные земли - 3,75 млрд га (28 %).

Если весь земельный фонд (13 400 млн га) принять за 100 %, то наибольшая доля (25 %) будет приходиться на Азию, а наименьшая (6 %) - на Австралию и Океанию. Наибольшая доля пастбищ приходится на Африку (24 %). Пахотные земли (11 % земельного фонда) дают 88 % продуктов питания. Пастбища и луга, занимающие 26 % земельного фонда, дают еще 10 % продуктов.

Страны и регионы неодинаково обеспечены земельными ресурсами, особенно это касается сельскохозяйственных земель. На Евразию приходится 59 % мировой пашни, на Северную и Центральную Америку - 15 %, на Африку - 15 %, на Южную Америку - 8 %, на Австралию - 3 %. Большая часть (80 %) мировой пашни размещена в засушливой зоне. Крупнейшая доля пастбищ - в странах Африки (24 %) и Азии (18 %).

Мировой показатель обеспеченности сельскохозяйственными землями на душу населения составляет - 0,23 га. В разных странах этот показатель существенно отличается. d Австралии он составляет - 2,45 га, Канаде - 1,48 га, России - 0,9 га. В Китае, Бангладеш и Бельгии на каждого жителя приходится 0,07 га, в Египте - 0,05 га, в Японии - 0,03 га.

Нерациональное использование земельных ресурсов не раз приводило к экологических кризисов, даже к гибели цивилизаций. Освоение Великих равнин США, целинных земель Казахстана повлекло выдувания и смыва водой огромного количества минеральных частиц, которые без воздействия человека оставались неподвижными тысячи лет. На больших территориях степи и прерий бушевали пыльные бури, желтые густые туманы из пыли переносились на сотни километров от места катастрофы.

На сегодня почти не осталось земель, которые еще можно осваивать. Одновременно с сельскохозяйственного использования ежегодно изымается, по разным данным, 6-7 млн га сельскохозяйственных земель через заболачивание, засоление, опустынивание, ветровую эрозию. Чтобы приостановить этот процесс, следует проводить комплекс мероприятий по охране земель.

Вода - одна из самых распространенных и особых веществ в природе. Считают, что в воде зародилась жизнь на нашей планете. Водные ресурсы - поверхностные и подземные воды, которые используются или могут быть использовании в хозяйственной деятельности.

Водные ресурсы делят на пресные воды суши, включающие поверхностные воды (реки, озера, ледники, искусственные водоемы, болота) и подземные воды; воды морей и океанов.

На воды Мирового океана приходится 71 % площади земного шара. С 31,4 млрд км3 объема воды гидросферы около 96,5 % приходится на океан, 1,7 % - на подземные воды, 1,7 % - на ледники, меньше чем 0,01 % - на поверхностные воды (реки, озера, болота).

Прежде всего, востребованной является пресная вода. Главным источником пресной воды для промышленности, сельского хозяйства, бытовых нужд были и остаются речные воды. Распределены они неравномерно. Крупнейшие ресурсы полного речного стока сосредоточены в Азии и Латинской Америке, а наименее обеспеченной этим ресурсом является Австралия.

На экваторе и в северном умеренном поясе расположены страны с крупнейшими ресурсами полного речного стока. На душу населения здесь приходится 25 тыс. м3 воды в год. По этому показателю выделяют следующие страны, как Конго (320 тыс. м3), Либерия (75 тыс. м3), Канада (98 тыс. м3), Венесуэла (60 тыс. м3), Бразилия (43 тыс. м3), Норвегия (90 тыс. м3), Россия (30 тыс. м3).

В засушливых районах, которые занимают около 30 % территории Земли, дефицит воды ощущается особенно остро. Здесь расположены наименее водозабезпечени страны: Южная Африка, Саудовская Аравия, Египет, Индия, Китай.

Своеобразными кладовыми пресной воды являются озера и водохранилища. Так, в российском озере Байкал мстит 26 % мировых запасов пресных вод, а африканское озеро Виктория, являющийся крупнейшим по площади в мире, содержит столько же пресной воды, сколько содержат все водохранилища Индии.

Основную часть (69 %) мировых водных ресурсов человечество использует в сельском хозяйстве для орошения земель. Водные ресурсы используются в промышленности в качестве растворителей химических реагентов и технической воды для охлаждения, а также для производства электроэнергии.

Гидроэнергетические ресурсы - запасы энергии рек и водоемов, лежащих выше уровня моря. Половина этих запасов приходится на Китай, США, Россию, ДРК, Канаду, Бразилию. Используется для строительства ГЭС. Максимально гидроэнергоресурсы используются в Европе (Норвегия, Швеция, Швейцария) и в Северной Америке (Канада).

Лесные ресурсы - Древесные, технические, пищевые, кормовые, лекарственные и другие ресурсы, а также полезные природные свойства леса (защитные, водоохранные, оздоровительные).

Леса - «легкие» нашей планеты. Они играют важную Климатообразующий, водоохранную, почвозащитную, противоэрозионную и рекреационную роль. Лесные ресурсы относятся к исчерпывающих, однако возобновляемых ресурсов. Леса являются источником древесины, используемой в строительстве и мебельной промышленности. Лес также дает сырье для производства живицы, пробки, сырья для искусственных волокон. В лесу сосредоточены охотничье-промышленные угодья, кормовые (орехи, ягоды, грибы) ресурсы.

Леса занимают около 25 % поверхности планеты. Это составляет 41 млн км2 суши. Запасы древесины - 330 млрд м3. Эта цифра постоянно меняется: лес растет, его вырубают. К сожалению, темпы вырубки превышают темпы восстановления.

Условно все леса планеты делятся на два пояса: северный, включающий леса умеренного, субтропического поясов, и южный, охватывающий территории экваториального, субэкваториального и тропического поясов.

Половина лесных массивов приходится на северный лесной пояс. Это в основном хвойные леса. Значительная часть этих лесов приходится на Россию, Канаду, США. Среди стран северного лесного пояса следует выделить Финляндию, Швецию, где доля территории, покрытой лесом составляет 60 %.

Леса южного лесного пояса представлены в основном широколиственными породами. В пределах этого пояса особо выделяют Латинскую Америку как по показателям лесистости, так и по показателям запасов древесины. Лидером признан Бразилию. Она занимает третье место в мире (после России и Канады) по площади, покрытой лесами. Значительной лесистостью отмечаются такие небольшие по площади страны, как Суринам (96,2 %), Белиз (92,1 %), Гайана (83,8 %). На Африканском континенте большие запасы древесины сосредоточены в его центральной части. Здесь выделяют такие лесистые страны, как Демократическая Республика Конго, Камерун, Конго, Экваториальная Гвинея. Максимальными показателями лесистости отмечаются и островные страны Океании (Фиджи, Соломоновы Острова, Папуа-Новая Гвинея).

Страны, имеющие значительные запасы лесных ресурсов, являются основными поставщиками леса на мировой рынок. Поэтому в этих странах наблюдается тенденция к сокращению лесных массивов. Основная вырубка происходит в развивающихся, тропической части Америки и Азии. В этих странах практически не ведутся работы по лесовосстановление. Опасным стало вырубка лесов в горных районах. Это приводит к горному опустынивание. В развитых странах Северного полушария - Финляндии, Швеции, Канаде - лесовосстановление превышает вырубку.

За 20 лет мир потерял почти 200 миллионов гектаров лесных массивов. Это столько же, сколько составляет площадь США восточнее Миссисипи. Вместе со уничтожением лесов утрачаються уникальные ландшафты, исчезают тысячи видов растений и животных. Чрезвычайно катастрофические последствия сведения лесов в Амазонии и Индонезии.

## 4.5 Характеристика природных ресурсов Оренбургской области

Оренбургская область обладает значительным по величине минерально-сырьевым потенциалом, что является следствием уникальных особенностей ее геологического строения. Область относится к промышленно освоенным регионам Российской Федерации, являясь крупным производителем и, одновременно, потребителем минерального сырья. По добыче основных видов полезных ископаемых Оренбуржье занимает в России высокое место. Так, ежегодно на территории области добывается свыше 3 % нефти, газа и газового конденсата от общероссийского уровня, производится свыше 16 % медного и 24 % цинкового концентрата.

В Оренбуржье находится около 50 промысловых водоемов, крупнейшие из них – Ириклинское водохранилище (площадь зеркала 26 тыс.га) и река Урал, протяженностью в пределах области около 1164 километров.

Общее количество рек на территории Оренбургской области - 3492, их протяженность – 31584 км. Кроме того, на территории Оренбургской области находятся 47 естественных озер общей площадью зеркала около 30 тыс.га.

Реки и озера Оренбуржья являются местом обитания более 30 видов рыб. Наиболее ценные из них осетровые (белуга, осетр, севрюга) и частиковые (сазан, судак, щука, налим, карась, сом и др.). На реках Урал и Илек имеются нерестилища осетровых, площадью до 200 гектаров, которые являются заповедной зоной. Основные рыбохозяйственные водоемы - реки Урал и Сакмара, их притоки, Ириклинское водохранилище. В Ириклинском водохранилище, площадью 260 кв. км, обитают все виды рыб, представленные в реке Урал, кроме осетровых, а также климатизированные сиг и рипус. Для любительского рыболовства отведено множество специальных мест.

Природа края отличается исключительным разнообразием и удивительными контрастами. Холмистое «аксаковское лесостепье» с березовыми рощами, дубравами, липняками. Опаленные зноем степные увалы Общего Сырта с редкими лесными колками. Живописные лесистые отроги Уральских гор. Миниатюр­ные хребты, холмы и ущелья Губерлинского мелкосопочника. Бескрайние степные дали Зауралья с гранитными останцами и блюдцами заросших озер. Все эти ландшафты характерны для Оренбургской области. На ее территории граничат, а нередко и сочетаются природные комплексы лесостепной средней полосы России, степей Юго-востока, песчаных и солончаковых пустынь Среднего Прикаспия и Тургая, лесистых низкогорий Южного Урала, сосново-березового лесостепья Зауралья и Западной Сибири.

Общая площадь лесов Оренбургской области составляет 697,4 тыс. га, или 5,6 % её общей земельной площади. На территории земель лесного фонда Оренбургской области создано 28 лесничеств в границах 35-ти муниципальных районов.

«Жемчужиной Оренбургской области является Бузулукский бор, являющийся уникальным лесным массивом, расположенным на территории Оренбургской и Самарской областей на общей площади 106,8 тыс. га. На территорию Оренбургской области приходится 57,0 тыс. га или 8,2 % лесов области.

Учитывая особую ценность лесного массива, Правительство Российской Федерации приняло решение о создании в границах Бузулукского бора национального парка. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.12.2008 № 1952-р создано федеральное государственное учреждение «Национальный парк «Бузулукский бор».

Основная задача ФГУ «Национальный парк «Бузулукский Бор» заключается в сохранении единственного в степном Заволжье лесного массива, состоящего из реликтовых сосновых и сосново-широколиственных насаждений естественного и искусственного происхождения. Это один из старейших очагов отечественного лесоводства, где накоплен опыт выращивания леса в засушливых условиях. Специфика ландшафта парка заключается в уникальном сочетании лесных, степных, луговых и болотных сообществ.

Кроме лесов, находящихся в ведении ФГУ «Национальный парк «Бузулукский бор», на территории Оренбургской области имеются леса на землях иных категорий:

леса, расположенные на землях обороны и безопасности -17,6 тыс.га, или 2,5 % всех лесов области;

леса, расположенные на землях населенных пунктов (городские леса)- 10,3 тыс. га, или 1,5 % лесов области;

сельские леса, ранее находившиеся во владении сельскохозяйственных организаций, расположенные в границах населенных пунктов- 3,1 тыс.га (0,4 % всех лесов).

Средняя лесистость Оренбургской области составляет 4,6 % (по мировой классификации область считается безлесной).

Лесистость по отдельным лесничествам области неравномерна. Наибольшей лесистостью характеризуются зоны деятельности Тюльганского, Северного, Бугурусланского, Бузулукского, Илекского, Краснохолмского и Кувандыкского лесничеств, в которых она в 2-4 раза выше средней по области - от 6,6 до 19,1 %. В ряде лесничеств лесистость меньше 2 %- Домбаровское, Адамовское, Акбулакское, Первомайское, Соль-Илецкое, Орское- от 0,4 до 1,6 %.

Несмотря на незначительные площади лесов, имеющих большое видовое разнообразие, они выполняют исключительную роль в защите окружающей среды, а также выполняют противоэрозионные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и другие полезные функции. В этой связи все леса Оренбуржья отнесены к категориям защитных лесов».

Особенности географического положения Оренбургской области обусловили принадлежность ее территории к различным структурам в региональном геотектоническом плане. Область охватывает юго-восточную окраину Русской платформы, примыкающие к ней Предуральский краевой прогиб и северо-восточную (прибортовую) часть Прикаспийской впадины, пересекает субмеридиональные структуры герцинид южной ветви Уральской складчатой мегаструктуры. Эти особенности явились причиной уникального разнообразия комплекса полезных ископаемых на территории области и закономерности их распространения.

Так, в западной части области размещен комплекс полезных ископаемых, характерный для платформенных и субплатформенных областей. Это прежде всего: углеводородные полезные ископаемые - нефть и природный газ, асфальтиты, бурые угли и горючие сланцы; каменные и калийно-магнезиальные соли, фосфориты; мел, гипс, строительные пески и песчано-гравийные смеси, кирпичные глины.

Для восточной части области, охватывающей меридиональные структуры Уральского складчатого сооружения, основными полезными ископаемыми являются:

* руды цветных и черных металлов;
* рудное и россыпное золото;
* асбест;
* облицовочные и строительные камни;
* высококачественные известняки, доломиты, кварциты для металлургической промышленности;
* минеральные краски;
* бентонитовые, керамзитовые, керамические и кирпичные глины;
* цементное сырье;
* проявления редких земель.

Оренбургская область по объему разведанных запасов и добыче полезных ископаемых входит в ведущую группу регионов Российской Федерации. В регионе разведано 2500 месторождений 75 видов полезных ископаемых. В числе основных природных ресурсов: нефть, природный газ, медно-никелевые руды, асбест, каолины, соль, бурый уголь, золото.

## 4.6 Стандарты качества окружающей природной среды

Экологические стандарты — это нормативно-технические документы, устанавливающие обязательные для исполнения нормы, правила и требования к качеству товаров, работ и услуг. В России действуют стандарты международные, государственные (ГОСТы), отраслевые (ОСТы), а также стандарты предприятий. В системе стандартизации экологическим стандартам присвоен классификационный номер 17. Например, ГОСТ 17. 4.2.03-86. Охрана природы. Почвы. Паспорт почвы.

Стандарты качества окружающей среды (ОС) или экологические нормативы — это показатели, характеризующие критерии качества окружающей среды. Качество ОС — это возможная мера (интенсивность) использования ресурсов и условий среды для реализации нормальной, здоровой жизни и деятельности человека, не приводящая к деградации биосферы. Нормирование качества ОС проводят с целью установления предельно допустимых масштабов воздействия на ОС, гарантирующих экологическую безопасность человека и сохранение генофонда, обеспечение рационального природопользования и воспроизводства природных ресурсов. Кроме того, стандарты качества ОС необходимы для осуществления экономического механизма природопользования, т.е. для установления платежей за использование природных ресурсов и загрязнение ОС.

Нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ рассчитываются по их содержанию в атмосферном воздухе, почве, водах и устанавливаются для каждого вредного вещества (или микроорганизма) в отдельности. ПДК — это та концентрация загрязняющего вещества, которая еще не опасна для живых организмов. Напомним, что концентрация — это отношение единицы массы вещества к единице объема, измеряются концентрации в г/л или в мг/мл. В настоящее время выпущено много справочников, включающих величины ПДК более тысячи вредных веществ. Значения ПДК устанавливают, исходя из влияния вредных веществ на человека, и эти значения являются общепринятыми для всей территории и акватории РФ. В свое время Советский Союз был одним из первых государств, где были установлены довольно жесткие нормативы ПДК. В большинстве экономически развитых стран от показателей ПДК отказались, поскольку в реальном производстве в составе сточных вод или газовых выбросов находится, как правило, несколько веществ суммарный эффект от которых оказывается опасным для живых организмов и человека.

Более передовой в настоящее время является технология с использованием биотестов — определенных микроорганизмов, которые помещают в сточные воды или газообразные выбросы предприятия. В зависимости от выживания этих микроорганизмов сброс или выброс разрешают или запрещают.

Нормативы ПДВ (предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу) и ПДС (предельно допустимых сбросов сточных вод в водный объект) — это предельно допустимые массы (или объемы) вредных веществ, которые можно выбросить (сбросить) в течение определенного промежутка времени (как правило, за 1 год). Величины ПДС и ПДВ рассчитывают для каждого природопользователя на основании значений ПДК.

Нормативы предельно допустимых уровней (ПДУ) устанавливают безопасные пределы физического воздействия (шум, вибрация, электромагнитные поля и радиоактивное излучение) на ОС и здоровье человека.

Нормативы (лимиты) изъятия природных ресурсов устанавливают с учетом экологической обстановки в регионе, возможностей их возобновления или восстановления. Лимиты размещения отходов связаны с недопущением занятия огромных площадей потенциально сельскохозяйственных земель под свалки и помойки. Законодательство устанавливает нормативы санитарных и защитных зон охраны источников питьевого водоснабжения, курортных и лечебнооздоровительных местностей.

Технологические стандарты устанавливают определенные требования к технологиям как основных производственных процессов, так и к очистным сооружениям. Наилучшая из доступных технологий принимается в качестве эталона.

Стандарты качества продукции устанавливают четкие согласованные требования к готовой продукции, например, стандарты содержания вредных веществ (нитратов) в продуктах питания, стандарты содержания примесей в питьевой воде и т.д.

Таким образом, для расчета платежей за использование природных ресурсов и загрязнение ОС введены экологические нормативы (стандарты качества ОС).

## 4.7 Плата за загрязнение природной среды

Законом «Об охране окружающей среды» установлена плата за негативное воздействие на окружающую среду, которую вносят организации и физические лица, деятельность которых оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Плата за негативное воздействие на окружающую среду (или плата за загрязнение окружающей среды) является формой компенсации ущерба, наносимого загрязнением окружающей природной среде, и перечисляется предприятиями, учреждениями, организациями в бесспорном порядке.

Плата за негативное воздействие на окружающую среду взимается с природопользователей, осуществляющих следующие виды воздействия на окружающую природную среду:

* выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников;
* сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты;
* размещение отходов.

Порядок определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия, утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 28 августа 1992 года N 632 (с изменениями на 12 февраля 2003 года). Постановлением Правительства РФ от 12 июня 2003 года N 344 установлены два вида нормативов платы по каждому ингредиенту загрязняющего вещества (отхода), с учетом степени опасности для окружающей природной среды и здоровья населения:

* за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления в пределах допустимых нормативов;
* за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления в пределах установленных лимитов (временно согласованных нормативов).

Для отдельных регионов и бассейнов рек устанавливаются коэффициенты к нормативам платы, учитывающие экологические факторы - природно-климатические особенности территорий, значимость природных и социально-культурных объектов. Постановлением Правительства РФ от 12 июня 2003 года N 344 установлено, что нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления применяются с использованием коэффициентов, учитывающих экологические факторы и дополнительного коэффициента 2 для особо охраняемых природных территорий, в том числе лечебно-оздоровительных местностей и курортов, а также для районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей, Байкальской природной территории и зон экологического бедствия.

Нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ установлены в рублях за 1 тонну по 214 видам загрязняющих веществ. Нормативы платы за сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты установлены в рублях за 1 тонну по 198 видам загрязняющих веществ.

Расчет платежей производится организациями (индивидуальными предпринимателями) с применением нормативов платы и коэффициентов, учитывающих экологические факторы, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 12 июня 2003 года N 344. При расчете используются дифференцированные ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду, которые определяют умножением нормативов платы на коэффициенты, учитывающие экологические факторы по территориям и бассейнам рек, и при необходимости на дополнительный коэффициент 2 для особо охраняемых природных территорий, в том числе лечебно-оздоровительных местностей и курортов, районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей, Байкальской природной территории и зон экологического бедствия. Платежи рассчитываются исходя из массы загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду, указанных в выданных организациям разрешениях на выбросы, сбросы загрязняющих веществ и размещение отходов.

Порядком определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия, утвержденным, Постановлением Правительства РФ от 28.08.92 г. N 632 (с изменениями на 12 февраля 2003 года) определены три вида платежей за загрязнение окружающей среды:

* в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы выбросов, сбросов загрязняющих веществ, объемы размещения отходов;
* в пределах установленных лимитов (временно согласованных нормативов);
* за сверхлимитное загрязнение окружающей среды.

При загрязнении окружающей природной среды в результате аварии по вине природопользователя плата взимается как за сверхлимитное загрязнение.

Плата за загрязнение окружающей природной среды в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы выбросов и сбросов загрязняющих веществ, объемы размещения отходов определяется путем умножения соответствующих дифференцированных ставок платы на величину указанных видов загрязнения и суммирования полученных произведений по видам загрязнения.

Плата за загрязнение окружающей природной среды в пределах установленных лимитов определяется путем умножения соответствующих дифференцированных ставок платы на разницу между лимитными и предельно допустимыми выбросами, сбросами загрязняющих веществ, объемами размещения отходов и суммирования полученных произведений по видам загрязнения.

Плата за сверхлимитное загрязнение окружающей природной среды определяется путем умножения соответствующих дифференцированных ставок платы за загрязнение в пределах установленных лимитов на величину превышения фактической массы выбросов, сбросов загрязняющих веществ, объемов размещения отходов над установленными лимитами, суммирования полученных произведений по видам загрязнения и умножения этих сумм на пятикратный повышающий коэффициент.

В случае отсутствия у природопользователя оформленного в установленном порядке разрешения на выброс, сброс загрязняющих веществ, размещение отходов вся масса загрязняющих веществ учитывается как сверхлимитная.

# Список использованных источников

1. Акимова, Т. А. Экология: учебное пособие / Т. А. Акимова,  В. В. Хаскин. -  Москва :  ДОНИТИ, 2005. – 311 с.
2. Анучин, В. А. Основы природопользования. Теоретический аспект / В. А. Анучин. – Москва : Мысль, 1978. – 291 с.
3. Благосклонов, К. Н. Охрана природы / К. Н. Благосклонов, А. А. Иноземцев, В. Н. Тихомиров. - Москва : Высш. школа, 1967. - 442 с.
4. Булгакова, М. А. Зоологический мониторинг пастбищных экосистем Оренбургского Предуралья  / М. А. Булгакова, Е. А. Булгаков // Аграрный вестник Урала. – Екатеринбург : Издательство УрГСХА, 2013. - № 2. - С. 43-45.
5. Булгакова, М. А. Влияние пастбищной дигрессии на основные свойства лесостепных и степных черноземов Предуралья: автореф. дис. … канд. биол. наук / М.А. Булгакова. - Оренбург, 2013. - 24 с.
6. Гаевская, М. А. Изменение свойств лесостепных и степных черноземов при различных антропогенных нагрузках как фактор влияния на состав и численность почвенной мезофауны / М. А. Гаевская // Вестник Оренбургского гос. ун-та. - 2011. - № 12(131). - С. 49-51.
7. Горелов, А. А. Экология: учебное пособие / А. А. Горелов. - Москва : Центр, 2003. – 189 с.
8. Гумилев, Л. Н. Этногенез и биосфера Земли / Л. Н. Гумилев. - Москва : Мишель и Ко, 1993. – 206 с.
9. Дерябо, С. Д. Экологическая педагогика и психология: учебное пособие для студентов вузов / С. Д. Дерябо, В. А. Ясвин. - Ростов-на-Дону : «Феникс», 1996. – 477 с.
10. Исаченко, А. Г. Введение в экологическую географию: учебное пособие / А. Г. Исаченко. – Санкт - Петербург : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2003. – 192 с.
11. Карташова, Е. Р. Биоцентризм и устойчивое развитие / Е. Р. Карташова, А. В. Олескин // Вестник Российского философского общества. – 2005. - №4 (36). – С. 181-184.
12. Комисарова, Э. С. Генетические связи природных систем как детерминанты природопользования / Э. С. Комисарова // Географические аспекты охраны природы. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т., 1990. – C. 10-21.
13. Корытный, Л. М. Бассейновая концепция в природопользовании / Л. М. Корытный. – Иркутск : Изд-во Института географии СО РАН, 2001. – 163 с.
14. Котова, Е. Н. Анализ озелененности жилых районов Северного округа г. Оренбурга / Е. Н. Котова, Л.В. Галактионова, М.А. Булгакова // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 7. – С. 86-90.
15. Куражковский, Ю. Н. Очерки природопользования / Ю. Н. Куражковский. - Москва  : Мысль, 1969. – 272 с.
16. Любичанковский, В. А. Судьба различных способов освоения человеком мира в культуре XXI века / В. А. Любичанковский // Credo new: Теоретический журнал. – 2005. - № 3. – С. 134-142.
17. Михайлов, Ю. П. Географические грани процесса природопользования / Ю. П. Михайлов // География и природные ресурсы. – 1980. – № 3. – С. 159-164.
18. Моисеев, А. Н. Экология в современном мире / А. Н. Моисеев // Энергия. - 2004. - № 4. – С. 14-19.
19. Мотрошилова, Н. В. Варварство как оборотная сторона цивилизации / Н. В. Мотрошилова  // Вестник Российского философского общества. – 2005. - №4 (36). – С. 24-33.
20. Назаретян, А. П. Цивилизационные процессы в контексте Универсальной истории (синергетика – психология – прогнозирование): 2-е изд. / А. П. Назаретян. – Москва  : Мир, 2004. – 367 с.
21. Нефедова, Т. Г. Проблемы природопользования: методические подходы к изучению, картографированию, районированию / Т. Г. Нефедова // Известия АН СССР. – Сер. Геогр. – 1990. – № 4. – С. 71-85.
22. Новиков, Ю. В. Экология, окружающая среда и человек / Ю. В. Новиков. – Москва : Мир, 2001. – 275 с.
23. Петров, К. М. Общая экология: учебное пособие для вузов / К. М. Петров. – Санкт – Петербург : Химия, 1998. - 352 с.
24. Прохоров, Б. Б. Экология человека: понятийно-терминологический словарь / Б. Б. Прохоров. - Москва  : Изд-во МНЭПУ, 1999. - 348 с.
25. Рахилин, В. К. Общество и живая природа. Краткий очерк истории взаимодействия / В. К. Рохлин. - Москва : Наука, 1989. - 214 с.
26. Реймерс, Н. Ф. Охрана природы и окружающей человека среды / Н. Ф. Реймерс. – Москва : Просвещение, 1992. – 320 с.
27. Русанов, А. М. Состав и численность почвенной мезофауны пастбищных экосистем степной зоны Урала / А. М. Русанов, М. А. Булгакова // Экология. – 2016. - №1. – С. 56-61.
28. Русанов, А. М. Изменения в сообществе почва-растение-почвенная мезофауна под влиянием антропогенной нагрузки / А. М. Русанов, М. А. Гаевская // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2011. - № 12(131). – С. 129-131.
29. Rusanov, A. M. Composition and abundance of soil macrofauna in pasture ecosystems of the steppe zone of the Urals / A. M. Rusanov, M. A. Bulgakova // Russian Journal of Ecology. - 2016. - Vol. 47, iss. 1. - Р. 68-73.
30. Рунова, Т. Г. Рациональное природопользование как объект экономико-географического изучения / Т. Г. Рунова // Известия АН СССР. – Сер. геогр. – 1985. – № 2. – С. 46-58.
31. Саушкин, Ю. Г. Экономическая география: история, теория, методы, практика / Ю. Г. Саушкин. - Москва : Мысль, 1973. - 198 с.
32. Смольянинов, В. М. Общее землеведение: литосфера, биосфера, географическая оболочка: учебно-методическое пособие / В. М. Смольянинов, А. Я. Немыкин. – Воронеж : Истоки, 2010 – 193 c.
33. Степин, В.С. Философия и поиск новых ценностей цивилизации / В. С. Степин // Вестник Российского философского общества. – 2005. - № 4 (36). – С. 10-24.
34. Хабаров, А. В. Социально-экологические проблемы организации природопользования, землепользования / А. В. Хабаров, В. Д. Склабан // Рациональное природопользование в условиях техногенеза: сб. научн. тр. / под ред. А.В. Хабарова и В. Д. Скалабана. – Москва : Папирус ПРО, 2000. – С. 6-23.
35. Швейцер, А. Благоговение перед жизнью / А. Швейцер. – Москва : Прогресс, 1992. – 234 с.
36. Шицкова, А. П. Гармония или трагедия? Научно-технический прогресс, природа и человек  / А. П. Шицкова, Ю. В. Новиков. - Москва : Наука, 1989. - 270 с.