

Лекция №13. БИОСФЕРА. БИОЦЕНОЗ. БИОГЕОЦЕНОЗ

Сегодня нет достаточно четкого определения о том, что такое *жизнь*. С точки зрения философии, *жизнь* – это особая форма существования белковых структур. С точки зрения системного подхода, жизнь – это форма существования макроскопических гетерогенных открытых систем, далеких от равновесия, способных к самоорганизации, саморегуляции и самовоспроизведению. Весь мир живых существ в настоящее время подразделяют на две большие систематические группы:

- прокариоты
- эукариоты.

Прокариоты (от лат. pro – вперед, вместо и греч. karyon – ядро) – организмы, не обладающие, в отличие от эукариотов, оформленным клеточным ядром и типичным хромосомным аппаратом. Наследственная информация у них реализуется и передается через ДНК, типичный половой процесс отсутствует. Это самые низкоорганизованные живые организмы, к ним относятся бактерии, сине-зеленые водоросли. В системе органического мира прокариоты составляют *надцарство*. Прокариоты могли существовать в совершенно невыносимых условиях, которые сложились на нашей планете 3 млрд лет назад – интенсивная ультрафиолетовая радиация, не удерживаемая озоновым слоем, высокие температуры, отсутствие кислорода в атмосфере.

Эукариоты (от греч. eu – хорошо, полностью и karyon – ядро) – организмы, обладающие в отличие от прокариотов, оформленным клеточным ядром, отделенным от цитоплазмы ядерной оболочкой. Генетический материал у них заключен в хромосомах, характерен половой процесс. К ним относятся все организмы, кроме бактерий.

Примитивный живой организм, получая с питанием поток энергии, преобразует его в процессе жизнедеятельности с некоторым коэффициентом полезного действия и производит продукты своей жизнедеятельности, важнейшим из которых является идентичное воспроизводство себе подобных – *самокопирование*. Кроме самокопирования живой организм производит и некоторую побочную продукцию. Вновь образованные живые организмы (копии) включаются в процесс воспроизводства, чем и обеспечивается рост потока свободной энергии.

В зависимости от типа питания организмы можно разделить на:

- автотрофы
- гетеротрофы.

Автотрофы (от авто... и греч. trope – пища, питание) (автотрофные организмы), организмы, синтезирующие из неорганических веществ (главным образом воды, диоксида углерода, неорганических соединений азота) все необходимые для жизни органические вещества, используя энергию фотосинтеза (все зеленые растения - *фототрофы*) или хемосинтеза (некоторые бактерии - *хемотрофы*). Автотрофы, основные продуценты органического вещества в биосфере, обеспечивают существование всех других организмов.

На слайде - сообщества микроорганизмов чёрных курильщиков являются хемотрофами и являются основными продуцентами на дне океанов.

Гетеротрофы (от гетеро... и греч. *trophe* - пища) (гетеротрофные организмы) - используют для своего питания готовые органические вещества. К гетеротрофам относятся человек, все животные, некоторые растения, большинство бактерий, грибы.

В зависимости от переработки и усвоения косной материи выделяют три типа организмов:

- **продуценты** - непосредственно перерабатывающие косную материю, к ним относятся водоросли, микроорганизмы, растения;
- **консументы** - использующие для переработки продуцентов (растительноядные животные);
- **редуценты** - живущие за счет консументов (хищники, паразиты).

Соотношение между разными типами организмов можно представить в виде “волчка жизни” (по Н.Ф. Реймеру) (рис. 1).

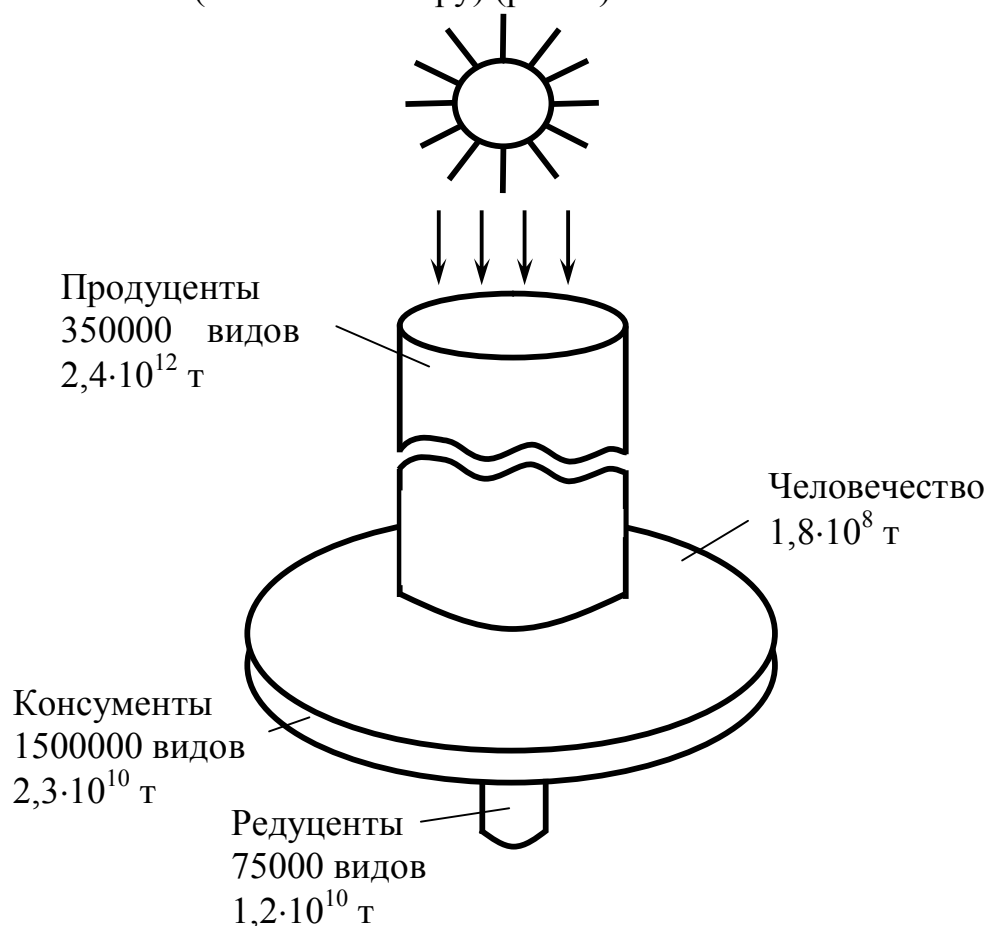


Рис. 1. Волчок жизни (указаны количество видов и биомассы)

Баланс солнечной энергии на Земле. На каждый м^2 поверхности Земли от Солнца ежесекундно приходит энергия 1370 Дж. Эта энергия неравномерно распределена по спектральному диапазону. Учитывая поглощение излучения атмосферой, можно сказать, что из дошедшего до Земли излучения 10% приходится на коротковолновый (УФ) диапазон, 45% – на видимую часть спектра, 45% – на ИК – диапазон. УФ излучение с длиной

волны $< 0,3$ мкм практически полностью поглощается озоновым слоем. Земля отражает часть падающей солнечной энергии. Мера этого (*альбедо*) определяется через отношение падающей и отраженной энергии. Величина альбедо зависит от характера поверхности. Чистый сухой снег отражает 90 – 95% падающей энергии (поэтому в горах крайне опасно находиться без светозащитных очков, можно ослепнуть – снежная слепота); сырой снег – 40–45%; сплошной тонкий покров – 10–25%. В среднем 30% энергии отражается, 69% идет на нагрев поверхности Земли и испарение воды, 0,2% тратится на механическую работу волн, течений, ветра и лишь 0,8% поступает в живую природу через *фотосинтез – процесс образования клетками высших растений, водорослей и некоторыми бактериями органических веществ*. Основная энергия поступает в неживую природу. При этом только около 1% падающей на растение солнечной энергии превращается в потенциальную энергию химических связей синтезированных органических веществ. Более половины этой энергии расходуется на обеспечение жизни самих растений и так далее.

Для характеристик процессов на макроскопическом уровне можно использовать понятие продуктивности. (*Скорости образования органического вещества на единицу площади или объема*) живых организмов. По оценкам, средняя чистая продуктивность 1 м^2 Земли составляет 0,3 кг в год. Это очень мало. При этом до 75% полной продуктивности в высоких широтах и 40% – в низких широтах переходит в чистую продуктивность. То есть в высоких широтах эффективность фотосинтеза выше. Низкая продуктивность биосферы есть проявление общесистемного правила: *энергетическая стоимость поддержания структуры зависит от ее размеров*. Чем больше и сложнее система, тем больше энергии необходимо тратить на внутренние потребности самой.

Ограничителем роста системы является соотношение прихода и расхода энергии. Когда они равны, рост системы прекращается. Количество живого вещества, поддерживаемое в этих условиях, называется *максимальной емкостью среды*. По экспертным оценкам, оптимальная емкость, способная сохраняться длительное время, должна быть не более половины максимальной.

Энергия Солнца используется только один раз. Она связывается зелеными растениями и далее циркулирует по *пищевым цепям*, проходя через травоядных, хищников и деструкторов (микроорганизмы, грибы и тому подобное, питающиеся мертвым органическим веществом.). В конце концов, энергия Солнца освобождается в виде тепла. Чем длиннее пищевые цепи, тем дольше солнечная энергия пребывает в структуре оборота живого вещества. Пищевые цепи не могут быть длинными, так как с одного звена на другое переходит не более 10% массы вещества, вовлеченного в круговорот. В любой пищевой цепи только часть энергии используется на накопление биомассы. Поэтому биомасса предшествующего звена всегда более, чем следующего. В противном случае исчезли бы ресурсы для развития живой материи.

Данное явление было изучено Ч. Элтоном и носит название пирамиды Элтона. Пример такой пирамиды продемонстрирован модельным расчетом. Пусть имеется поле люцерны площадью 4 га. На этом поле пасутся телята (едят только люцерну), а телятиной питается 12-летний мальчик. Оценки показывают, что люцерна использует только 0,24% падающей на поле солнечной энергии, не более 6% которой приходится на телят. Всего 0,7% энергии накопленной телятами, расходуется на рост и развитие ребенка с 12 до 13 лет. Правило пирамиды универсально, оно объективно отражает круговорот веществ и энергии в биосфере.

Уровни организации живой природы. Структурные уровни организации живого вещества могут быть представлены в следующей последовательности (рис. 2).

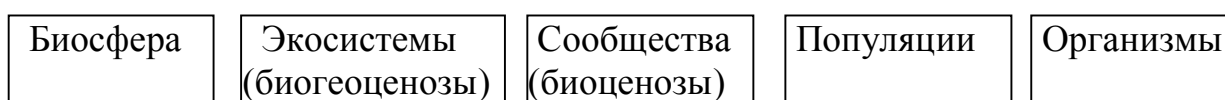


Рис. 2. Структурные уровни организации живого

Проявления жизни чрезвычайно разнообразны. Структурные уровни организации живой материи отражают критерий масштабности мира живой природы. Известным генетиком И.В.Тимофеев-Ресовский выделил четыре уровня организации живой материи: **молекулярно-генетический, онтогенетический, популяционно-видовой и биогеоценозный**. При этом критериями должны быть элементарные структуры и явления, которые проявляются на данном уровне. Деление живой материи на уровни весьма условно, но отражает системный подход в изучении природы.

1. **Молекулярный или молекулярно-генетический уровень** – предмет молекулярной биологии и генетики. Рождение этих наук отражает интеграционные процессы в современном естествознании. В них изучаются механизмы передачи генной информации, проблемы генной инженерии и биотехнологий. Любая живая система проявляется на уровне взаимодействия молекул.

Основные структуры – коды наследственной информации – представлены молекулами ДНК. Они разделены по длине на элементы кода – триплеты азотистых оснований (гены). Элементарные явления – процессы передачи информации внутриклеточным управляющим системам и связанные с генами мутации. Основные управляющие системы используют матричный принцип, т.е. служат матрицами, рядом с которыми строятся соответствующие макромолекулы. Матрицей при синтезе белков в клетках служит заложенный в структуре нуклеиновых кислот определенный код. Знание этого уровня обеспечивает понимание процессов и на других уровнях.

Было показано, что живое вещество обладает способностью к саморегуляции, поддерживающей жизнедеятельность и препятствующей неуправляемому распаду структур и веществ и рассеянию энергии, тогда как

мертвое органическое вещество подвержено самопроизвольному распаду. В то же время организму присущи свойства, отличные от свойств составляющих его частей.

2. **Онтогенетический уровень** – следующий уровень организации жизни, на котором изучается организм как целостная сложная саморегулирующая система, способная самостоятельно существовать. Внутри него выделяют организменный и органно-тканевый подуровни, отражающие признаки отдельных особей, их строение, физиологию, поведение, а также строение и функции органов и тканей живой материи. **Онтогенез** – процесс реализации наследственной информации, закодированной в зародышевой клетке. Проверяется согласованность ее с работой управляющих систем особи в пространстве и времени жизни на Земле. Термин онтогенез ввел Э.Геккель (1866 г.) для рассмотрения структурной и функциональной организации отдельных организмов. **Филогенез** (от греческого *phyllos* – племя, раса и *geneticos* – имеющий отношение к рождению) – историческое развитие организмов (рис. 3). В биологии филогенез рассматривает развитие биологического вида во времени. **Онтогенез** есть краткое повторение **филогенеза**.



Рис. 3. Филогенез

Особь, индивид – элементарная неделимая единица жизни на Земле. Элементарными структурами являются клетки. **Клетка** – структурная и функциональная единица, а также единица размножения и развития всех организмов. Клеточный, субклеточный подуровни отражают процессы специализации клеток и внутриклеточных внедрений. Процессы в самой клетке происходят в специализированных органоидах. Живая клетка – это

сложная высоко-упорядоченная система. Установлено, что в клетке непрерывно совершается синтез крупных молекул из мелких и простых (анаболические реакции, на которые тратится энергия) и их распад (катаболические реакции). Совокупность их в клетке есть процесс **метаболизма**. Особи, изучаемые на этом уровне, не существуют абсолютно изолированно в природе, они объединены на более высоком уровне организации – на уровне популяции.

3. **Популяционно-видовой** – следующий уровень организации жизни на Земле – образуется, когда относящиеся к одному виду особи сходны по структуре, имеют одинаковый кариотип (греч. *karyon* «орех, ядро ореха»; здесь – ядро клетки) и единое происхождение, способны к скрещиванию и дают плодовитое потомство. **Популяция** – совокупность особей одного вида, занимающих одну территорию и обменивающихся генетическим материалом. Популяция – часть вида, т.е. все составляющие ее особи принадлежат к одному виду. Она более однородна по составу, поскольку между ее особями происходит непрерывный обмен генами. Все живое существует в популяциях, согласно правилу, сформулированному С.С. Четверинным. У каждой из них есть свои конечные границы – минимальная и максимальная численности, пределы воспроизводства (рис. 4). Место жизнедеятельности популяции получило название **ареала**. Границы ареала подвижны и причудливы по форме – ленточные, островные, диффузные. **Популяция** – элементарная единица в современной теории эволюции. Элементарное явление – мутация. На популяцию могут оказывать давление и вызывать ее изменение – **мутационный процесс, популяционные волны, изоляция и естественный отбор**. При нарушении изоляции между различными популяциями происходит скрещивание или обмен генами. Этот уровень важен при определении численности популяций и эволюции живого.

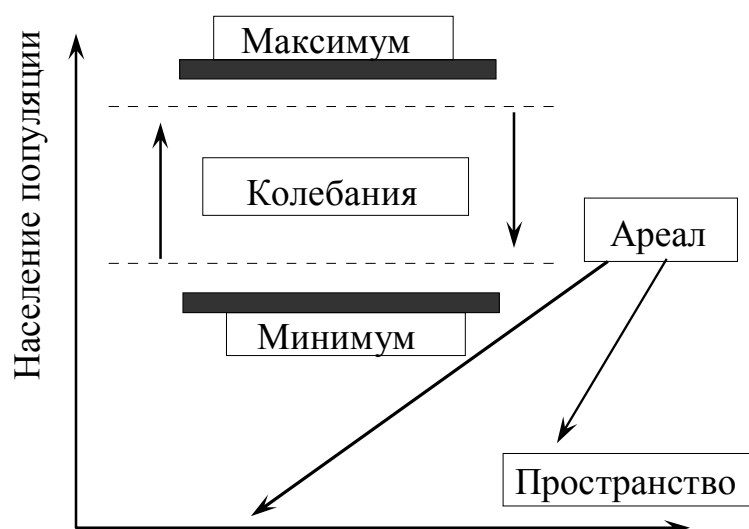


Рис. 4. Структура популяции

Вид. Определение биологического вида как особого явления органической природы дал в 1686 году ботаник Дж. Рей. **Вид** является совокупностью практически тождественных друг другу организмов,

способных оставлять потомство. Еще тогда были установлены три существенные черты, присущие биологическому виду:

- вид представлен множеством особей (организмов);
- организмы сходны морфологически (по внешнему облику) и физиологически (по характеру обмена веществ и другим функциям);
- вид самопроизводится в природе.

В наше время к этим существенным чертам добавились:

- устойчивость (по отношению к внешним воздействиям);
- дискретность (в отличиях одного вида от другого);
- историчность (можно проследить развитие вида);
- экологическая и географическая определенность (виды имеют свое определенное место в биогеоценозе);
- целостность (черта, близкая к дискретности, каждый вид существенно отличается от другого, отличия внутри вида несущественны).

Вид – генетически замкнутая система. Поскольку между видами не может быть скрещивания, то возникшая мутация не выйдет за пределы вида. Организмы, обитающие на изолированных островах, образуют подвид, иногда подвид образуют группы популяций.

Появление нового вида связано с эволюционными изменениями. Одни виды существуют непродолжительное время и исчезают. Другие живут достаточно долго и претерпевают незначительные изменения, направленные на приспособление к изменениям окружающей среды, третьи способны дать начало новым видам.

Новая видовая форма может возникнуть:

- как результат отдаленной (межвидовой) гибридизации;
- на основе полиплодии в сочетании с отдаленной гибридизацией;
- на основе хромосомных aberrаций;
- на основе уродств;
- на основе симбиоза.

Судьба возникшей видовой формы зависит от направления и интенсивности отбора. Выделяют:

- направленный отбор (благоприятствующий формированию новой видовой формы);
- стабилизирующий отбор (поддерживающий сложившуюся ситуацию);
- разрабатывающий отбор (формирующий устойчивую популяцию, отличную от родительской).

Еще одной составляющей процесса появления нового вида является изоляция возникшей тем или иным способом видовой формы. Выделяются два основных типа изоляции:

- пространственная, являющаяся следствием физической непреодолимости географического пространства, физико-химических и иных условий;
- репродуктивная, вызванная несовпадением генетических систем (абсолютная), и относительная (препятствующая размножению по тем

или иным причинам – различное поведение, сроки размножения, структура и размеры организма).

После выделения новой видовой формы и становления нового вида наступает период устойчивости вида, и он занимает определенное положение в природе.

Животный мир более разнообразен, чем растительный. По современным оценкам, на Земле обитает от 1,5 до 2 млн видов животных и около 500 тыс видов растений. Но среди животных 75% приходится на долю членистоногих, но не все виды еще открыты. Позвоночных – менее 4%, из них 1/2 – виды рыб, а млекопитающих – еще на порядок меньше. Из 3500 видов млекопитающих 2500 – грызуны. В растительном мире около 150 тыс. видов покрытосеменных (цветковых) растений, развившихся из голосеменных (семенных папоротников или близких к ним растений). Часть папоротников вымерла. К голосеменным относятся и хвойные растения, которые вместе с покрытосеменными – деревьями, кустарниками, травами – образуют растительный покров Земли. Водоросли (14 тыс.) идут после грибов (70 тыс.) и мхов (15 тыс.). Такое распределение численности видов на Земле сформировалось путем длительной эволюции. Из соотношения сухопутных (93%) и водных (7%) видов можно заключить, что возможность видообразования на суше была выше, чем в воде, и выход на сушу, носивший выборочный характер, открыл перспективы прогрессивной эволюции. Попутно отметим, что на суше преобладают растения, в воде – животные.

Соотношениям общих масс видов живой природы, или биомасс на Земле следующее: мировой океан занимает около 70,8% земной поверхности, но его биомасса – всего 0,13% суммарной массы живых организмов; масса живого вещества сосредоточена в основном в сухопутных растениях. Организмов, не способных к синтезу, менее 1%, хотя по числу видов они составляют 1/5 всех организмов. На 79% видов животных приходится 1% всей биомассы Земли. Отсюда: чем выше уровень видовой дифференциации, тем меньше соответствующая ему биомасса, и наоборот,

4. **Биогеоценозный уровень** – следующий уровень структуры живой материи. Популяции разных видов, населяющие участок земной поверхности или водоем с определенными природно-климатическими условиями (среда обитания, или геоценоз), и связанное с ними сообщество растений, животных и микроорганизмов образуют неразделимый взаимообусловленный (с динамичными обратными связями) комплекс – **биоценоз**. (**Биоценоз** - взаимосвязанная совокупность микроорганизмов, растений, грибов и животных, населяющих более или менее однородный участок суши или водоема.) Это понятие ввел В.Н.Сукачев (1940 г.). Биоценоз является закрытой системой для чуждых популяций и открытой – для своих. Между последними устанавливаются разнообразные отношения – антагонизма, конкуренции, кооперации и паразитизма (рис. 5).

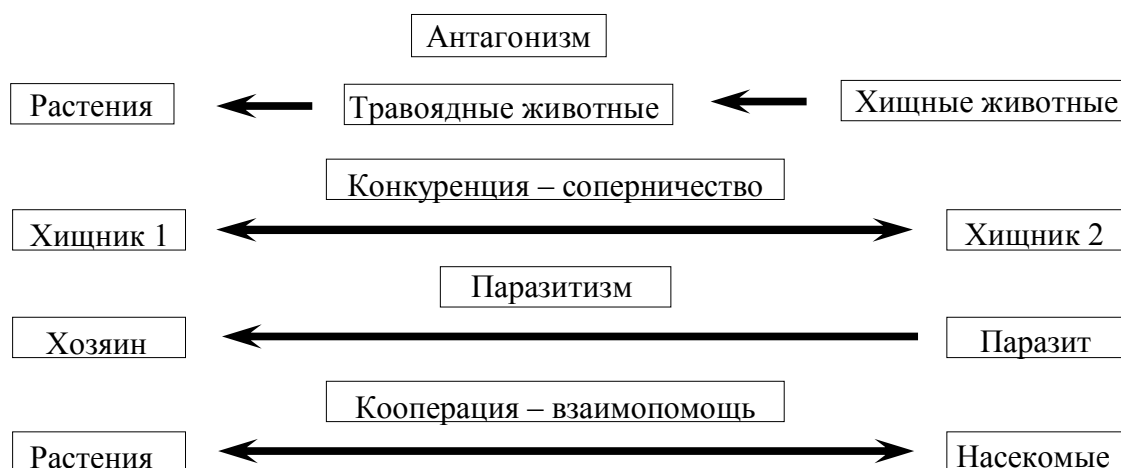


Рис. 5. Биоценоз

Биогеоценоз автономен и саморегулируем и поэтому является элементарной единицей этого уровня и служит средой для входящих в него популяций.

Биотоп (возможно тоже что и экотоп) (био... и греч. *topós* — место), участок земной поверхности (суши или водоёма) с однотипными абиотическими условиями среды (рельеф, почвы, климат и т.п.), занимаемый тем или иным биоценозом.

Экотоп – местообитание организмов, характеризующееся определенным сочетанием экологических факторов: почв, грунтов, микроклимата и др. греч. *topos* – место.

Экологическая ниша – место в биогеоценозе, которое занимает вид, не конкурируя с другими видами за источник энергии. Экологическая ниша есть совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе. Обычно экологические ниши заняты одним видом.

Биомы – крупнейшие наземные сообщества, тесно связанные с определенными природными зонами и поясами. Растения и животные существуют в тесной зависимости от окружающей неживой природы и от других организмов, испытывают на себе их воздействие и приспосабливаются к ним.

Биогеоценоз или экосистема (от био..., гео... и греч. *koinós* — общий), взаимообусловленный комплекс живых и косных компонентов, связанных между собой обменом веществ и энергии; одна из наиболее сложных природных систем (Рис. 6). Изучением взаимоотношений совместно живущих организмов и их зависимости от внешней среды занимается отрасль биологии – **экология**. Этот термин предложил в 1866 г. немецкий биолог-эволюционист Э.Геккель, сторонник и пропагандист учения Дарвина.

Совокупность биогеоценозов составляет земную биосферу, они связаны круговоротом вещества и передачей энергии, в этом круговороте жизнь выступает ведущим фактором (В.И.Вернадский, В.Н.Сукачев). Отметим, что *круговорота энергии* в биогеоценозе нет. Это и понятно, энергия

перерабатывается в тепло, распределяющееся в пространстве. С предшествующего уровня на последующий переходит только 10% энергии. Эколог Ю. Одум различает следующие основные биогеоценозы мира (табл. 1).

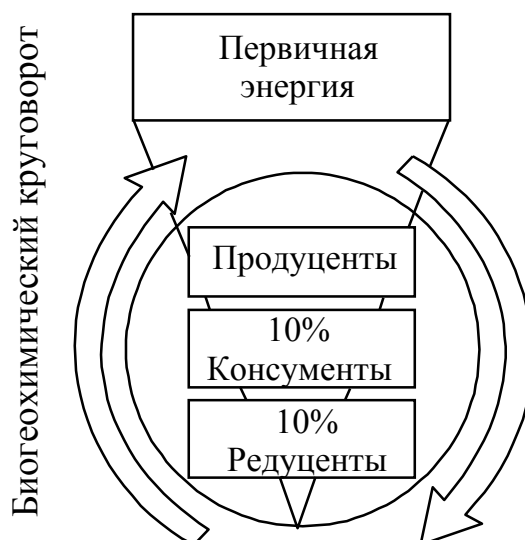


Рис. 6. Биогеохимический круговорот

Таблица 1

Некоторые характеристики наземных биогеоценозов (экосистем)

Биогеоценоз (экосистема)	Площадь млн км ²	Площадь %	Продуктивность т/га	Количество энергии, 10 ¹¹ Дж
Леса	41	28	7	48
Обрабатываемые земли	15	10	6	15
Степи и луга	26	17	1,5	18
Пустыни	54	36	1	9
Полярные зоны	13	9	0	–
Итого	149	100	15,5	90

1. **Моря.** Огромные, наиболее густо, но неравномерно заселенные биогеоценозы.

2. **Эстуарии (устья рек или заливы) и морские побережья** – полоса разнообразных биогеоценозов, лежащая между морями и континентами. Эта своеобразная переходная зона кипит жизнью. Эти зоны являются самыми продуктивными биогеоценозами. Их основные особенности – интенсивная циркуляция питательных веществ, разнообразие растительных организмов и животных.

3. **Ручьи и реки** – особые биогеоценозы пресных проточных вод. Эти биогеоценозы наиболее полно используются человеком.

4. **Озера и пруды.** Водоемы со стоячей пресной (и соленой) водой. Видовое разнообразие невелико.

5. **Пресноводные болота.** Характеризуются колебаниями уровня пресной воды. Если эти колебания значительны, то по своим возможностям

они приближаются к эстуариям или заливам. В случае их отсутствия вытесняются древесной растительностью.

6. **Пустыни** – биогеоценозы, формирующиеся в районах, где в год выпадает < 250 мм осадков, а также в областях с очень жарким климатом и редко выпадающими осадками.

7. **Тундра**. Занимает положение между лесами и Ледовитым океаном, а также в высокогорье.

8. **Травянистые ландшафты** – степные биогеоценозы, формирующиеся в областях, где среднегодовое выпадение осадков лежит в пределах от 250 до 750 мм.

9. **Леса** – биогеоценозы, по продуктивности, биомассе и роли в биологической регуляции на планете уступающие только морям.

Т.о. биогеоценоз – это открытая система, имеющая энергетические “входы” и “выходы”, которые связывают соседние биогеоценозы. Как уже было сказано ранее (см. лк . № 18), **биосфера** – самый высокий подуровень организации жизни на Земле. Рациональное использование природы немислимо без знания структуры и функционирования биогеоценозов.