

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

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

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. РЭТЭМ, д.т.н.

_____ В.И.Туев

« _____ » _____ 2012г.

Учебное методическое пособие по дисциплине

УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

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

2012

«Учение о биосфере». Учебное методическое пособие для специальностей и направлений по экологии и природопользованию, геоэкологии, экологии.

Разработчик – С.А.Полякова. – Томск: 2012.

Учебное методическое пособие по «Учению о биосфере» предназначено для студентов, обучающихся по специальностям, базирующихся на направлении «Экология и природопользование». Оно включает в себя разделы современных концепций биосферно-ноосферной общности, законов эволюции биосферы, особенностей ее развития под влиянием человеческой деятельности, структуре и происхождению, биосферы Земли, о происходящих в ней процессах и явлениях. В пособии для каждой темы прилагается список вопросов, ответы на которые помогут студентам закрепить изученный материал.

@ Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники.

Оглавление

1 ВВЕДЕНИЕ.....	4
2 ПОНЯТИЕ О БИОФЕРЕ	5
3 УЧЕНИЕ В. И. ВЕРНАДСКОГО О БИОСФЕРЕ.....	6
3.1 Предпосылки создания учения	6
3.2 Формы и вещественный состав биосферы	8
3.3 Структура биосферы	11
3.4 Общие свойства биосферы	13
3.5 Границы распространения жизни в биосфере.....	16
4 ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО ПЛАНЕТЫ	20
4.1 Понятие о живом веществе.	20
4.2 Биопродуктивность живого вещества.....	22
4.3 Характерные особенности живого вещества.....	23
4.4 Функции живого вещества	25
5 СОСТАВ, СВЯЗИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ БИОСФЕРЫ	30
6 КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В БИОСФЕРЕ. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ	36
7 ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ.	39
7.1 Проблема происхождения жизни на Земле. Теории и гипотезы.....	39
7.2 Жизнь и гидросфера.....	41
7.3 Биосфера и Космос.....	43
7.4 Гляциосфера и биосфера.	46
8 ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЗНИ.....	48
8.1 Отличие живого от неживого.....	49
8.2 Концепции возникновения жизни	49
8.3 Синтетическая теория эволюции	50
8.4 Концепция коэволюции	53
8.5 Гипотеза Гей-Земли.	54
8.6 Вещественная основа жизни	55
8.7 Земля в период возникновения жизни	57
8.8 Начало жизни на Земле.....	59
8.9 Эволюция форм жизни.	60
8.10 Отличия растений от животных.....	62
8.11 Эмпирические обобщения Вернадского	63
9 БИОСФЕРА В ПЕРИОД НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА.....	66
9.1 Влияние человека на биосферу.....	66
9.2 Рациональное использование природных ресурсов и охрана биосферы.	67
9.3 Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.	69
10 ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
ЛИТЕРАТУРА	72

1 ВВЕДЕНИЕ

В век научно-технического прогресса особое значение приобретают знания о жизненных процессах в целом, происходящих на нашей планете. Необходимость в них возникает в связи с резко возросшим разрушительным антропогенным воздействием на природную среду. Изъятие человеком природных ресурсов — пресной воды, почвенного гумуса, продукции растений и животных — превысил темпы естественного воспроизводства. Отходы хозяйственной деятельности человека загрязняют среду, так как не могут включаться в естественные природные круговороты. Загрязнение ведёт к деградации природы и создает угрозу самой жизни человека. В настоящее время, как никогда ранее, человечество стало ощущать не только масштабы своей деятельности, но и свою зависимость от состояния окружающей среды. Вот почему такую большую значимость приобретают знания о всеобщей взаимосвязи и взаимообусловленности природных явлений, о структуре жизни на планете, о роли населяющих ее живых организмов, об основах стабильности самой жизни. Именно эти проблемы являются центральными в учении о *биосфере*.

Представление о том, что все живые существа планеты взаимодействуют с внешней средой и изменяют ее, возникло давно на основе наблюдений природных явлений. Так, автор первой эволюционной системы животного мира французский ученый Ж. Б. Ламарк отмечал, что все живые организмы, бесконечно разнообразные и многочисленные, с непрерывно сменяющимися поколениями, в результате своей жизнедеятельности принимают активное участие в формировании поверхности Земли. Работы Ж. Б. Ламарка положили начало представлениям о существовании на нашей планете *особого* пространства, заселенного живыми организмами и преобразуемого ими.

Термин *биосфера* был предложен в 1875 г. австрийским геологом Э. Зюссом. Однако он не разработал представлений о биосфере и не дал введенному термину точного определения.

Творчески развил идеи своих предшественников русский геохимик В. И. Вернадский (1863—1945), основоположник науки биогеохимии, создатель учения о *биосфере*. Первая его книга «Биосфера», в которой ученый изложил основные положения своего учения, была опубликована в 1926 г. По В. И. Вернадскому, *биосфера* (шар жизни) — *оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой обусловлены прошлой и современной деятельностью живых организмов*.

2 ПОНЯТИЕ О БИОФЕРЕ

Понятие *биосфера* вошло в науку до некоторой степени случайно. Около ста лет назад, в 1875 году, австрийский геолог Эдуард Зюсс, говоря о различных оболочках земного шара, впервые употребил этот термин в последней главе своей небольшой книжке о происхождении Альп. Однако эта концепция не сыграла заметной роли в развитии научной мысли до тех пор, пока в 1926 году не были опубликованы две лекции русского минералога Владимира Ивановича Вернадского. Концепция биосферы, которую мы принимаем сейчас, в основном опирается на идеи Вернадского, развитые им спустя 50 лет после работ Зюсса. Сам Вернадский считал, что впервые к понятию биосферы подошел французский натуралист Жан Батист Ламарк, в чьих работах можно немало геохимических идей, пусть и архаично изложенных.

Биосферой называется та часть земного шара, в пределах которой существует жизнь. Однако такое определение порождает ряд вопросов и требует уточнений. Пропуская через фильтр воздух, взятый на больших высотах, можно найти в нем споры бактерий и грибов. Но этот «аэропланктон», очевидно, не имеет активного метаболизма. Даже на поверхности Земли немало мест, слишком холодных, слишком жарких или слишком сухих, для того чтобы там могли существовать организмы с активным метаболизмом. Но и в таких местах всегда можно найти споры. Таким образом, оболочка Земли, называемая биосферой, имеет неправильную форму, т. к. она окружена некоей «парабиосферной» областью, в которой жизнь присутствует только в покоящемся состоянии. В настоящее время живой организм может, конечно, существовать далеко за пределами естественной биосферы, находясь в космическом корабле или скафандре. Такие искусственные местообитания можно рассматривать как участки биосферы, вырванные из нее и временно заброшенные в космос. (5) Что же характерно для биосферы как особой оболочки земного шара? Во-первых, это область, в которой имеется в значительных количествах жидкая вода. Во-вторых, на нее падает мощный поток энергии от Солнца. Наконец, в-третьих, в биосфере имеются поверхности раздела между веществами, находящимися в жидком, твердом и газообразном состояниях

Биосфера представляет собой сложнейшую планетарную оболочку жизни, населенную организмами, составляющими в совокупности живое вещество. Это самая крупная (глобальная) экосистема Земли – область системного взаимодействия живого и косного вещества на планете. Совокупная деятельность живых организмов в биосфере проявляется как геохимический фактор планетарного масштаба.

Биосфера по вертикали разделяется на две четко обособленные области: верхнюю, освещенную светом, - фотобиосферу, в которой происходит фотосинтез, и нижнюю, «темную», - меланобиосферу, в которой

фотосинтез невозможен. На суше граница между ними проходит по поверхности Земли.

3 УЧЕНИЕ В. И. ВЕРНАДСКОГО О БИОСФЕРЕ

3.1 Предпосылки создания учения

Одним из выдающихся естествоиспытателей, который посвятил себя изучению процессов, протекающих в биосфере, был академик В. И. Вернадский. Он стал основоположником научного направления, названного им биогеохимией, которое легло в основу современного учения о биосфере. До появления работ В. И. Вернадского роль живых организмов на Земле представлялась ученым очень скромной. Действительно, казалось бы, какое может быть сравнение последствий их жизнедеятельности с мощностью внутренних сил планеты, вздымающих высочайшие горы, разверзающих океанские пучины, перемещающих целые континенты.

В. И. Вернадский доказал, что, как бы слаб ни был каждый организм в отдельности, все они, вместе взятые, на протяжении длительного отрезка времени выступают как мощный геологический фактор, играющий существенную роль в жизни нашей планеты. Геологическая деятельность живых организмов проявляется как следствие следующих их особенностей: они теснейшим образом связаны с окружающей средой и взаимодействуют с ней в процессе обмена веществом и энергией; обмен веществ организмов со средой осуществляется в процессе биологического круговорота; суммарный эффект результатов деятельности организмов проявляется на протяжении очень длительных (сотен миллионов лет) отрезков времени. Таким образом, приоритет в разработке теоретических основ учения о биосфере принадлежит советским ученым.

По определениям ученых, возраст Земли равен приблизительно 5 млрд. лет. Наиболее древние следы живых организмов найдены в Южной Африке (Восточный Трансвааль), в толще горных пород, возраст которых равен 3,2 млрд. лет. Эти организмы напоминали современных нитчатых бактерий. Ученые даже дали им название – эобактериум изолятум. Таким образом, можно считать, что биосфера Земли возникла около трех миллиардов лет назад.

Наземные организмы появились около 400 млн. лет назад. Это были первые примитивные растения. С появлением на суше живых организмов и возникновением растений начинается важнейший этап в истории развития биосферы. С этого периода началось их быстрое распространение по планете, и в настоящее время Землю населяет огромное количество разнообразнейших растительных и животных организмов (см. табл.).

В 19 веке в России постепенно складывалось представление о единстве человека и природы, о тех проблемах, с которыми неизбежно столкнется человечество при необузданном стремлении всецело подчинить себе

природу. Вообще идея цельного знания, основанного на органической полноте жизни, принадлежит русской философии. Она легла в основу направления общественной жизни, получившего название «русский космизм». Именно тогда в научной среде засверкали имена психолога и физиолога И. М. Сеченова, химика Д. И. Менделеева, почвовед В. В. Докучаева, основоположника космонавтики К. Э. Циолковского. К плеяде этих выдающихся ученых принадлежит и В. И. Вернадский.

В 1926 году опубликовал в Ленинграде книгу под названием «Биосфера», которая ознаменовала рождение новой науки о природе, о взаимосвязи с ней человека. В этой работе биосфера впервые показана как единая динамическая система, населенная и управляемая жизнью, живым веществом планеты. «Биосфера – организованная, определенная оболочка земной коры, сопряженная с жизнью». В работах по биосфере ученый показал, что взаимодействие живого вещества с веществом косным есть часть большого механизма земной коры, благодаря которому происходят разнообразные геохимические и биогенные процессы, миграции атомов, осуществляется их участие в геологических и биологических циклах.

В. И. Вернадский впервые показал, что химическое состояние наружной коры нашей планеты всецело находится под влиянием жизни и определяется живыми организмами, с деятельностью которых связан великий планетарный процесс – миграция химических элементов в биосфере. Эволюция видов, отмечал ученый, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере и должна идти в направлении увеличения биогенной миграции атомов. Многообразие форм организмов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Число основных типов растений и животных
(по П. П. Второву и Н. Н. Дроздову, 1974)

Название организмов	типа	Приблизительное число видов	Название организмов	типа	Приблизительное число видов
Зеленые водоросли		6 000	Простейшие		30 000
Диатомовые водоросли		10 000	Губки		5 000
Бурые водоросли		1 000	Кишечнополостные		9 000
Красные водоросли		2 500	Плоские черви		6 000
Сине-зеленые водоросли		1 500	Круглые черви		10 000
Бактерии		5 000	Кольчатые черви		7 000
Грибы		70 000	Мшанки		3 000
Лишайники		30 000	Моллюски		108 000
Мохообразные		25 000	Членистоногие насекомых	без	70 000
Плаунообразные		1 000	Насекомые		1 000 000
Папоротники		9 000	Иглокожие		6 000
Голосеменные		1 000	Позвоночные		35 000
Покрывтосеменные		25 000			
Всего растений		412 000	Всего животных		1 289 000
Общее количество видов организмов					1 701 000

3.2 Формы и вещественный состав биосферы

Биосфера охватывает нижнюю часть атмосферы до высоты озонового экрана (20-25 км), верхнюю часть литосферы (кора выветривания) и всю гидросферу до глубинных слоев океана. В. И. Вернадский отмечал, что «пределы биосферы обусловлены, прежде всего, полем существования жизни». На развитие жизни, а, следовательно, и границы биосферы оказывают влияние многие факторы и прежде всего наличие кислорода, углекислого газа, воды в ее жидкой фазе. Ограничивают область распространения жизни и слишком высокие или низкие температуры. Элементы минерального питания также влияют на развитие жизни. К ограничивающему фактору можно отнести и сверхсоленую среду (превышение концентрации солей в морской воде примерно в 10 раз). Лишены жизни подземные воды с концентрацией солей свыше 270 г/л. В

планетарной биосфере выделяют континентальную и океаническую биосферы, которые отличаются геологическими, географическими, биологическими, физическими и другими условиями. Нижний предел распространения живого ограничивается дном океана (глубина около 11 км) или изотермой в 100 град. С в литосфере (по данным сверхглубокого бурения на Кольском полуострове эта цифра составляет около 6 км). Фактически жизнь в литосфере прослеживается до глубины 3-4 км. Таким образом, вертикальная мощность океанической биосферы составляет 17 км, сухопутной до 12 км. Вверх, в атмосферу, биосфера простирается не выше наибольших плотностей озонового экрана, что составляет 22-24 км. Следовательно, предел протяженности биосферы на Земле выражается цифрой 33-35км, хотя теоретически он может быть более широким. (1)

На основе работ В. И. Вернадского и других исследователей, внесших большой вклад в изучение биосферы планеты, предлагается различать три основные ее формы:

1 - формы биологической систематики, включающие популяции, виды, роды, семейства и др., принятые в ботанике и зоологии;

2 - биогеографические формы – территории, характеризующие географическое распространение и распределение растений и животных, специфику флоры и фауны. Это биогеографические зоны, области и т.д. Отдельно выделяются ботанико-географические и зоогеографические территории, дающие представление о составе и характере флоры и фауны;

3 - экологические формы, известные под названием экосистем (биогеоценозов), экотопов, биотопов и др. Напомним, что биотоп – это участок с однородными экологическими условиями, занятый определенными биоценозами, экотоп – это место обитания сообщества. В отличие от биотопа, понятие «экотоп» включает внешние по отношению к сообществу факторы среды. Это совокупность абиотических условий неорганической среды данного участка, представляющего собой местообитание конкретного сообщества. Экологические формы определяют специфику изучения биосферы в экологических аспектах. (9)

Вещественный состав биосферы также разнообразен. В. И. Вернадский включает в него семь глубоко разнородных, но геологически не случайных частей:

живое вещество;

биогенное вещество – рождаемое и перерабатываемое живыми организмами (горючие ископаемые, известняки и т. д.);

косное вещество, образуемое без участия живых организмов (твердое, жидкое и газообразное);

биокосное вещество – косное вещество, преобразованное живыми организмами (вода, почва, кора выветривания, илы);

вещество радиоактивного распада (элементы и изотопы уранового, ториевого и актиноуранового ряда);

рассеянные атомы земного вещества и космических излучений;

вещество космического происхождения в форме метеоритов, космической пыли и др.

В строении и морфологии биосферы исключительно важное значение для развития живого вещества имеют следующие ее элементы (сверху вниз): слой живого вещества, так называемая «пленка жизни»; педосфера, или почвенный покров; ландшафтно-экологические системы – функциональные системы, включающие живые организмы и среду их обитания; кора выветривания, т. е. зона разрушения и преобразования горных пород, их минерально-геохимических изменений в верхней части земной коры под воздействием различных факторов; древняя биосфера (палеобиосфера) – комплекс горных пород, рельефа и других ландшафтных компонентов, залегающих ниже современной биосферы и погребенных под ее новейшими образованиями. Это горные породы, рудные и нерудные минералы, химические элементы, широко используемые в промышленности; многочисленные минералы верхней части земной коры и биосферы: глины, известняки, бокситы и т. д.; природные воды осадочной оболочки; миллионы органических и органоминеральных соединений: уголь, графит, гумусовые вещества, нефть, природные газы; минеральные ресурсы биосферы и земной коры, распространенные в форме свободных элементов: меди, серебра, золота, висмута, платины и т. д. Все они – главный источник сырья для металлургии, химической промышленности и многих других отраслей. Их добыча и использование в экономике растут год от года.

Из сказанного вытекает, что биосфера является результатом сложнейшего механизма геологического и биологического развития косного и биогенного вещества. С одной стороны, это среда жизни, а с другой – результат жизнедеятельности. Главная специфика современной биосферы – это четко направленные потоки энергии и биогенный (связанный с деятельностью живых существ) круговорот веществ.

Разрабатывая учение о биосфере, В.И. Вернадский пришел к выводу, что главным трансформатором космической энергии является зеленое вещество растений. Только они способны поглощать энергию солнечного излучения и синтезировать первичные органические соединения. Для объяснения большой суммарной энергии биосферы ученый произвел расчеты, которые действительно показали огромное значение фотосинтезирующих растений в создании общей органической массы. Ученый подсчитал, что поверхность Земли составляет меньше одной десятитысячной поверхности Солнца. Общая же площадь трансформационного аппарата зеленых растений зависимости от времени года составляет уже от 0,86 до 4,2% площади поверхности Солнца. Разница колоссальная. Этот зеленый энергетический

потенциал и лежит в основе сохранения и поддержания всего живого на нашей планете .

В.И. Вернадский так же, как и Ламарк 140 лет назад попытался дать главные исчерпывающие признаки каждого царства живого. И чем больше он вникал в проблему, тем более ясно становилось , что вырисовывается новый разрез мира . В.И. Вернадский составил таблицу из 16-ти пунктов , где рассмотрел несходство живого и неживого в физическом , химическом и термодинамическом смысле . Анализ таблицы показывал, что в природе нет никаких переходов от неживого к живому : они настолько противоречивы , что живое ни при каких условиях не может происходить от живого . Организм и косную материю разделяет непроходимая стена . Принцип итальянского естествоиспытателя и врача Франческо Реди , гласящий , что живое происходит только от живого , между живым и неживым веществом проходит резкая граница , хотя и имеется постоянное взаимодействие , - получил свое подтверждение .

3.3 Структура биосферы

Биосфера состоит из нижней границы атмосферы, всей гидросферы и верхней границы гидросферы.

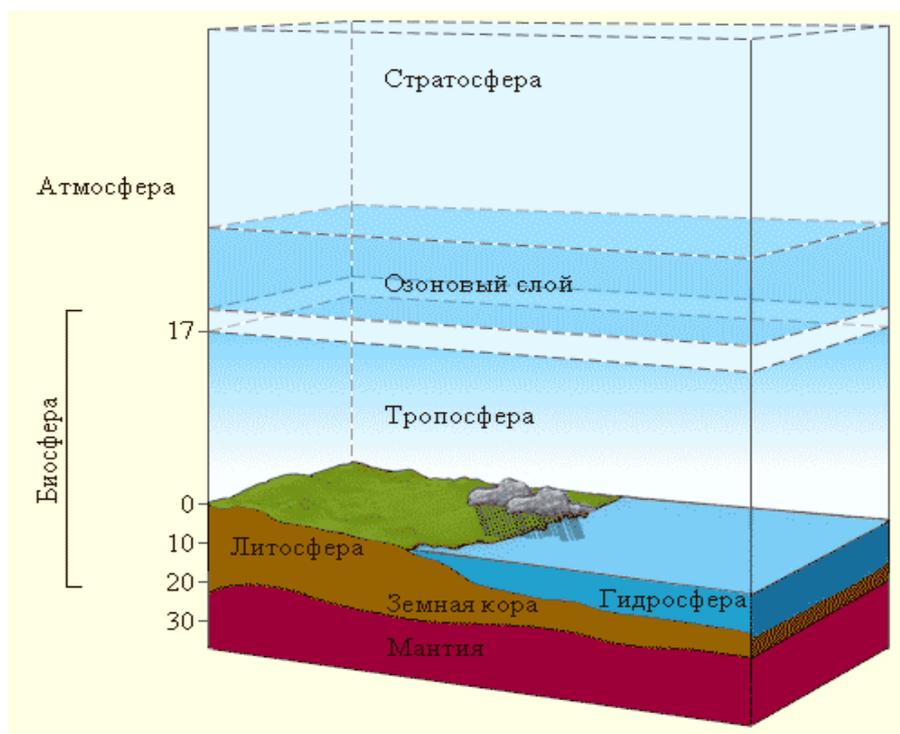


Рисунок 1. Геосферы Земли.

АТМОСФЕРА. Это воздушная оболочка, состоящая в основном из азота и кислорода; достигает мощности до 20 тыс. км. В меньших концентрациях она содержит углекислый газ и озон. Состояние атмосферы

оказывает большое влияние на физические, химические и особенно биологические процессы на земной поверхности и в водной среде. Наибольшее значение для биологических процессов имеют кислород атмосферы, используемый для дыхания организмов и минерализации омертвевшего органического вещества, углекислый газ, расходуемый при фотосинтезе, а также озон, экранирующий земную поверхность от жесткого ультрафиолетового излучения. Вне атмосферы существование живых организмов невозможно. Это видно на примере лишенной жизни Луны, у которой нет атмосферы. Исторически развитие атмосферы связано с геохимическими процессами, а также жизнедеятельностью организмов. Так, азот, углекислый газ, пары воды образовались в процессе эволюции планеты благодаря (в значительной мере) вулканической активности, а кислород – в результате фотосинтеза.

На живые организмы на Земле оказывает воздействие главным образом состояние нижних 15–25 км атмосферы, поскольку именно в этом нижнем слое сосредоточена основная масса воздуха. Состояние верхних слоев атмосферы, расположенных на высотах от 60 до 300 и даже 1000 км от поверхности Земли, также изменяется.

Общий вес газов атмосферы составляет приблизительно $4,5 \cdot 10^{15}$ т. Таким образом, «вес» атмосферы, приходящийся на единицу площади, или атмосферное давление, составляет на уровне моря примерно 11 т/м^2 . *Значение для жизни.* Землю от межпланетного пространства отделяет мощный защитный слой. Космическое пространство пронизано мощным ультрафиолетовым и рентгеновским излучением Солнца и еще более жестким космическим излучением, и эти виды радиации губительны для всего живого. На внешней границе атмосферы интенсивность излучения смертоносна, но значительная его часть задерживается атмосферой далеко от поверхности Земли. Поглощением этого излучения объясняются многие свойства высоких слоев атмосферы и особенно происходящие там электрические явления.

Самый нижний, приземный слой атмосферы особенно важен для человека, который обитает в месте контакта твердой, жидкой и газообразной оболочек Земли. Верхняя оболочка «твердой» Земли называется литосферой. Около 72% поверхности Земли покрыто водами океанов, составляющими большую часть гидросферы. Атмосфера граничит как с литосферой, так и с гидросферой. Человек живет на дне воздушного океана и вблизи или выше уровня океана водного. Взаимодействие этих океанов является одним из важных факторов, определяющих состояние атмосферы.

ГИДРОСФЕРА. Вода является важной составной частью всех компонентов биосферы и одним из необходимых факторов существования живых организмов. Основная ее часть (95%) заключена в Мировом океане, который занимает примерно 70% поверхности Земного шара. Общая масса океанических вод составляет свыше 1300 млн. км³. Около 24 млн. км³ воды

содержится в ледниках, причем 90% этого объема приходится на ледяной покров Антарктиды. Столько же воды содержится под землей. Поверхностные воды озер составляют приблизительно 0,18 млн. км³ (из них половина соленые), а рек – 0,002 млн. км³.

Количество воды в телах живых организмов составляет примерно 0,001 млн. км³. Из газов, растворенных в воде, наибольшее значение имеют кислород и углекислый газ. Количество кислорода в океанических водах изменяется в широких пределах в зависимости от температуры и присутствия живых организмов. Концентрация углекислого газа также варьирует. А общее количество его в океане в 60 раз превышает его содержание в атмосфере.

ЛИТОСФЕРА. Основная масса организмов, обитающих в пределах литосферы, сосредоточена в почвенном слое, глубина которого обычно не превышает нескольких метров. Почвы представлены минеральными веществами, образующимися при разрушении горных пород, и органическими веществами – продуктами жизнедеятельности организмов. Некоторые ученые (В. А. Ковда, А. Н. Тюрюканов) в состав биосферы включают не только область жизни, но и другие структуры Земли, генетически связанные с другим веществом, т.е. «былые биосферы», в настоящее время лишенные жизни. Такую многослойную оболочку Земли, сформировавшуюся в результате деятельности живого вещества, предположено было назвать мегабиосферой (от греч. mega – большой).

МЕГАБИОСФЕРА включает в себя (Лапо, 1987).

- А) апобиосферу – верхнюю часть атмосферы Земли выше уровня распространения форм жизни в состоянии анабиоза;
- б) парабиосферу;
- в) биосферу;
- г) метабиосферу, соответствующую «области былых биосфер» В. И. Вернадского.

В физической географии используется понятие, предложенное А. А. Григорьевым в 1937 г., – «географическая оболочка», которым обозначается область взаимодействия лито-, гидро-, био- и атмосферы. Верхнюю границу оболочки обычно определяют несколько ниже слоя максимальной концентрации озона – в стратосфере на высоте 20-25 км. Иногда ее вертикальное простираение сужают или расширяют до мезопаузы на высоте 70-80 км. Нижняя граница географической оболочки находится в подкорковом слое несколько ниже «поверхности Мохоровичича».

3.4 Общие свойства биосферы

Одной из наиглавнейших особенностей планеты Земля есть существование на ней жизни. Этим она отличается от всех своих соседей по Солнечной системе. Больше того, научные данные свидетельствуют, что

такая форма жизни, как на Земле (единственная известная форма), а именно белково-нуклеиновая, существует благодаря объединению нескольких благоприятных астрономических факторов. К ним принадлежат такие: постоянство светимости нашей звезды – Солнца (3.9 Ч1020 МВт), что существенно не изменялась на протяжении 4.5 млрд. лет существования Земли; большая масса Земли (6Ч1023 т), достаточная для того чтобы удержать вокруг себя довольно плотную атмосферу, большое количество воды на Земле и т.п. Среди этих благоприятных факторов наверное самым удивительным является орбита Земли. Американский ученый М. Харт доказал, что если бы расстояние между Землей и Солнцем была на 5% меньшей или на 1% большей, жизнь на ней была бы невозможной – в первом случае на Земле было бы слишком жарко (как на Венере), во втором – слишком холодно, и Земля постоянно находилась бы в условиях глобального ледникового периода (как Марс).

Область существования живых организмов на Земле называют биосферой (сферой жизни). Впервые этот термин ввел австрийский геолог Э. Зюсс в 1875 г., но распространился он после издания в 1926 г. труда выдающегося ученого В. Вернадского, основателя и первого президента Академии наук Украины. Живые существа (растения, животные, микроорганизмы) существуют на поверхности Земли, в ее атмосфере, гидросфере и верхней части литосферы, в целом образуя пленку жизни (сферу) на нашей планете. Верхняя граница биосферы простирается на 85 км над поверхностью Земли. На таких высотах (в стратосфере) во время запусков геофизических ракет в пробах воздуха обнаружены споры микроорганизмов, правда в латентном (спящем) виде из за слишком неблагоприятных условий существования. Нижняя граница биосферы достигает глубин литосферы, где температура становится 1000С (в молодых складчатых областях – это приблизительно 1.5 – 2 км и на кристаллических щитах – 7-8 км). Однако В.И. Вернадский справедливо относил к биосфере и все горные породы, созданные за счет жизнедеятельности организмов (так называемые бывшие биосферы, или палеобиосферы), а поскольку почти все породы осадочного чехла Земли так или иначе есть продуктом жизнедеятельности животных и растений, нижняя граница должна находиться на глубине 10-15 км ниже земной поверхности.

Приспосабливаемость живых организмов удивляет. Так, живые бактерии обнаружены в горячих гейзерных источниках с температурой до 980 С, активная и довольно разнообразная жизнь бурлит в трещинах антарктических ледников и на наибольших глубинах Мирового океана, даже в океанических водах пораженных сероводородом, также существуют специфические серные бактерии. Когда американские астронавты доставили на Землю для исследования некоторые детали своей автоматической станции «Сервейер», которая три года находилась на поверхности Луны, то в одной из трубок была найдена живая спора бактерии – она попала туда с Земли во время подготовки к запуску станции и сохранила жизнеспособность,

несмотря на трехгодичное пребывание в условиях космического вакуума, резких колебаний температуры и высокого уровня радиации.

В. Вернадский доказал, что живые организмы играют очень важную роль в геологических процессах, которые формируют лицо Земли. Химический состав современной атмосферы и гидросферы обусловлен жизнедеятельностью организмов. Большое значение имеют организмы для формирования литосферы – большинство пород, и не только осадочных, а и таких как граниты, так или иначе связаны своим происхождением с биосферой. «Если бы на Земле не было жизни, - писал ученый, - лицо ее было бы таким же неизменным и химически инертным, как недвижимое лицо Луны, как инертные обломки небесных светил».

Минеральное инертное вещество перерабатывается жизнью, превращается в новое качество. Живые организмы не только приспосабливаются к условиям внешней среды, но и активно их меняют. Таким образом, живое и неживое вещество на Земле составляют гармоничное целое, что, собственно, и называется биосферой. Согласно с образным высказыванием российского геолога М. Вассоевича, «биосфера – это и жильцы, и дом, и мы в нем».

Одним из проявлений биологической активности организмов есть скорость их размножения. При идеальных условиях (теоретически) она может достигать скорости звука. Так, К. Линней подсчитал, что три мухи могут съесть антилопу с такой же скоростью, как это делает лев (учитывая скорость размножения мух). Одноклеточная водоросль диатомея теоретически способна за восемь дней создать массу живой материи которая равна земной, а на протяжении следующего дня удвоить ее.

Согласно последним оценкам, сухая масса живого вещества на Земле составляет 2-3 триллиона тонн. Это по сравнению с основными сферами земли очень малая величина. Она например, в 1000 раз меньшая за массу тропосферы (4 \cdot 10¹⁵ т), в 10 млн раз – за массу земной коры (4.7 \cdot 10¹⁹ т) и в миллиард – за массу Земли (6 \cdot 10²¹ т). Однако живое вещество отличается от неживого очень высокой активностью, в частности, очень быстрым круговоротом веществ. Все живое вещество атмосферы обновляется в среднем за восемь лет. Биомасса мирового океана восстанавливается за 33 дня, его фитомасса каждый день, фитомасса суши – приблизительно за 14 лет из за большей продолжительности жизни наземных растений. Следует учесть, что жизнедеятельность животных, растений и микроорганизмов сопровождается непрерывным обменом веществ между организмами и средой, в следствии чего все химические элементы земной коры, атмосферы и гидросферы многократно входили в состав тех или иных организмов. Подсчитано, что вся вода планеты проходит цикл расщепления в растительных клетках и восстановления в растительных и животных организмах, то есть обновляется биосферой приблизительно за 2 млн. лет. Образно выражаясь, мы дышим воздухом, которым дышали динозавры, и

пьем воду, которая входила в состав тканей юрских папоротников и кембрийских трилобитов.

Живые организмы играют огромную роль в аккумуляции солнечной энергии. Например, залежи каменного угля – это не что иное, как солнечная энергия, накопленная зелеными растениями минувших геологических эпох. Так же можно определить и природу многих минералов, в частности карбоната кальция, который образует огромные массы известняков и почти на 100% имеет биогенное происхождение. Важную роль живые организмы играют в накоплении многих металлов, таких как железо, медь, марганец. Большое значение для биосферы и хозяйственной деятельности человека имеет круговорот азота, серы, фосфора и других элементов. Установлено что любой растворимый, но не летучий элемент может совершать круговорот только через биосферу. Живые организмы накапливают некоторые элементы в своих тканях, а водные жители, кроме того, увеличивают их содержание и в своей среде жизни, то есть в воде (например такие элементы, как молибден, кобальт, никель находятся в водной среде в значительно большем количестве нежели на суше).

Очевидно что за миллиарды лет геологической истории жизнь неузнаваемо изменила внешние оболочки нашей планеты.

3.5 Границы распространения жизни в биосфере

Протяженность биосферы. На Земле имеются три геосферы, в пределах которых существует жизнь. Границы биосферы в пределах геосфер определяются наличием условий, необходимых для жизни различных организмов.

Атмосфера

Область биосферы присутствует лишь в нижнем слое атмосферы — *тропосфере*. Высота слоя тропосферы изменяется от 8—10 км в полярных широтах до 16—18 км в экваториальной зоне. Верхней границей биосферы считают зону 15 км, над которой располагается *озоновый* слой стратосферы в области 15—25 км. Озоновый экран поглощает губительное для живых организмов коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца. Верхняя граница распространения жизни в атмосфере определяется, по всей видимости, не столько низкими температурами, сколько губительным действием солнечной радиации. Так, пыльца цветковых и голосеменных растений, споры грибов, мхов, папоротников и лишайников, бактерии и простейшие животные организмы постоянно или с сезонной ритмикой присутствуют в воздухе. Над сушей и акваторией в дожде, снеге, в облаках и туманах кроме пыльцы и спор обнаружены микроорганизмы. Вся воздушная

среда представляет собой суспензию жизнеспособных пыльцы, спор и микроорганизмов, содержание которых уменьшается с высотой. Интенсивность радиации, создаваемой космическими лучами, на высоте 9 км в десятки раз больше, чем на уровне моря, а на высотах 15-18 км возрастает уже в сотни раз. Высотное распространение микроорганизмов ограничивается в основном потоком жесткой ультрафиолетовой радиации Солнца, убивающей все живое.

Можно утверждать, что вся тропосфера, высота которой 8-10 км в полярных широтах и 16-18 км у экватора, в большей или меньшей степени заселена живыми организмами, которые находятся в ней либо временно, либо постоянно. Уже в тропопаузе резко изменяются физические и температурные характеристики биосферы, в частности прекращается интенсивное турбулентное перемешивание воздушных масс. Стратосфера, находящаяся выше тропопаузы, вряд ли пригодна для существования микроорганизмов. Верхний предел биосферы, или поля существования жизни, довольно ясно просматривается в тропопаузе. Однако верхний предел занесения спор и микроорганизмов, определяющий “поле устойчивости жизни” (живые организмы существуют, но не размножаются), возможен до верхней границы стратосферы.

Таким образом, область распространения живых организмов ограничена в основном тропосферой. Например, верхняя граница полета орлов находится на высоте 7 км; растения в горных системах и насекомые в воздушной среде не распространены выше 6 км; верхняя граница постоянного обитания человека – 5 км, обрабатываемых земель – 4,5 км, леса в горных системах тропиков не растут выше 4 км. (9)

Тропосфера представляет собой воздушную среду, в которой осуществляется только передвижение организмов, нередко при помощи своеобразно приспособленных для этого органов. Настоящего аэропланктона, постоянно обитающего и размножающего в воздушной среде, видимо, нет. В противном случае тропосфера представляла бы собой “кисель”, максимально насыщенный микроорганизмами. Весь цикл своего развития, включая размножение, организмы осуществляют только в литосфере и гидросфере, а также на границе воздушной среды с этими оболочками.

Верхние слои тропосферы и стратосферы, в которые возможно занесение микроорганизмов, а также наиболее холодные и жаркие районы земного шара, где организмы могут существовать лишь в покоящемся состоянии, называются парабиосферой.

Гидросфера представляет собой совокупность вод океанов, морей, озер, рек, подземных, ледяных покровов планеты. Она образует ее прерывистую водную оболочку. Средняя глубина океана составляет 3,8 км, максимальная (Марианская впадина Тихого океана) — 11,034 км. Около 97% массы гидросферы составляют соленые океанические воды, 2,2% — воды

ледников, остальная часть приходится на подземные, озерные и речные пресные воды. Область биосферы в гидросфере представлена во всей ее толще, однако наибольшая плотность живого вещества приходится на поверхностные прогреваемые и освещаемые лучами солнца слои, а также прибрежные зоны.

В эвфотической зоне, куда проникает солнечный свет, глубина не превышает 200 м в морях и континентальных пресноводных бассейнах. Именно в фотобиосфере, где возможен фотосинтез, сосредоточены все фотосинтезирующие организмы и продуцируется первичная биологическая продукция.

Афотическая зона (меланобиосфера), начинающаяся с глубины 200 м, характеризуется темнотой и отсутствием фотосинтезирующих растений. Она представляет собой водную среду обитания активно перемещающихся животных. Вместе с тем через нее непрерывным потоком опускаются на дно морей и океанов отмершие растения, выделения и трупы животных.

Литосфера (греч. lithos — камень) — внешняя твердая оболочка (кора) планеты. В ней различают три слоя: верхний — слой осадочных пород, средний — гранитный и нижний — базальтовый. Толщина слоев неравномерная, поэтому в некоторых местах гранит выходит на поверхность. Живое вещество в литосфере в основном сосредоточено в ее верхних нескольких десятках метров. Однако неактивные формы жизни (споры, цисты) и нефте-бактерии зарегистрированы и на глубинах 3—4 км. Распространение жизни в более глубокие области литосферы ограничено высокими температурами земных недр (свыше 100°C). Наибольшая же плотность живого вещества литосферы отмечается в поверхностном слое земной коры — в почве.

Микробиологические исследования свидетельствуют о том, что микроорганизмы присутствуют также в пластовых водах, омывающих нефть, хотя сама нефть стерильна.

Под океанами литосферный предел биосферы, вероятно, распространяется на 0,5-1,0 км и, возможно, на 3,0 км ниже дна. Однако существует более обоснованное предположение, что заселенным микроорганизмами может оказаться только 200-250-метровый слой донных осадков. Достоверно установлено, что микрофлора обитает в донных осадках мощностью от 5 см (Черное море) до 10-12 м (Тихий и Индийский океаны) и 114 м (Каспийское море). О более глубоком проникновении жизни в литосферу, несмотря на интенсивные буровые работы, достоверной информации нет. Точную массу и объем биосферы установить очень трудно, поскольку неизвестно точное положение ее вертикальных границ. Можно говорить только о приближенных значениях этих характеристик. Масса всей биосферы (атмосфера+гидросфера+литосфера в границах биосферы) составляет $3 \cdot 10^9$ в 9-й млрд т, или 0,05% массы Земли, а объем — 10 млрд куб. км, или 0,4% объема Земли.

Зоны непосредственного контакта и активного взаимодействия литосферы, атмосферы и гидросферы плотнее всего заселены живыми организмами, так как в этих областях создаются наиболее благоприятные условия для жизни — оптимальные температура, влажность, освещенность, содержание кислорода и необходимых химических соединений, нужных для питания организмов. К верхним слоям атмосферы, вглубь океана и недр литосферы концентрация живого вещества уменьшается. Несмотря на незначительную долю живого вещества по сравнению с массой земной коры, многие изменения в ней обусловлены жизнедеятельностью обитающих в ее пределах живых организмов.

Ниже литосферной границы биосферы лежит «область былых биосфер», под которой В. И. Вернадский понимал оболочку Земли, в геологическом прошлом подвергшуюся воздействию жизни. Ученый отмечал, что земная кора, мощностью в несколько десятков км, с осадочными породами и гранитной оболочкой когда-то была на поверхности планеты и входила в состав биосферы. Каменный уголь, нефть, мрамор, доломит, известняк, мел, железная руда и другие горные породы осадочного происхождения — свидетели существования жизни в «былых биосферах». (11) В научных работах, посвященных географической оболочке, биосфера долго рассматривалась как совокупность живых организмов, или органической материи. При таком подходе недостаточно полно учитывались особенности биосферы как планетарного образования. В современном представлении географов понятие «биосфера» отражает лишь частный, биоцентрический взгляд на географическую оболочку, которая представляет собой единственную на Земле геосистему планетарного уровня (Исаченко, 1991).

4 ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО ПЛАНЕТЫ

4.1 Понятие о живом веществе.

Одним из центральных звеньев концепции биосферы является учение о живом веществе. Исследуя процессы миграции атомов в биосфере, В. И. Вернадский подошел к вопросу о генезисе (происхождение, возникновение) химических элементов в земной коре, а после этого и к необходимости объяснить устойчивость соединений, из которых состоят организмы. Анализируя проблему миграции атомов, он пришел к выводу, что “нигде не существуют органические соединения, независимые от живого вещества”. Позже он формулирует понятие “живого вещества”: “Живое вещество биосферы есть совокупность ее живых организмов... Я буду называть совокупность организмов, сведенных к их весу, химическому составу и энергии, живым веществом”. Главное предназначение живого вещества и его неотъемлимый атрибут – накопление свободной энергии в биосфере. Обычная геохимическая энергия живого вещества производится прежде всего путем размножения.

Научные идеи В. И. Вернадского о живом веществе, о космичности жизни, о биосфере и переходе ее в новое качество – ноосферу своими корнями уходят в 19-начало 20 в., когда философы и естествоиспытатели предприняли первые попытки осмыслить роль и задачи человека в общей эволюции Земли. Именно их усилиями человек начал свое продвижение к вершинам естественной эволюции живого, постепенно занимая экологическую нишу, отведенную ему природой.

В 30-е годы В. И. Вернадский из общей массы живого вещества выделяет человечество как его особую часть. Такое отособление человека от всего живого стало возможным по трем причинам. Во-первых, человечество является не производителем, а потребителем биогеохимической энергии. Такой тезис требовал пересмотра геохимических функций живого вещества в биосфере. Во-вторых, масса человечества, исходя из данных демографии, не является постоянным количеством живого вещества. И в-третьих, его геохимические функции характеризуются не массой, а производственной деятельностью. Характер усвоения человечеством биогеохимической энергии определяются разумом человека. С одной стороны, человек – это кульминация бессознательной эволюции, “продукт” спонтанной деятельности природы, а с другой – зачинатель нового, разумно направленного этапа самой эволюции.

Главным компонентом биосферы является *живое вещество* — совокупность всех существующих в данный момент живых организмов планеты, численно выраженная в элементарном химическом составе, в массе, в энергии. Это вещество геохимически чрезвычайно активно, так как при осуществлении процессов питания, дыхания, выделения оно связано с окружающей средой биогенным потоком химических веществ. Благодаря

этому потоку почти все химические элементы проходят в общей цепи превращений через биогеохимическое звено. Таким образом, жизнедеятельность организмов — это глубокий и мощный процесс преобразования и переноса вещества, результатом которого является изменение облика планеты. Миграция химических элементов из организма в среду и обратно не прекращается ни на секунду. Эта миграция была бы невозможной, если бы элементарный химический состав организмов не был близок к составу земной коры. В. И. Вернадский писал: «Организм имеет дело со средой, к которой не только он приспособлен, но которая приспособлена и к нему».

Благодаря зеленым растениям, осуществляющим процесс фотосинтеза, в биосфере создаются сложные органические молекулы. Заключенную в них энергию используют для процессов жизнедеятельности гетеротрофные организмы. В этом состоит космическая функция зеленых растений биосферы. Без живого вещества энергия солнечного луча сводилась бы лишь к перемещению газообразных, жидких и твердых тел по поверхности планеты и к временному их нагреванию в дневное время и остыванию в ночное. Живое вещество выступает в качестве гигантского аккумулятора и уникального преобразователя энергии Солнца, связанной в химических связях сложных органических молекул. Солнечная энергия без живого вещества не совершала бы на Земле созидательной деятельности, так как не могла бы ни удержаться на ней, ни преобразоваться в другую форму энергии (механическую, тепловую и др.). Улавливание солнечной энергии осуществляется фототрофными организмами. Но в удержании и преобразовании заключенной в них энергии Солнца, перемещении ее по земной поверхности, а также из внешнего в более глубокие слои планеты принимает участие все живое вещество. Этот процесс бесконечен благодаря размножению и последующему росту организмов. Скорость размножения, по Вернадскому, — это скорость передачи в биосфере геохимической энергии.

Элементарной структурной и функциональной единицей биосферы является *биогеоценоз*. Именно в биогеоценозе организмы и среда тесно взаимосвязаны и взаимно приспособлены друг к другу, благодаря чему возможно осуществление *биологического круговорота веществ* — основы бесконечности жизни на планете. В ходе биологического круговорота ограниченные запасы химических веществ приобретают свойство бесконечных, так как находятся в непрерывном круговом обращении. Круговорот веществ в виде *биогеохимических циклов* — необходимое условие существования биосферы. Между величинами поступающей солнечной энергии и количеством образуемого живого вещества установилась тесная зависимость. Таким образом, неразрывная связь планеты и организма имеет не только качественную, но и количественную сторону. «Планета и организм неразрывно количественно связаны», — писал В. И. Вернадский.

Создание учения о биосфере явилось важным научным достижением человечества. Впервые живая природа стала рассматриваться как целостная система, тесно взаимодействующая с неорганической средой. В. И. Вернадский заложил основы современных научных и философских представлений о планетарном и космическом значении жизни, о взаимосвязи и взаимодействии живой и неживой природы.

4.2 Биопродуктивность живого вещества

Количественной мерой живого вещества является биомасса и продукция. *Биомасса* — выраженное в массе количество живого вещества, приходящееся на единицу площади или объема местообитания (г/м^2 , кг/га , г/м^3 и т. п.). *Продукция* — прирост биомассы на единице пространства за единицу времени (например, г/м^2 за сутки). Распределение биомассы живого вещества в континентальной (суше) и океанической частях биосферы представлено в табл. 2.

Табл. 2. Биомасса (сухое органическое вещество) организмов Земли.

Биомасса	Континенты		Океан	
	млрд. т	%	млрд. т	%
Зеленые растения	2400	99,2	0,2	6,3
Животные и микроорганизмы	20,0	0,8	3,0	93,7
Всего	2420	100	3,2	100

Несмотря на то, что гидросфера составляет около 71% всей поверхности планеты, основная масса живого вещества биосферы сосредоточена на континентах (свыше 99,8%); на океаносфере приходится только 0,13%.

На континентах преобладают растения (99,2%), в океанах — животные и микроорганизмы (93,7%). Живое вещество сосредоточено в основном в зеленых растениях суши, биомасса которых на четыре порядка больше, чем фотосинтезирующих организмов гидросферы. Организмы, не способные к фотосинтезу, составляют 1%.

Вместе с тем по количеству создаваемой продукции и выделяемого кислорода наземные и водные растения вполне сопоставимы. Так, приблизительно половина всего объема кислорода образуется в процессе фотосинтеза растениями суши (главным образом влажными тропическими лесами), вторая половина — микроскопическими водорослями гидросферы (фитопланктоном), хотя биомасса и тех и других несопоставима. Это явление объясняется значительно большей скоростью образования продукции фитопланктоном по сравнению с таковой крупными растениями (деревьями, кустарниками) суши.

На континентальной части биосферы живое вещество распределено крайне неравномерно из-за наличия широтной и высотной зональности.

Широтная зональность определяется тем, что, кроме солнечной энергии, углекислого газа и минеральных веществ, для развития растений образующих в результате фотосинтеза первичное органическое вещество, необходимы вода (влажность) и тепло. В различных зонах планеты соотношение между величинами получаемого тепла и влаги различно, что и определило выделение 20 главных типов природных ландшафтов (зоны тундры, тайги, смешанных лесов, влажных тропических лесов и т. д.).

Высотная зональность обусловлена высотой местообитания над уровнем моря. С повышением высоты происходит снижение температуры воздуха, парциального давления кислорода, углекислого газа и водяных паров. Поэтому по мере увеличения высоты над уровнем моря биомасса живого вещества снижается, и выше 6 тыс. м растения не могут жить.

Наибольшие величины биомасс живого вещества экосистем суши имеют влажные тропические леса, наименьшие — пустыни и тундры. В океанической части биосферы наиболее насыщены живым веществом коралловые рифы, зоны подъема глубинных вод (апвеллинг) и мелководье (шельф). В открытом океане биомасса живого вещества низкая из-за недостатка элементов минерального питания.

4.3 Характерные особенности живого вещества

Прежде всего это огромная *свободная энергия*. В процессе эволюции видов биогенная миграция атомов, т. е. энергия живого вещества биосферы, увеличилась во много раз и продолжает расти, ибо живое вещество перерабатывает энергию солнечных излучений, атомную энергию радиоактивного распада и космическую энергию рассеянных элементов, приходящих из нашей Галактики.

Живому веществу присуща также *высокая скорость протекания химических реакций по сравнению с веществом неживым*, где похожие процессы идут в тысячи и миллионы раз медленнее. К примеру, некоторые гусеницы в сутки могут переработать пищи в 200 раз больше, чем весят сами, а одна синица за день съедает столько гусениц, сколько весит сама.

Для живого вещества характерно то, что *слагающие его химические соединения*, главнейшими из которых являются белки, *устойчивы только в живых организмах*. После завершения процесса жизнедеятельности исходные живые органические вещества разлагаются до химических составных частей.

Живое вещество существует на планете в форме *непрерывного чередования поколений*, благодаря чему вновь образовавшееся генетически

связано с живым веществом прошлых эпох. Это главная структурная единица биосферы, определяющая все другие процессы поверхности земной коры.

Для живого вещества характерно *наличие эволюционного процесса*. Генетическая информация любого организма зашифрована в каждой его клетке.

В. И. Вернадский классифицировал живое вещество на *однородное* и *неоднородное*. Первое в его представлении – это родовое, видовое вещество и т. п., а второе представлено закономерными смесями живых веществ. Это лес, болото, степь, т. е. биоценоз.

Характеризовать живое вещество ученый предлагал на основе таких количественных показателей, как химический состав, средний вес организмов и средняя скорость заселения ими поверхности земного шара.

В. И. Вернадский приводит средние цифры скорости «передачи жизни в биосфере». Время захвата данным видом всей поверхности нашей планеты у разных организмов может быть выражено следующими цифрами (сутки):

Бактерия холеры	1,25
Инфузория	10,6 (максимум)
Диатомовые	16,8 (максимум)
Зеленый планктон	166-183 (среднее)
Насекомые	366
Рыбы	2159 (максимум)
Цветковые растения	4076
Птицы (куры)	5600-6100
Млекопитающие:	
крысы	2800
дикая свинья	37600
слон индийский	376000

Жизнь на нашей планете существует в неклеточной и клеточной формах. *Неклеточная форма* живого вещества представлена вирусами, которые лишены раздражимости и собственного синтеза белка. Простейшие вирусы состоят лишь из белковой оболочки и молекулы ДНК или РНК, составляющей сердцевину вируса. Иногда вирусы выделяют в особое царство живой природы – *Vira*. Они могут размножаться только внутри определенных живых клеток. Вирусы повсеместно распространены в природе и являются угрозой для всего живого. Поселяясь в клетках живых организмов, они вызывают их смерть. Описано около 500 вирусов, поражающих теплокровных позвоночных, и около 300 вирусов, уничтожающих высшие растения. Более половины болезней человека обязаны своим развитием мельчайшим вирусам (они в 100 раз меньше бактерий). Это полиомиелит, оспа, грипп, инфекционный гепатит, желтая лихорадка и др.

Клеточные формы жизни представлены прокариотами и эукариотами. К прокариотам относятся различные бактерии. Эукариоты – это все высшие животные и растения, а также одноклеточные и многоклеточные водоросли, грибы и простейшие. ()

4.4 Функции живого вещества

Понятие «живое вещество», как уже говорилось выше, введено В. И. Вернадским. По сравнению с другими веществами биосферы (биогеохимическим, косным, биокосным, радиоактивным, рассеянными атомами и веществом космического происхождения) живое вещество играет наибольшую роль и выполняет ряд важнейших функций. В. И. Вернадский отмечал, что между косной, безжизненной частью биосферы, косными природными телами и живыми организмами, ее населяющими, идет непрерывный обмен энергией и веществом. Живое вещество в биосфере выполняет две основные функции: энергетическую и средообразующую.

Энергетическая функция. Чтобы биосфера могла существовать и развиваться, ей необходима энергия, собственных источников которой она не имеет. Она может потреблять энергию только от внешних источников. Таким главным источником для биосферы является Солнце. Энергетический вклад других поставщиков (внутреннее тепло Земли, энергия приливов, излучение космоса) в функционирование биосферы по сравнению с Солнцем ничтожно мал (около 0,5% от всей энергии, поступающей в биосферу).

Солнечный свет для биосферы является рассеянной лучистой энергией электромагнитной природы. Почти 99% этой энергии, поступившей в биосферу, поглощается атмосферой, гидросферой и литосферой, а также участвует в вызванных ею физических и химических процессах (движение воздуха и воды, выветривание и др.) и только около 1% накапливается на первичном звене ее поглощения и передается потребителям уже в концентрированном виде. Первичным звеном поглощения солнечной лучистой энергии являются растения, которые преобразуют ее в концентрированную энергию химических связей, или энергию пищи. Без этого процесса накопления и передачи энергии живым веществом невозможно было бы развитие жизни на Земле и образование современной биосферы.

Каждый последующий этап развития жизни сопровождался все более интенсивным поглощением биосферой солнечной энергии. Одновременно нарастала энергоемкость жизнедеятельности организмов в изменяющейся природной среде, и всегда накопление и передачу энергии осуществляло живое вещество.

Энергия определяется как общая количественная мера движения и взаимодействия всех видов материи. Ее свойства описываются следующими законами термодинамики. Первый – закон сохранения энергии – гласит, что энергия может переходить из одной формы в другую, но она не исчезает и не

создается вновь. Второй – закон энтропии (от греч. entropia – поворот, превращение) – можно сформулировать следующим образом: энергия любой системы стремится к состоянию термодинамического равновесия или максимальной энтропии. Если температура какого-либо тела или поверхности, допустим, валуна или участка суши, выше температуры воздуха, то данная система стремится к равновесию. Валун или участок суши будет отдавать тепло до тех пор, пока его температура не сравняется с температурой воздушной среды. Энергия любого живого организма также может быть рассеяна в тепловой форме. В конечном итоге достигается состояние термодинамического равновесия, и дальнейшие энергетические процессы становятся невозможными. Чтобы не наступило состояние максимальной энтропии, организм или система должны постоянно извлекать энергию извне и стремиться к нарушению термодинамического равновесия. В противном случае происходит гибель организма, необратимая деградация системы.

Жизнь сводится к непрерывной последовательности роста, самовоспроизведения и синтеза сложных химических соединений. Без переноса энергии, сопровождающего эти процессы, невозможно было бы ни существование самой жизни, ни образование надорганизменных систем всех уровней организации. Если бы солнечная энергия на планете только рассеивалась, то жизнь на Земле была бы невозможной. Чтобы биосфера существовала, она должна получать и накапливать энергию извне. И эта работа выполняется организмами. Часть энергии, запасенной организмами и не израсходованная в биосфере, с их отмиранием «складируется» в виде торфа, углей, горючих сланцев и других полезных ископаемых, используемых в теплоэнергетике. Человек, извлекая эту «складированную» энергию и возвращая ее биосфере, активизирует в ней теплоэнергетические процессы, которые в конечном итоге приводят к парниковому эффекту. Современная биосфера образовалась в результате длительной эволюции под влиянием совокупности космических, геофизических и геохимических факторов. Первоначальным источником всех процессов, протекавших на Земле, было Солнце, но главную роль в становлении и последующем развитии биосферы сыграл фотосинтез. Биологическая основа генезиса биосферы связана с появлением организмов, способных использовать внешний источник энергии, в данном случае энергию Солнца, для образования из простейших соединений органических веществ, необходимых для жизни.

Под *фотосинтезом* понимается превращение зелеными растениями и фотосинтезирующими микроорганизмами при участии энергии света и поглощающих свет пигментов (хлорофилл и др.) простейших соединений (воды, углекислого газа и минеральных элементов) в сложные органические вещества, необходимые для жизнедеятельности всех организмов. Процесс протекает следующим образом. Фотон солнечного света взаимодействует с молекулой хлорофилла, содержащегося в хлоропласте зеленого листа, в

результате чего высвобождается электрон одного из ее атомов. Этот электрон, перемещаясь внутри хлоропласта, реагирует с молекулой АДФ, которая, получив достаточную дополнительную энергию, превращается в молекулу АТФ – вещества, являющегося энергоносителем. Возбужденная молекула АТФ в живой клетке, содержащей воду и диоксид углерода, способствует образованию молекул сахара и кислорода, а сама при этом утрачивает часть энергии и превращается вновь в молекулу АДФ.

В результате фотосинтеза растительность земного шара ежегодно усваивает около 200 млрд т углекислого газа и выделяет в атмосферу примерно 145 млрд т свободного кислорода, при этом образуется более 100 млрд т органического вещества. Если бы не жизнедеятельность растений, исключительно активные молекулы кислорода вступили бы в различные химические реакции, и свободный кислород исчез бы из атмосферы примерно за 10 тыс. лет. К сожалению, варварское сокращение человеком массивов зеленого покрова планеты являет реальную угрозу уничтожения современной биосферы.

В процессе фотосинтеза одновременно с накоплением органического вещества и продуцированием кислорода растения поглощают часть солнечной энергии и удерживают ее в биосфере. На фотосинтез используется около 1% солнечной энергии, падающей на Землю. Возможно, этот низкий показатель связан с малой концентрацией углекислого газа в атмосфере и гидросфере. Ежегодно фотосинтезирующие организмы суши и океана связывают около $3 \cdot 10^{18}$ кДж солнечной энергии, что примерно в 10 раз больше той энергии, которая используется человечеством.

В отличие от зеленых растений некоторые группы бактерий синтезируют органическое вещество за счет не солнечной энергии, а энергии, выделяющейся в процессе реакций окисления серных и азотных соединений. Этот процесс именуется хемосинтезом. В накоплении органического вещества в биосфере он, по сравнению с фотосинтезом, играет ничтожно малую роль.

Синтезированные зелеными растениями и хемобактериями органические вещества (сахара, белки и др.), последовательно переходя от одних организмов к другим в процессе их питания, переносят заключенную в них энергию. Растения поедают растительноядные животные, которые в свою очередь становятся жертвами хищников и т. д. Этот последовательный и упорядоченный поток энергии является следствием энергетической функции живого вещества в биосфере. (2) *Таким образом, энергетическая функция* заключается в усвоении живым веществом преимущественно солнечной энергии и передаче ее по трофическим цепям. В основе этой функции лежит фотосинтетическая деятельность зеленых растений, образующих 98% всей первичной продукции планеты, что составляет около 150—200 млрд. т сухого органического вещества в год.

Средообразующая функция. Биосфера, согласно учению В. и. Вернадского, есть целостное единство, планетарная система, все элементы

которой взаимосвязаны и взаимодействуют. В этой системе центральную роль играет живое вещество, поскольку с ним генетически связаны и образованы из него все структурные части биосферы благодаря прошлой или настоящей деятельности живых организмов. Окружающая живое вещество физико-химическая среда изменена вследствие его функционирования до такой степени, что биотические и абиотические процессы оказались неразделимыми. В результате их взаимовлияния живые организмы преобразуют среду своего обитания или поддерживают ее в таком состоянии, которое удовлетворяет условиям их существования. Выполняя средообразующие функции, живые организмы контролируют состояние окружающей среды.

Средообразующая роль живого вещества в биосфере имеет, по В. И. Вернадскому, химическое проявление и выражается в соответствующих биогеохимических функциях, которые свидетельствуют об участии живых организмов в химических процессах изменения вещественного состава биосферы. Кроме указанных функций Вернадский выделял и другие, не менее важные для биосферы.

Биогеохимические функции: газовые, концентрационные, окислительно-восстановительные, биохимические и биогеохимические, связанные с деятельностью человека (Вернадский, 1965).

Газовые функции заключаются в участии живых организмов в миграции газов и их превращениях. Газовая функция осуществляется зелеными растениями, которые в процессе фотосинтеза выделяют кислород, растениями и животными, выделяющими при дыхании углекислый газ, а также многими бактериями, восстанавливающими азот, сероводород и др. Благодаря газовой функции сформировался современный состав атмосферы, значительно отличающийся от такового в до-биосферный период. В зависимости от того, о каких газах идет речь, выделяется несколько газовых функций.

Кислородно-диоксидуглеродная – создание основной массы свободного кислорода на планете. Носителем данной функции является каждый зеленый организм. Выделение кислорода идет только при солнечном свете, ночью этот фотохимический процесс сменяется выделением зелеными растениями углекислого газа.

Диоксидуглеродная, не зависящая от кислородной – образование биогенной угольной кислоты как следствие дыхания животных, грибов и бактерий. Значение функции возрастает в области подземной тропосферы, не имеющей кислорода.

Озонная и пероксидводородная – образование озона (и, возможно, пероксида водорода). Биогенный кислород, переходя в озон, предохраняет жизнь от разрушительного действия радиации Солнца. Выполнение этой функции вызвало образование защитного озонового экрана.

Азотная – создание основной массы свободного азота тропосферы за счет выделения его азотовыделяющими бактериями при разложении

органического вещества. Реакция происходит в условиях как суши, так и океана.

Углеводородная – осуществление превращений многих биогенных газов, роль которых в биосфере огромна. К их числу относятся, например, природный газ, терпены, содержащиеся в эфирных маслах, скипидаре и обуславливающие аромат цветов, запах хвойных.

Вследствие выполнения живым веществом газовых биогеохимических функций в течение геологического развития Земли сложились современный химический состав атмосферы с уникально высоким содержанием кислорода и низким содержанием углекислого газа, а также умеренные температурные условия.

Следует отметить, что, в соответствии с гипотезой О. Г. Сорохтина, не весь кислород атмосферы имеет биогенное происхождение, 30% его поступило в воздушный бассейн в результате дегазации недр.

Концентрационные функции связаны с аккумуляцией живыми организмами из внешней среды химических элементов – водорода, углерода, азота, кислорода, кальция, магния, натрия, калия, фосфора и многих других, включая тяжелые металлы. Отмирание живого вещества (естественная смерть или случайная гибель), особенно массовое, приводит к аномально высокому содержанию большинства этих элементов в почве и литосфере вплоть до образования горных пород однородного химического состава – торфа, углей, известняков, сапропелей, мела, железных руд осадочного происхождения и многих других. Концентрационная функция проявляется в способности живых организмов накапливать разные химические элементы, в том числе микроэлементы, из внешней среды (почвы, воды, атмосферы). Некоторые виды являются специфическими концентраторами химических элементов в количествах, в десятки и даже тысячи раз превышающих их содержание в среде. Так, бурые водоросли концентрируют иод, диатомовые водоросли и злаки — кремний, фиалки — цинк, моллюски и ракообразные — медь, и т. п. Следствием концентрационной функции живых организмов являются геохимические аномалии многих участков земной поверхности, залежи известняка, локальные скопления некоторых химических элементов.

Окислительно-восстановительная функция выражается в химических превращениях веществ в процессе жизнедеятельности организмов. В почве, водной и воздушной среде образуются соли, окислы, новые вещества как результат окислительно-восстановительных реакций. С деятельностью микроорганизмов связано формирование железных и марганцевых руд, известняков и т. п. Вследствие выполнения *окислительно-восстановительных функций* осуществляются химические превращения веществ, содержащих атомы с переменной валентностью. *Окислительная функция* выражается в окислении с участием бактерий и, возможно, грибов всех бедных кислородом соединений в почве, коре выветривания и гидросфере. Например, так образуются болотные железные руды, бурые железистые конкреции, ожелезненные горизонты. *Восстановительная*

функция противоположна по своей сути окислительной. Благодаря ей в результате деятельности анаэробных бактерий в нижней трети профиля заболоченных почв, практически лишенного кислорода, образуются оксидные формы железа.

Биохимические функции связаны с жизнедеятельностью живых организмов – их питанием, дыханием, размножением, смертью и последующим разрушением тел. В результате происходит химическое превращение живого вещества сначала в биокосное, а затем, после умирания, в косное. Следует различать разрушение тел организмов после их смерти, идущее повсеместно и вызываемое микробами, грибами и некоторыми насекомыми, и разрушение, связанное с массовым захоронением растительных и животных остатков после их смерти или гибели. В последнем случае совместное или последовательное выполнение живым веществом концентрационных и биохимических функций приводит к геохимическому преобразованию литосферы.

Биохимическая функция осуществляется в процессе обмена веществ в живых организмах (питания, дыхания, выделения) и разрушения отмерших организмов и продуктов их жизнедеятельности до простых неорганических веществ. Все это приводит к круговороту химических элементов в природе, их биогенной миграции. *Биогеохимические функции*, связанные с деятельностью человека, обеспечили большие изменения химических и биохимических процессов в биосфере, способствуют становлению ее нового эволюционного состояния – ноосферы. Уже сегодня локальное и планетарное загрязнение в результате развития теплоэнергетики, промышленности, транспорта и сельского хозяйства может привести к необратимым последствиям в биосфере, так как человек интенсивнее, чем другие организмы, изменяет физические условия среды.

Кроме указанных, к функциям живого вещества в биосфере следует отнести также *водную*, которая связана с биогенным круговоротом воды, имеющим важное значение в круговороте воды на планете.

Выполняя перечисленные функции, живое вещество адаптируется к окружающей среде и приспособливает ее к своим биологическим потребностям. При этом живое вещество и среда его обитания развиваются как единое целое, однако контроль за состоянием среды осуществляют живые организмы. Такого рода биологический контроль за состоянием биосферы на глобальном уровне стал основой гипотезы Геи, предложенной американскими физиком Дж. Лавлоком и микробиологом Л. Маргулисом. Согласно этой гипотезе, организмы, прежде всего микроорганизмы, вместе со средой обитания образуют сложную систему регуляции – «коричневый пояс», поддерживающий на Земле условия, благоприятные для жизни. ()

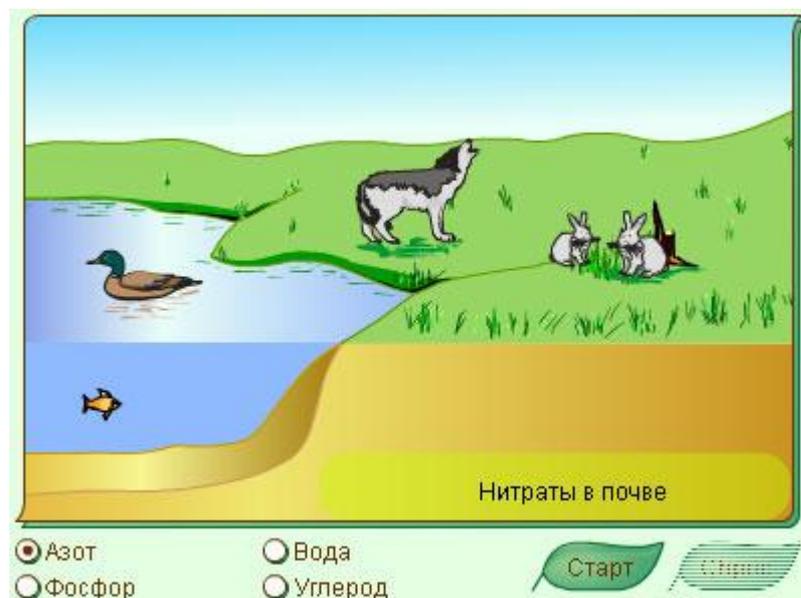
5 СОСТАВ, СВЯЗИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ БИОСФЕРЫ

В учении о биосфере выделяют следующие основные подходы:

- энергетический (связь биосферных явлений с космическим излучением (прежде всего, излучением Солнца) и радиоактивными процессами в недрах Земли);
- биогеохимический (роль живого в распределении атомов в биосфере);
- информационный (принципы организации и управления в живой природе);
- пространственно-временной (формирование и эволюция различных структур биосферы);
- ноосферный (глобальные аспекты воздействия человека на окружающую среду).

Биосфера играет важную роль в распределении энергетических потоков на Земле. В год до Земли доходит около 10^{24} Дж солнечной энергии; 42 % из неё отражается обратно в космос, а остальное поглощается. Другим источником энергии является тепло земных недр. 20 % энергии переизлучается в мировое пространство в виде тепла, 10 % расходуется на испарение воды с поверхности Мирового океана. Зелёные растения преобразуют в процессе фотосинтеза около 10^{22} Дж в год, поглощают $1,7 \cdot 10^8$ т CO_2 , выделяют около $11,5 \cdot 10^7$ т кислорода и испаряют $1,6 \cdot 10^{13}$ т воды. Исчезновение растений привело бы к катастрофическому накоплению углекислоты в атмосфере, и через сотню лет жизнь на Земле в её нынешних проявлениях погибла бы. Наряду с фотосинтезом в биосфере происходит почти такое же по масштабам окисление органических веществ в процессах дыхания и разложения.

В организмах содержатся все известные сегодня химические элементы. Если некоторые из них (водород, кислород, углерод, азот, фосфор и другие) являются основой жизни, то другие (рубидий, платина, уран) имеются в организмах в очень малых количествах. Организмы участвуют в миграции химических элементов как прямо (выделение кислорода в атмосферу, окисление и восстановление различных веществ в почвах и гидросфере), так и косвенно (восстановление сульфатов, окисление соединений железа, марганца и других элементов). Биогенная миграция атомов вызвана тремя основными процессами: обменом веществ, ростом и размножением организмов. Огромную роль в биогеохимической активности играет человек, извлекая ежедневно в ходе добычи полезных ископаемых миллиарды тонн горной породы. Влияние человека на глобальные геохимические процессы с каждым годом только растёт.



Живой мир Земли, ее биосфера, состоит из организмов трех типов.

Продуценты, или *автотрофы*, - это организмы, которые производят органическое вещество за счет утилизации солнечной энергии, воды, углекислого газа и минеральных солей. К этому типу принадлежат растения, которых на Земле есть около 350 000 видов. Их масса составляет около $2.3 \cdot 10^{10}$ т.

Консументы, или *гетеротрофы* – это организмы, которые получают энергию за счет питания автотрофами или другими консументами. К ним принадлежат травоядные животные, хищники и паразиты, а также хищные растения и грибы. Количество видов этой группы наибольшая – свыше 1.5 млн., а их масса составляет около $2.3 \cdot 10^{10}$ т.

Редуценты - микроорганизмы, которые разлагают органическое вещество продуцентов и консументов до простых соединений – воды, углекислого газа и минеральных солей. Их насчитывается 75 тыс. видов, а суммарная масса составляет $1.8 \cdot 10^8$ т.

Все это огромное количество живых существ находится в очень сложных взаимоотношениях между собой и с неживым веществом. Количество возможных связей между членами экологической системы определяется за формулой:

$$A = (N(N-1))/2,$$

где A – число связей; N – число видов в экосистеме.

Если, например, в какой -то экосистеме находится 1 тыс. видов, то число связей и взаимоотношений между ними будет рассчитываться таким образом: $(1000 \cdot 999)/2$, то есть будет составлять 500 тыс. Среди этих многочисленных связей есть очень важные, незаменимые. Вмешательство человека в процессе деятельности в биосферные взаимосвязи, о значении которых большей частью не имеет правильного представления, часто приводит к нежелательным следствиям. Например, в 30-ые года в Норвегии было решено истребить хищных птиц (полярных сов и ястребов), что уменьшали численность ценной промышленной птицы — полярной куропатки.

Объявленные льготы и премии послужили причиной повсеместного отстрела охотниками хищных птиц. Сразу же после этой акции среди куропаток вспыхнула эпидемия, которая почти полностью уничтожила их популяцию. Оказалось, что совы и ястребы выполняли роль санитаров, которые поедало в первую очередь больных, ослабленных куропаток и таким образом предотвращали распространению эпидемии. Неразумное вмешательство в процесс, становление которого длилось тысячелетиями, вызвало относительно инициаторов акции «эффект грабель» (если человек, который неосмотрительно наступал на зубцы, получает удар рукояткой по лбу).

Биосферные связи складывались на протяжении продолжительного времени. В природе нет лишнего, ненужного. Поэтому ничего, кроме грусти, не навеивает картина осеннего леса под Киевом, после того как там прошли грибники. Вместе с «полезными» маслятами, лисичками и опятами в киевских лесах растет много «вредных» мухоморов и поганок. Направляя по следам грибников, вы не встретите пусть одного неповрежденного мухомора – их яркие шляпки растоптаны. Это—«нормальная» реакция грибника-начинающего. Нему невдомек, что мухоморы и поганки являются необходимым звеном в экосистеме леса, их мицелий раскладывает те органические остатки, которыми не питаются другие грибы, ведь мухоморы делают свой вклад в деятельность организмов, которые поддерживают равновесную экосистему леса. Один знакомый человек запомнил экологический урок, который дал ему старый эвен — житель колымской тайги. Как-то во время рыбалки на берегу ручья в тайге он страдал от туч комаров. «Эх, нашелся бы ученый, который бы истребил всю эту «нечисть!» — в сердцах воскликнул рыбак. Эвен, который сидел рядом, не говоря ни слова, взял только что пойманного хариуса и разрезал ножом его толстое брюшко. Желудок рыбы был наполнен... комарами.

Система связей в биосфере чрезвычайно сложная и пока что расшифрованная лишь в общих чертах. Главнейшим звеном (или блоком) управления есть энергия — преимущественно энергия Солнца, второстепенная — энергия внутреннего тепла Земли и радиоактивного распада элементов. Безжизненной частью биосферы, ее безжизненным веществом руководят продуценты, ними — консументы, деятельность которых определяют обратные связи, которые идут от продуцентов. В результате осуществляется биотический кругооборот веществ в биосфере приблизительно по такой схеме.

1. *Продуценты* (растения) с помощью механизма фотосинтеза вырабатывают органическое вещество, потребляя солнечную энергию, воду, углекислый газ и минеральные соли. Хемопродуценты используют энергию химических реакций, например, окисления соединений железа или серы, и тоже вырабатывают органическое вещество.

2. *Консументы* (травоядные животные) питаются органической массой растений. Консументы второго и третьего порядков (хищники, паразиты, хищные растения и грибы) потребляют других консументов.

3. *Редуценты* потребляют часть питательных веществ, раскладывают мертвые тела растений и животных к простым химическим соединениям (воды, углекислого газа и минеральных солей), замыкая таким образом круговорот веществ в биосфере.

В целом биосфера очень похожая на единый гигантский суперорганизм, в котором автоматически поддерживается гомеостаз — динамическое постоянство физико-химических и биологических свойств внутренней среды и стойкость основных функций. С точки зрения кибернетики (теории управления), в каждом биоценозе, то есть совокупности организмов, которые населяют определенный участок суши или водоема, есть управляющая и управляемая подсистемы. Роль управляющей подсистемы выполняют консументы. Они не разрешают растениям слишком разрастаться, поедая «лишнюю» биомассу. За травоядными пристально «следят» хищники, предотвращая их чрезмерному размножению и уничтожению растительности. Управляющей подсистемой для этих хищников есть хищники второго рода и паразиты, которыми «руководят» сверхпаразиты, и т.д. Поэтому на Земле существует много видов животных. Среди них нет «лишних» ли «вредных», такие эпитеты дает им человек. Особенностью биосферных связей есть и то, что управляющая и управляемая подсистемы в ней часто меняются местами. Так, уменьшение количества растительного корма вызывает снижение численности хищников и паразитов через механизм обратной связи.

Кроме *энергетических, пищевых и химических связей*, огромную роль в биосфере сыграют *информационные*. Живые существа Земли освоили все виды информации - зрительную, звуковую, химическую, электромагнитную. Информативные сигналы сами по себе не способны вызвать обратной реакции через энергетическую слабость, но содержат важные сведения в закодированной форме. Они расшифровываются (большой частью автоматически) и учитываются живыми организмами. Способность воспринимать, сохранять и передавать информацию есть и у безжизненных объектов. Эти процессы в них осуществляются путем общего энергоинформационного обмена. Живые системы могут также обрабатывать, накапливать и использовать информацию в отдельности от энергии. Русский биолог О. Пресман определяет биосферу как систему, в которой вещественно-энергетические взаимодействия подчинены информационным. Примером информационных связей в биосфере может быть явление снижения интенсивности размножения животных в случае чрезмерной плотности популяции. Не всегда это обусловлено недостатком корма или загрязнением среды вредными отходами жизнедеятельности. Результаты опытов свидетельствуют, что уменьшение потомства у млекопитающих или снижения яйценоскости у птиц происходит вследствие «перенаселения» территории. Здесь действуют именно информационные связи, если включаются какие-то внутренние механизмы, которые приводят к уменьшению количества «лишних» особей.

Эффективность информационных связей в биосфере поражает. Например, самец мотылька тутового шелкопряда ощущает присутствие самки на расстоянии 2 км. Расчеты свидетельствуют, что такой феномен не может базироваться на химических сигналах, скажем, на действии каких-то ароматных веществ-антрактантов, которые выделяет самка. Вероятно, имеет место передача электромагнитных сигналов, причем за типом, который «отец кибернетики» Н. Винер назвал «тот, кого это касается». Возможно, именно загрязнением информационной среды, которое вызвано деятельностью человека, следует объяснять загадочные случаи массового «самоубийства» китов, которые выбрасываются на сушу? Ведь пространство вокруг Земли ныне перенасыщено искусственными антропогенными источниками электромагнитного поля.

Обобщая результаты исследований в отрасли геологии, палеонтологии, биологии и других естественных наук, В. Вернадский пришел к выводу что биосфера – это стойкая динамическая система, равновесие, которое установилось в основных своих чертах с археозоя и неизменно действует на протяжении 1.5 – 2 миллиарда лет». Он доказал, что стойкость биосферы за это время обнаруживается в постоянстве ее общей массы (около 10¹⁹ т), массы живого вещества (10¹⁸ т), энергии, связанной с живым веществом (10¹⁸ ккал), и среднего химического состава всего живого. Стойкость биосферы Вернадский связывал с тем обстоятельством, что «функции жизни в биосфере — биогеохимические функции — неизменные на протяжении геологического времени, и ни одна из них не появилась сызнова с ходом геологического времени». Все функции живых организмов в биосфере (образование газов, окислительные и обновленные процессы, концентрация химических элементов и т.п.) не могут выполняться организмами какого-либо одного вида, а лишь их комплексом. Отсюда вытекает чрезвычайно важное положение, разработанное Вернадским: биосфера Земли сформировалась с самого начала как сложная система, с большим количеством видов организмов, каждый из которых выполнял свою роль в общей системе. Без этого биосфера вообще не могла бы существовать, то есть стойкость ее существования была сразу начата ее сложностью.

Вернадскому принадлежит открытие такого основного закона биосферы: «Количество живого вещества есть планетной константой из времен архейской эры, то есть за все геологическое время». На протяжении этого периода живой мир морфологически изменился неузнаваемо, но такие изменения заметно не повлияли ни на количество живого вещества, ни на его средний валовой состав. Дело здесь в том, как считает Вернадский, что «в сложной организованности биосферы происходили в границах живого вещества лишь перегруппирования химических элементов, а не коренные изменения их состава и количества».

6 КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В БИОСФЕРЕ. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ

Круговорот веществ и превращение энергии как основа существования биосферы. Деятельность живых организмов в биосфере сопровождается извлечением из окружающей среды больших количеств минеральных веществ. После смерти организмов составляющие их химические элементы возвращаются в окружающую среду. Так возникает биогенный (с участием живых организмов) круговорот веществ в природе, т. е. циркуляция веществ между литосферой, атмосферой, гидросферой и живыми организмами. *Под круговоротом веществ* понимают повторяющийся процесс превращения и перемещения веществ в природе, имеющий более или менее выраженный циклический характер.

В круговороте веществ принимают участие все живые организмы, поглощающие из внешней среды одни вещества и выделяющие в нее другие. Так, растения потребляют из внешней среды углекислый газ, воду и минеральные соли и выделяют в нее кислород. Животные вдыхают кислород, выделенный растениями, а поедая их, усваивают синтезированные из воды и углекислого газа органические вещества и выделяют углекислый газ, воду и вещества непереваренной части пищи. При разложении бактериями и грибами отмерших растений и животных образуется дополнительное количество углекислого газа, а органические вещества превращаются в минеральные, которые попадают в почву и снова усваиваются растениями. Таким образом, атомы основных химических элементов постоянно совершают миграцию из одного организма в другой, из почвы, атмосферы и гидросферы — в живые организмы, а из них—в окружающую среду, пополняя таким образом неживое вещество биосферы. Эти процессы повторяются бесконечное число раз. Так, например, весь атмосферный кислород проходит через живое вещество за 2 тыс. лет, весь углекислый газ — за 200—300 лет.

Непрерывная циркуляция химических элементов в биосфере по более или менее замкнутым путям называется *биогеохимическим циклом*. Необходимость такой циркуляции объясняется ограниченностью их запасов на планете. Чтобы обеспечить бесконечность жизни, химические элементы должны совершать движение по кругу. Круговорот каждого химического элемента является частью общего грандиозного круговорота веществ на Земле, т. е. все круговороты тесно связаны между собой.

Круговорот веществ, как и все происходящие в природе процессы, требует постоянного притока энергии. Основой биогенного круговорота, обеспечивающего существование жизни, является солнечная энергия. Связанная в органических веществах энергия по ступеням пищевой цепи уменьшается, потому что большая ее часть поступает в окружающую среду в виде тепла или же тратится на осуществление процессов, происходящих в организмах. Поэтому в биосфере наблюдается поток энергии и ее

преобразование. Таким образом, биосфера может быть устойчивой только при условии постоянного круговорота веществ и притока солнечной энергии. Круговорот воды. Вода — самое распространенное вещество в биосфере. Основные ее запасы (97,1%) сосредоточены в виде солоно-горькой воды морей и океанов. Остальные воды — пресные. Воды ледников и вечных снегов (т. е. вода в твердом состоянии) вместе составляют около 2,24% (70% от запасов всей пресной воды), грунтовые воды — 0,61%, воды озер и рек соответственно 0,016% и 0,0001%, атмосферная влага—0,001%.

Вода в виде водяного пара испаряется с поверхности морей и океанов и переносится воздушными потоками на различные расстояния. Большая часть испарившейся воды возвращается в виде дождя в океан, а меньшая — на сушу. С суши вода в виде водяного пара теряется благодаря процессам испарения с ее поверхности и транспирации растениями. Вода переносится в атмосферу и в виде осадков возвращается на сушу или в океан. Одновременно с континентов в моря и океаны поступает речной сток воды. Как видим, основу глобального круговорота воды в биосфере обеспечивают физические процессы, происходящие с участием мирового океана. Роль живого вещества в них, казалось бы, невелика. Однако на континентах масса воды, испаряемая растениями и поверхностью почвы, играет главную роль в круговороте воды. Так, в различных лесных зонах основное количество осадков образуется из водяного пара, поступающего в атмосферу благодаря суммарному испарению, и в результате такие зоны живут как бы на собственном замкнутом водном балансе. Масса воды, транспирируемая растительным покровом, весьма существенна. Так, гектар леса испаряет 20—50 т воды в сутки. Роль растительного покрова заключается также в удержании воды путем замедления ее стока, в поддержании постоянства уровня грунтовых вод и др.

Круговорот углерода. Углерод — обязательный химический элемент органических веществ всех классов. Огромная роль в круговороте углерода принадлежит зеленым растениям. В процессе фотосинтеза углекислый газ атмосферы и гидросферы ассимилируется наземными и водными растениями, а также цианобактериями и превращается в углеводы. В процессе же дыхания всех живых организмов происходит обратный процесс: углерод органических соединений превращается в углекислый газ. В результате ежегодно в круговорот вовлекаются многие десятки миллиардов тонн углерода. Таким образом, два фундаментальных биологических процесса — фотосинтез и дыхание — обуславливают циркуляцию углерода в биосфере.

Еще одним мощным потребителем углерода являются морские организмы. Они используют соединения углерода для построения раковин, скелетных образований. В дальнейшем остатки отмерших морских организмов образуют на дне морей и океанов мощные отложения известняков.

Цикл круговорота углерода замкнут не полностью. Углерод может выходить из него на довольно длительный срок в виде залежей каменного угля, известняков, торфа, сапропелей, гумуса и др.

Человек нарушает отрегулированный круговорот углерода в ходе интенсивной хозяйственной деятельности. За счет сжигания огромного количества ископаемого топлива содержание углекислого газа в атмосфере за XX в. возросло на 25%. Последствием этого может стать усиление парникового эффекта.

Круговорот азота. Азот — необходимый компонент важнейших органических соединений: белков, нуклеиновых кислот, АТФ и др. Основные его запасы сосредоточены в атмосфере в форме молекулярного азота, недоступного для растений, так как они способны использовать его только в виде неорганических соединений.

Пути поступления азота в почву и водную среду различны. Так, небольшое количество азотистых соединений образуется в атмосфере во время гроз. Вместе с дождевыми водами они поступают в водную или почвенную среду. Небольшая часть азотистых соединений поступает при извержениях вулканов.

К прямой фиксации атмосферного молекулярного азота способны лишь некоторые прокариотические организмы: бактерии и цианобактерии. Наиболее активными *азотфиксаторами* являются клубеньковые бактерии, поселяющиеся в клетках корней бобовых растений. Они переводят молекулярный азот в соединения, усваиваемые растениями. После отмирания растений и разложения клубеньков почва обогащается органическими и минеральными формами азота. Значительную роль в обогащении водной среды азотистыми соединениями играют цианобактерии.

Азотсодержащие органические вещества отмерших растений и животных, а также мочевины и мочевая кислота, выделяемые животными и грибами, расщепляются гнилостными (*аммонифицирующими*) бактериями до аммиака. Основная масса образующегося аммиака окисляется *нитрифицирующими бактериями* до нитритов и нитратов, после чего вновь используется растениями. Некоторая часть аммиака уходит в атмосферу и вместе с углекислым газом и другими газообразными веществами выполняет функцию удержания тепла планеты.

Различные формы азотистых соединений почвы и водной среды могут восстанавливаться некоторыми видами бактерий до оксидов и молекулярного азота. Этот процесс называется *денитрификацией*. Его результатом является обеднение почвы и воды соединениями азота и насыщение атмосферы молекулярным азотом.

Процессы нитрификации и денитрификации были полностью сбалансированы вплоть до периода интенсивного использования человеком азотных минеральных удобрений в целях получения больших урожаев сельскохозяйственных растений.

Таким образом, роль живых организмов в круговороте азота является основной.

7 ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ.

Современная структура биосферы и границы обитания современных организмов формировались постепенно. Они являются результатом долгой истории Земли, начиная с ее возникновения и до настоящего времени.

Доказательства развития биосферы многочисленны и бесспорны. Это прежде всего ископаемые остатки древних организмов. Изучая их, ученые установили главные этапы в истории развития органической жизни планеты. Предполагают, что за всю историю биосферы ее населяли, сменяя друг друга, примерно 500 млн. видов организмов.

Важнейший этап развития жизни на Земле тесно связан с изменением содержания кислорода в атмосфере и становлением озонового экрана. Древние фототрофные цианобактерии насытили кислородом первичный океан, благодаря которому водные организмы получили возможность осуществлять аэробное дыхание. Поступление кислорода в атмосферу обусловило образование мощного озонового слоя, поглощающего коротковолновое ультрафиолетовое излучение. Формирование озонового слоя позволило организмам выйти на сушу и заселить ее разнообразные местообитания. Это стало возможным тогда, когда содержание кислорода в атмосфере достигло величины, составляющей 10% от его современной концентрации. К концу палеозоя, в пермском периоде, концентрация кислорода в атмосфере достигла современного уровня.

Каждый период развития биосферы характеризовался свойственным ему комплексом условий среды и живых организмов. В кайнозойскую эру произошло становление человека, который в начале своей эволюции хорошо вписывался в природу. Перейдя к активной трудовой деятельности, человек вырвался из плена естественной природной зависимости. Человеческое общество с течением времени усиливало свое воздействие на природную среду. В настоящее время в эпоху НТР, совпавшей с бурным ростом численности населения планеты (демографический взрыв), деятельность человека соизмерима по своим последствиям на природную среду с действием самых мощных природных явлений.

7.1 Проблема происхождения жизни на Земле. Теории и гипотезы.

Среди вопросов, которые интересуют науку, философию, религию, каждого человека, важнейшим есть: что такая жизнь? Как оно появилось на Земле? Традиционно считается, что первые научные теории относительно происхождения живых организмов на Земле создали О. Опарин и Дж. Холдейн. В соответствии с их представлениями, на рассвете геологической

истории состоялся абиогенный синтез, то есть в первоначальных земных океанах, насыщенных разными простыми химическими соединениями, «в первичном бульоне» под влиянием вулканического тепла, разрядов молний и других факторов среды начался синтез более сложных органических соединений и биополимеров. Сложные молекулы аминокислот случайно объединялись в пептиды, которые, в свою очередь, создали первоначальные белки. Из этих белков синтезировались первичные живые существа микроскопических размеров.

У этой и других подобных гипотез есть один существенный недостаток: нет ни одного факта, который бы подтвердил возможность *абиогенного синтеза* на Земле хотя бы простейшего живого организма из безжизненных соединений. В многочисленных лабораториях мира осуществлен тысячи попыток такого синтеза. Например, американский ученый С. Миллер, исходя из предположений относительно состава первичной атмосферы Земли, в специальном приборе пропускал электрические разряды через смесь метана, аммиака, водорода и паров воды. Ему удалось получить молекулы аминокислот - тех основных «кирпичиков», из которых складывается основа жизни — белки. Эти опыты были многократно повторены, кое-кому с ученых удалось получить довольно длинные цепочки пептидов (простых белков). И только! Ни одного хотя бы простейшего живого организма никому не посчастливилось синтезировать. Ныне среди ученых популярностью пользуется *принцип Реди*: «Живое - лишь от живого».

Но предположим, что такие попытки когда-то увенчаются успехом. Что докажет такой опыт? Лишь то, что для синтеза жизни нужен ум человека, сложная развитая наука и современная техника. Ничего этого на первоначальной Земле не было. Больше того, синтез сложных органических соединений из простых противоречит второму началу термодинамики, которая запрещает переход материальных систем от состояния большей вероятности к состоянию меньшей, а развитие от простых органических соединений к сложным, потом от бактерий к человеку происходил именно в этом направлении. Здесь мы наблюдаем ничто иное, как творческий процесс. В последнее время сокрушительного удара гипотезе абиогенного синтеза нанесли математические исследования. Математики подсчитали, что вероятность самозарождения живого организма из безжизненных блоков практически равняется нулю. Так, Л. Блюменфельд доказал, что вероятность случайного образования за все время существования Земли хотя бы одной молекулы ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты — одной из важнейших составных частей генетического кода) составляет 10- 800. Вдумайтесь в ничтожно маленькую величину этого числа! Ведь в знаменателе его находится цифра, где после единицы тянется ряд с 800 нулей, а это число в невероятное количество раз больше общего количества всех атомов во Вселенной. Современный американский астрофизик Ч. Викрамасингхе так образно высказал невозможность абиогенного синтеза: «Быстрее ураган,

который пронесется над кладбищем старых самолетов, соберет новенький суперлайнер из кусков лома, чем в результате случайного процесса возникнет из своих компонентов жизни».

Противоречат теории абиогенного синтеза и геологические данные. Как бы далеко мы не проникали у глубь геологической истории, не находим следов «азойской эры», то есть периода, когда на Земле не существовало жизни. Сейчас палеонтологи в породах, век которых достигает 3,8 млрд лет, то есть близкий ко времени образования Земли (4-4,5 млрд лет тому по последним оценкам), нашли ископаемые остатки довольно сложно организованных существ - бактерий, сине-зеленых водорослей, простых грибов. В. Вернадский был уверен, что жизнь геологически вечна, то есть в геологической истории не было эпохи, если наша планета была безжизненной. «Проблема абиогенеза (спонтанного зарождения живых организмов),—писал ученый в 1938 г.,— остается бесплодной и парализует действительно назревшую научную работу».

Вернадский считал, что жизнь — такая же вечная основа космосу, которыми есть материя и энергия. «Мы знаем, и знаем это научно,— твердил он,— что Космос без материи, без энергии не может существовать. И достаточно ли материи и без выявления жизни - для построения Космоса, той Вселенной, который доступный человеческому уму?». На этот вопрос он ответил отрицательно, ссылаясь именно на научные факты, а не на личные симпатии, философские или религиозные убеждения. «...Можно говорить о вечности жизни и проявлений ее организмов, как можно твердить о вечности материального субстрата небесных тел, их тепловых, электрических, магнитных свойств и их проявлений. С этой точки зрения таких же далеким от научных поисков будет вопрос о начале жизни, как и вопрос о начале материи, теплоты, электрики, магнетизма, движения».

Исходя из представления о биосфере как о земном, но одновременно и космическом механизме, Вернадский связывал ее образование и эволюцию с организованностью Космоса. «Для нас становится понятной,— писал он,— что жизнь есть явление космическое, а не сугубо земное». Эту мысль Вернадский повторял многократно: «...начала жизни в том Космосе, который мы наблюдаем, не было, поскольку не было начала этого Космоса. Жизнь вечна, поскольку вечный Космос».

7.2 Жизнь и гидросфера

Земная форма жизни чрезвычайно тесно связанная с гидросферой. Об этом свидетельствует хотя бы тот факт, что вода есть основной частью массы любого земного организма (человек, например, большее как на 70 % состоит из воды, а такие организмы, как медуза или на 97-98 %). Очевидно, что жизнь на Земле сформировалось лишь тогда, если на ней появилась гидросфера, а это, за геологическими сведениями, произошло почти с начала существования нашей планеты. Многие из свойств живых организмов

обусловленные именно свойствами воды, самая же вода есть феноменальным соединением. Так, за данными П. Привалова, вода — это кооперативная система, в которой всякое действие распространяется «эстафетным» путем на тысячи межуатомных расстояний, то есть имеет место «далекодействие».

Некоторые ученые считают, что вся гидросфера Земли, в сущности, есть одна гигантская «молекула» воды. Установлено, что вода может активироваться естественными электромагнитными полями земного и космического происхождения (в частности искусственного). Чрезвычайно интересным было недавнее открытие французскими учеными «памяти воды». Возможно, то, что биосфера Земли есть единым суперорганизмом, и обусловлено этими свойствами воды? Ведь все организмы — это составные части, «капли» этой супермолекулы земной воды.

Хотя нам до сих пор известна лишь земная белково-нуклеиново-водная жизнь, это не означает, что в безграничном Космосе не могут существовать другие его формы. Некоторые ученые, в частности американке Г. Файнберг и Р. Шапиро, моделируют такие гипотетично возможные его варианты: плазмоиды - жизнь в звездных атмосферах за счет магнитных сил, связанных с группами подвижных электрических зарядов; радиобы — жизнь в межзвездных облаках на основе агрегатов атомов, которые находятся в разных состояниях возбуждения; лавобы — жизнь на основе соединений кремния, который может существовать в озерах расплавленной лавы на очень горячих планетах; водоробы — жизнь, которая может существовать при низких температурах на планетах, покрытых «водоемами» из жидкого метана, и черпать энергию из преобразований ортоводорода на параводород; термофаги — разновидность космической жизни, которые получают энергией из градиента температур в атмосфере или океанах планет.

Конечно, такие экзотические, на наш взгляд, формы жизни пока что существуют лишь в воображении ученых и писателей-фантастов. Тем не менее не исключенная возможность реального существования некоторых из них, в частности плазмоидов. Есть некоторые основания считать, что на Земле параллельно с «нашей» формой жизни существует другой ее разновидность, похожий на упомянутых плазмоидов. К ним относят некоторые виды НЛО (нераспознанных летающих объектов), образование, похожие на шаровые молнии, а также невидимые для глаза, но фиксированные цветной фотопленкой летающие в атмосфере энергетические «сгустки», что в ряде случаев проявляли разумное поведение. Таким образом, сейчас есть основания твердить, что жизнь на Земле появилось с самого начала ее существования и возникло, по словам Ч. Викрамасингхе, «от всепроникающей общегалактической живой системы».

От простого к сложному

Все эволюционные теории, начиная с той, которая была начата Ч. Дарвином, базируются на представлении о развитии от простого к сложному. Это представление сталкивается с противоречиями, которых накапливается

все больше. В частности, оно противоречит известному в кибернетике правилу Эшби: управляемая система никогда не может быть более сложной от управляющей, она всегда более простая. Это правило иногда высказывают так: горшок никогда не может быть более сложным за гончара. Открытие и изучение генетического кода свидетельствует, что индивидуальное развитие любого живого существа (онтогенез) и развитие систематической группы существ (филогенез) быстрее похоже на редактирование и распечатка готового текста или введения в ЭВМ программы, зашифрованной в дискете. При этом наблюдается такой парадокс: организмы воссоздают себя, то есть воссоздают новые организмы без уменьшения сложности своего строения. Наоборот, палеонтологам известные такие продолжительные периоды эволюции, на протяжении которых сложность организмов увеличивалась. А тем временем попытки кибернетиков создать автоматы, способные самовозобновлять себя (то есть «размножаться»), натолкнулись на непреодолимое препятствие: в процессе самовоспроизведения механических систем неминуемое наблюдается уменьшение Их сложности («вырождение»). Причину такого несоответствия живых и механических систем М. Камшилов усматривает в том, что «живые организмы также не являются самовоспроизводимыми. Они воссоздают себя в условиях чрезвычайно сложной среды — биосферы». Другими словами, организмы получают некоторые «руководящие указания», информацию из внешней среды, из биосферы, причем система, которая руководит развитием индивида, развертыванием информации, записанной в его генетическом коде, намного более сложного самого организма. Что же это за система?

7.3 Биосфера и Космос

В последнее время все более убедительными кажутся выводы В. Вернадского о том, что биосфера в своем развитии руководствуется информацией, которая поступает из Космоса. Он утверждал, что «космические излучения, которые идут от всех небесных тел, охватывают биосферу, пронизывают всю ее и все в ней... Биосферу нельзя понять в явлениях, которые в ней происходят, если будет упущена эта ее резко выступающая связь с строением всего космического механизма».

Впервые теснейшую связь процессов в биосфере с космическими, солнечными процессами открыл выдающийся русский ученый О. Чижевский. Он доказал, что биосфера находится под влиянием многих электромагнитных и других излучений, которые поступают от Солнца и отдаленных галактик. Урожайность сельскохозяйственных растений, периоды массового размножения многих животных, таких, как саранча, лемминги и т.п., эпидемии, пики сердечно-сосудистых заболеваний людей и много других процессов в биосфере, теснейшим чином связанные с процессами на Солнце (солнечными вспышками, пятнами и т.п.). «Мы — дети Солнца»,—так образно высказался Чижевский.

Универсальную роль носителей информации в биосфере сыграют электромагнитные поля. Это обусловлено тем, что из всех известных нам мыслимых типов связи именно связь на основе электромагнитных полей есть наиболее информативным и экономической. Электромагнитные поля как средство связи в биосфере сравнительно с звуковой, световой или химической информацией имеют такие преимущества: распространяются в любой среде жизни — воде, воздухе, грунте и тканях организмов; имеют максимальную скорость распространения; могут распространяться за любой погоды и независимо от времени поры; могут передаваться на любое расстояние; могут поступать на Землю из Космоса; на них реагируют все биосистемы (в отличие от других сигналов).

Раньше биологи учитывали лишь электромагнитные излучения Солнца в высокоэнергетическом участке его спектра — инфракрасные, видимые и ультрафиолетовые части диапазона — как источник энергии для всего живого. Лишь в последние десятилетия они начали давать себе отчет в той роли, которую сыграют в живой природе электромагнитные поля земного и космического происхождения в диапазонах радиочастот, низких и ифранизких частот. Оказалось, что именно эти слабые энергетическое сигналы несут информацию, которая воспринимается, накапливается и используется организмами. Это вопросы еще очень мало изучены. Тем не менее на основании тех сведений, которые имеют сегодня гелио- и космобиологи, можно утверждать, что функционирование биосферы в целом связано с информационными сигналами космического происхождения. Как считает американский биолог К. Гробстайн, «невозможно рассматривать жизнь как сугубо земное явление — оно стало неотъемлемой от Вселенной и ее эволюции».

Установлено, что чувствительность организмов к электромагнитным сигналам увеличивается с осложнением строения организмов. Так, позвоночные животные намного чувствительнее к электромагнитным полям, чем беспозвоночные и тем более — простейшие. С осложнением биосистем возрастает их способность накапливать слабые сигналы и воспринимать ту информацию, которую они несут.

Из времен появления работ Ч. Дарвина традиционно считается, что генетическую информацию контролирует окружающая среда путем естественного отбора наиболее приспособленных индивидов. При этом совсем не учитывается, что лучше всего приспособленные к разнообразнейшим земным условиям именно простейшие существа — бактерии, сине-зеленые водоросли. Они существуют на Земле без заметных перемен своей организации на протяжении миллиардов лет. Простейшие властвовали на нашей планете в архейскую эру и из того времени настолько существенным образом изменили окружающую среду и биосферу в целом, что с появлением новых, сложно организованных организмов вынужденные были отойти на задний план.

Сегодня *прокариоты* (простейшие организмы без клеточного ядра) процветают там, где никто другой существовать не может — в концентрированных рассолах некоторых озер, высокотемпературных гидротермальных источниках, даже в ядерных реакторах. Эти организмы действительно хорошо приспособлены к условиям среды. Они действуют за стратегией максимальной стойкости, консерватизма, сохранения достигнутого уровня совершенства. Имея качества, которые надежно обеспечивают жизнедеятельность прокариота и записанные в его генетической системе, он делает все новые и новые копии этого генетического текста. Как образно высказался Р. Баландин, у таких организмов «торжествует стандартизация, а творческие порывы приглушенные или запрещенные».

Другим примером эволюционного тупика есть история муравьев и термитов. Колонии этих насекомых идеально приспособились к условиям жизни, создав свои подземные хранилища и искусственно поддерживая в них климат той далекой эпохи, если они впервые появились на Земле. Развитие муравьев и термитов прекратилось по крайней мере в палеогене, то есть 65 млн лет тому.

Появление *эукариотов* (организмов, в клетках которых есть ядро), сначала одноклеточных, а со временем и многоклеточных, начала новую стадию эволюционного развития — проявление кооперации. Объединение организмов (симбиоз, кооперация) обеспечивало более интенсивное усвоение свободной энергии. Значение кооперативных связей на протяжении всей истории эволюции биосферы непрерывно возрастало и стало решающей с появлением на Земле Разума. Более широкие возможности для развития имеют те организмы, которые, легко изменяясь, черпают новую информацию от других организмов и из окружающей среды, в частности с Космоса. У этих организмов (а их сегодня на Земле большинство) ярко выраженный, по словам Р. Баландина, «порыв к разнообразию, неожиданных решений, свободы творчества». Конечно, наиболее полно эти качества оказались в гоминид, поэтому они и основали носителя Разума.

Итак, биосфера сформировалась на ранних этапах развития жизни на Земле, причем очень быстро и уже в довольно сложном виде. К. Циолковский считал, что многочисленные виды простейших организмов зародились на Земле одновременно. Эту же мысль неоднократно подчеркивал В. Вернадский, считая, что комплекс одноклеточных организмов, способных не только существовать и воссоздаваться в окружающей среде, но и активно перестраивать его, за немного дней мог сформироваться и распространиться по всей поверхности планеты. В работе «Биогеохимические очерки» он пишет: «Следует неминуемо предположить, что, может, и менее сложная в основных чертах, чем сегодняшняя, и все же очень сложная жизненная среда сразу создалась на нашей планете как одно целое в догеологический ее период. Создался целый монолит жизни (жизненная среда), а не отдельный вид живых организмов...».

7.4 Гляциосфера и биосфера.

Известно, что в истории Земли, на протяжении почти 2.5 млрд. лет, чередовались периоды ледникового и безледникового климата [1]. Последний резко преобладал, составляя суммарно более 80% фанерозойской геологической истории (последние 540 млн лет) и более 90% - протерозойской (от 2500 до 540 млн лет назад). Возникновение и исчезновение ледников на Земле, а точнее появление и исчезновение многолетней гляциосферы в составе биосферы, приводило к качественному изменению внутренней структуры биосферы и изменению хода многих экзогенных процессов в последней. Думается, что понимание свойств, прошлого и будущего биосферы невозможно без учета ее климатического состояния.

Здесь полезно остановиться на уточнении, казалось бы, известных всем терминов. Биосфера по представлениям В.И.Вернадского и большинства других исследователей - это единая система, которая обнимает все живые организмы (земную биоту) и среду их обитания - тропосферу, гидросферу и верхнюю часть литосферы. Гляциосфера - это совокупность снегов и льдов Земли [2]. Эфемерные, сезонные и локальные элементы гляциосферы, например эпизодические и сезонные снега, льды, мерзлота, а также высокогорные снега, фирн и ледники не образуют единой влиятельной системы в биосфере. Напротив, ледники, многолетние снега и льды равнин, шельфов, морей и низких гор оказывают, как показано ниже, очень сильное влияние на все подсистемы биосферы. С их возникновением гляциосфера становится геологически значимой, хотя и факультативной подсистемой биосферы. Некоторые специалисты склонны считать гляциосферу частью гидросферы. Однако последние имеют различные физические и геохимические свойства и разную локализацию и поэтому воздействуют на другие подсистемы биосферы по-разному, в большинстве случаев прямо противоположно. Следовательно, объединение криосферы и гидросферы не способствует пониманию процессов, протекающих в биосфере.

Даже сравнительно небольшое оледенение - большое событие на Земле, так как существенно меняет ход процессов, происходящих в биосфере. Откуда это известно специалистам? Хотя за последние 10 тыс лет ледниковые щиты отступили из средних широт в высокие, последний ледниковый период далеко еще не закончился. На Земле существуют большие полярные шапки; один из континентов, Антарктида, целиком покрыт очень мощными ледниками. Льды занимают около 10% территории Северной Америки (Гренландию до 60°с.ш. - широта С.-Петербурга и часть островов Канадского Арктического архипелага). Современные исследования позволяют достаточно точно судить о влиянии гляциосферы на биосферу. Дополнительные сведения дает четвертичная геология, т.е. наука о недавнем прошлом Земли (последние 2 млн лет). Все эти источники свидетельствуют,

что влияние гляциосферы на другие подсистемы биосферы очень велико и частично распространяется даже на смежные с биосферой оболочки Земли. Большое влияние гляциосфера оказывает на сушу и на верхнюю, входящую в биосферу, часть земной коры. Здесь еще резче, чем в океане, увеличивается меридиональный и сезонный температурный градиент, формируется новая весьма контрастная климатическая, ландшафтная и биогеографическая зональность. Гляциоэвстатическое падение уровня океана вызывает глобальное понижение базиса эрозии и соответственно усиление процессов разрушения континентов (денудация). Реки повсеместно начинают интенсивно врезаться в подстилающие отложения, и происходит углубление долин.

Появление многолетней гляциосферы сильно влияет и на биоту Земли. Увеличение меридионального температурного градиента резко усиливает широтную биогеографическую дифференциацию органического мира. Осушение шельфов и образование в результате этого сухопутных мостов между массивами суши, наоборот, создают условия для межконтинентального обмена наземной флорой и фауной и для нивелировки ее различий в пределах этих обособившихся биогеографических широтных поясов.

Глобальное сокращение площади шельфов в результате гляциоэвстатического понижения уровня океана почти полностью ликвидирует места обитания самой продуктивной группы донных морских организмов, бентоса. Весьма существенная для биоты черта гляциосферы - ее неустойчивость и очень быстрые флуктуации разной амплитуды и периодичности. Это ярко выражается в наступлении и отступлении ледников (оледенениях и межледниковьях). Их обычное следствие - перестройки во всех подсистемах биосферы и в том числе в биотах (региональные экологические и биотические кризисы, миграции, вымирания и их более отдаленные следствия - глобальные биотические кризисы и новации).

Появление и исчезновение многолетней гляциосферы существенно изменяет все другие подсистемы биосферы и обуславливает два разных ее состояния. Различия между этими состояниями биосферы настолько заметны, что позволили ввести понятия холодная биосфера и - теплая биосфера. Однако эта проблема весьма важна для понимания прошлого, настоящего и будущего биосферы, а также имеет методическое значение для многих наук о Земле.

Таким образом, каждое живое существо рождается, развивается, выполняет свою программу жизни как составная часть исполняющего сверхорганизма — биосферы. И, в свою очередь, есть порождением космического сверхорганизма - галактики. А все галактики являются будто клеточками сверх-сверхорганизма— Космоса. К. Циолковский так подытожил свои раздумья о нас и наше место в Космосе: «Все рождено Вселенной. Она — начало всех вещей, от него все зависит. Человек или другие высшие существа и его воля есть лишь проявлением воли

Вселенной... Мы говорим: от нас все зависит, но мы сами создания Вселенной. Поэтому верней думать и говорить, что все зависит от Вселенной... Если нам и удастся выполнить свою волю, то лишь потому, что нам это разрешил Вселенная... Ни один атом Вселенной не избегает ощущения высшей разумной жизни». Ну, а что же породило Вселенную? Возможно, это вопросы вообще нельзя ставить. К. Циолковский сказал, что о Причине Космоса можно лишь догадываться.

Сегодня некоторые ученые, обсуждая управляющую роль Космоса в эволюции, употребляют термин «космическое информационное поле». В. Вернадский говорил о космических излучениях. В старинных индийских книгах упоминается о «вибрациях» Космоса, которые пронизывают всю земную жизнь, христиане верят в Святой Дух, который сходит из небес на Землю, некоторые другие религии вспоминают «астральный луч» и т.п.. Все эти определения, в сущности, выражают одну мысль-руководство Космосом эволюции земной биосферы, которая есть ее неотъемлемой частицей.

Можно констатировать еще одну черту эволюции, а именно — ее нарастающий темп. Палеонтологические сведения свидетельствуют именно об этом. Так, если условно принять век Земли (4,5 млрд лет) за одни сутки (24 ч), то в таких временных единицах жизни на Земле существует по крайней мере 20 ч, первые живые существа вышли из моря на сушу 6 ч 35 мин поэтому, млекопитающие существуют 3 ч 46 мин, а человек-последние 10 с. Довольно и говорить, насколько резко изменились состав и характеристики биосферы за эти последние 10 с «большого космического дня» Земли.

8 ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЗНИ

Ученые сегодня не в состоянии воспроизвести процесс возникновения жизни с такой же точностью, как это было несколько миллиардов лет назад. Даже наиболее тщательно поставленный опыт будет лишь модельным экспериментом, лишенным ряда факторов, сопровождавших появление живого на Земле. Трудность методологическая — в невозможности проведения прямого эксперимента по возникновению жизни (уникальность этого процесса препятствует использованию основного научного метода).

Вопрос о происхождении жизни интересен не только сам по себе, но и тесной связью с проблемой отличия живого от неживого, а также связью с проблемой эволюции жизни. В чем сущность живого? Как и насколько механизмы эволюции действовали при зарождении жизни?

8.1 Отличие живого от неживого

Итак, что такое живое и чем оно отличается от неживого. Есть несколько фундаментальных отличий в вещественном, структурном и функциональном планах. В вещественном плане в состав живого обязательно входят высокоупорядоченные макромолекулярные органические соединения, называемые биополимерами, — белки и нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК). В структурном плане живое отличается от неживого клеточным строением. В функциональном плане для живых тел характерно воспроизводство самих себя. Устойчивость и воспроизведение есть и в неживых системах. Но в живых телах имеет место процесс самовоспроизведения. Не что-то воспроизводит их, а они сами. Это принципиально новый момент. Также живые тела отличаются от неживых наличием обмена веществ, способностью к росту и развитию, активной регуляцией своего состава и функций, способностью к движению, раздражимостью, приспособленностью к среде и т. д. Неотъемлемым свойством живого является деятельность, активность. «Все живые существа должны или действовать, или погибнуть. Мышь должна находиться в постоянном движении, птица летать, рыба плавать и даже растение должно расти» (Селье Г. От мечты к открытию.- М., 1987. - С.

Однако строго научное разграничение живого и неживого встречает определенные трудности. Имеются как бы переходные формы от нежизни к жизни. Так, например, вирусы вне клеток другого организма не обладают ни одним из атрибутов живого. У них есть наследственный аппарат, но отсутствуют основные необходимые для обмена веществ ферменты, и поэтому они могут расти и размножаться, лишь проникая в клетки организма-хозяина и используя его ферментные системы. В зависимости от того, какой признак мы считаем самым важным, мы относим вирусы к живым системам или нет.

8.2 Концепции возникновения жизни

Существует пять концепций возникновения жизни: 1) креационизм — божественное сотворение живого; 2) концепция многократного самопроизвольного зарождения жизни из неживого вещества (ее придерживался еще Аристотель, который считал, что живое может возникать и в результате разложения почвы); 3) концепция стационарного состояния, в соответствии с которой жизнь существовала всегда; 4) концепция панспермии — внеземного происхождения жизни; 5) концепция происхождения жизни на Земле в историческом прошлом в результате процессов, подчиняющихся физическим и химическим законам.

Первая концепция является религиозной и к науке прямого отношения не имеет. Вторую опроверг изучавший деятельность бактерий французский микробиолог XIX века — Луи Пастер (знакомый нам по слову пастеризация). Третья из-за своей оригинальности и умозрительности всегда имела немного сторонников.

К началу XX в. в науке господствовали две последние концепции. Концепция панспермии, согласно которой жизнь была занесена на Землю извне, опиралась на обнаружение при изучении метеоритов и комет «предшественников живого» — органических соединений, которые возможно сыграли роль «семян».

У концепции появления жизни на Земле в историческом прошлом два варианта. Согласно одному, происхождение жизни — результат случайного образования единичной «живой молекулы», в строении которой был заложен весь план дальнейшего развития живого. Французский биолог Ж. Моно пишет, что «жизнь не следует из законов физики, но совместима с ними. Жизнь — событие, исключительность которого необходимо сознавать». Согласно другой точке зрения, происхождение жизни — результат закономерной эволюции материи.

8.3 Синтетическая теория эволюции

Применительно к живой природе эволюция принимается как образование более сложных видов из простых. Как оно происходит? Существует ли целесообразность в природе? Какова роль случайности? Что является источником развития: 1) тренировка органов, как считал Ламарк; 2) борьба за существование и выживание наиболее приспособленных (естественный отбор, по Дарвину); 3) способность к взаимопомощи (П. А. Кропоткин); 4) природные катастрофы: кометы, изменения температуры и пр. (Кювье)?

Генетика опровергла представления Ламарка о наследовании приобретенных при жизни признаков с помощью очень простых опытов. Вейсман последовательно на протяжении многих поколений отрезал мышам хвосты. Он постулировал, что признаки, приобретаемые организмом и приводящие к изменению фенотипа, не оказывают прямого воздействия на половые клетки, передающие признаки следующему поколению.

Тем не менее эволюция идет. Ч. Дарвин (1809-1882) во время своего кругосветного плавания на корабле «Бигль» собрал множество данных, свидетельствующих о том, что виды нельзя считать неизменными. После возвращения в Англию он изучал практику разведения голубей и других домашних животных, что натолкнуло его на идею естественного отбора. В 1778 году священник Т. Мальтус опубликовал «Трактат о народонаселении», в котором обрисовал, к чему привел бы рост населения, если бы он ничем не сдерживался. Дарвин перенес его рассуждения на природу и обратил внимание на то, что несмотря на высокий репродуктивный потенциал, численность популяций остается относительно постоянной. Дарвин предположил, что при интенсивной конкуренции внутри популяции любые изменения, благоприятные для выживания в данных условиях, повышают способность особей размножаться и оставлять потомство.

Другим основанием теории эволюции послужил принцип униформизма английского геолога Ч. Лайеля (1797-1875), в соответствии с которым медленные ничтожные изменения приводят к поразительным результатам, если происходят долго в одном направлении. Точно так же небольшие изменения на протяжении миллионов лет приводят к образованию новых видов.

Непосредственно натолкнуло Дарвина на мысль об эволюции органических форм обнаружение в одном и том же регионе — в Южной Америке — ископаемого и современного скелета ленивца, огромного в прошлом и маленького сейчас.

Теория эволюции сформулирована Дарвином в 1839 году. Наибольший вклад Дарвина в науку заключался не в том, что он доказал существование эволюции, а в том, что он объяснил, как она может происходить. В 1859 году Дарвин опубликовал труд «Происхождение видов путем естественного отбора». Гипотеза Дарвина основана на трех наблюдениях и двух выводах. «Н. 1. Особи, входящие в состав популяции, обладают большим репродуктивным потенциалом. Н. 2. Число особей в каждой данной популяции примерно постоянно. В. 1. Многим особям не удастся выжить и оставить потомство. В популяции происходит «борьба за существование». Н. 3. Во всех популяциях существует изменчивость. В. 2. В «борьбе за существование» те особи, признаки которых наилучшим образом приспособлены к условиям жизни, обладают «репродуктивным преимуществом» и производят больше потомков, чем менее приспособленные особи. Вывод 2 содержит гипотезу о естественном отборе, который может служить механизмом эволюции» (Н. Грин и др. Биология. Т. 3.- М., 1990.- С. 262).

Не столь важно, какая конкуренция имеет место — внутри- или межвидовая. Решающий фактор, определяющий выживание, — это приспособленность к среде. Любое, пусть самое незначительное физическое, физиологическое или поведенческое изменение, дающее одному организму преимущество перед другим, будет действовать в «борьбе за существование» как селективное преимущество. Благоприятные изменения будут передаваться следующим поколениям, а неблагоприятные — элиминироваться отбором, так как они невыгодны организму. Действуя таким образом, естественный отбор ведет к повышению «мощности» вида, а в филогенетическом плане — обеспечивает его выживание.

Данные в поддержку гипотезы Дарвина дают различные науки. Палеонтология, которая занимается изучением ископаемых остатков, подтверждает факт прогрессивного возрастания сложности организмов. В самых древних породах встречаются организмы немногих типов, имеющих простое строение. Постепенно разнообразие и сложность растут. Многие виды, появляющиеся на каком-либо стратиграфическом уровне, исчезают затем. Это истолковывают как возникновение и вымирание видов.

В соответствии с данными палеонтологии можно считать, что в протерозойскую геологическую эру (700 млн. лет назад) появились бактерии, простейшие водоросли, примитивные морские организмы; в палеозойскую (365 млн. лет назад) — наземные растения, пресмыкающиеся; в мезозойскую (185 млн. лет назад) — млекопитающие, птицы, хвойные растения; в кайнозойскую (70 млн. лет назад) — современные виды. Конечно, следует иметь в виду, что палеонтологическая летопись неполна.

Теория эволюции знаменовала собой крупный прорыв в биологии, наряду с классификацией Линнея и клеточной теорией. Но вопросы и сомнения оставались, всю жизнь Дарвина преследовал «кошмар Дженкина» — возражение следующего содержания: если среди поля красных маков появится белый, то после скрещивания он даст розовое потомство, а через 2-3 поколения исчезнет всякое воспоминание о белом цвете (ведь в природе нет «демона Максвелла»).

Лишь возникновение генетики дало возможность отвергнуть это возражение. Опровергнув концепцию Ламарка, генетика помогла дарвинизму, объяснив, что появившийся признак не может исчезнуть, так как наследственный аппарат сохраняет случайно возникшее в нем, подобно тому, как сохраняются опечатки в книгах при их воспроизводстве.

Генетика привела к новым представлениям об эволюции, получившим название неodarвинизма, который можно определить как теорию органической эволюции путем естественного отбора признаков, детерминированных генетически. Другое общепринятое название — синтетическая, или общая, теория эволюции. Механизм эволюции стал рассматриваться как состоящий из двух частей: случайные мутации на генетическом уровне и наследование наиболее удачных с точки зрения приспособления к окружающей среде мутаций, так как их носители выживают и оставляют потомство.

Мутация → появление нового признака → борьба за существование → естественный отбор.

«Теория Дарвина в ее сегодняшней форме содержит, собственно, два независимых утверждения. Согласно одному из них, в процессе воспроизведения испытываются все новые формы, которые в своем большинстве при данных внешних обстоятельствах снова исчезают как непригодные; сохраняются лишь немногие приспособленные. Во-вторых, предполагается, что новые формы возникают вследствие чисто случайных нарушений генной структуры» (В. Гейзенберг. Физика и философия. Часть и целое.- М., 1989.- С. 236). Некоторые из событий, приводимых в качестве доказательства эволюционной гипотезы, воспроизводимы в лаборатории, однако это не значит, что они действительно имели место в прошлом, а свидетельствует об их возможности. На многие возражения до сих пор нет ответа. Поэтому концепцию Дарвина точнее все же относить к гипотезам, которые требуют дальнейшего подтверждения.

8.4 Концепция коэволюции

Критика дарвинизма велась со дня его возникновения. Одним не нравилось, что изменения, по Дарвину, могут идти во всех возможных направлениях и случайным образом. Концепция номогенеза утверждала, что изменения происходят не беспорядочно и случайно, а по законам форм. Русский ученый и революционер П. А. Кропоткин придерживался точки зрения, в соответствии с которой взаимопомощь является более важным фактором эволюции, чем борьба.

Эти возражения не могли поколебать общей теории эволюции вплоть до появления под влиянием экологических исследований концепции коэволюции, которая смогла объяснить возникновение полов и другие феномены. Как химическая эволюция — результат взаимодействия химических элементов, так по аналогии биологическая эволюция может рассматриваться как результат взаимодействия организмов. Случайно образовавшиеся более сложные формы увеличивают разнообразие и стало быть устойчивость экосистем. Удивительная согласованность всех видов жизни есть следствие коэволюции.

Концепция коэволюции хорошо объясняет эволюцию в системе «хищник — жертва» — постоянное совершенствование и того, и другого компонента системы. В системе «паразит — хозяин» естественный отбор должен вроде бы способствовать выживанию менее вирулентных (опасных для хозяина) паразитов и более резистентных (устойчивых к паразитам) хозяев. Постепенно паразит становится комменсалом, т. е. безопасным для хозяина, а затем они могут стать мутуалами — организмами, которые способствуют взаимному процветанию, как грибы и фотосинтезирующие бактерии, вместе образующие лишайники. Но так происходит не всегда. Паразиты являются неизбежной, обязательной частью каждой экосистемы. Коэволюционная «гонка вооружений» способствует большему разнообразию экосистем. Паразиты препятствуют уничтожению хозяевами других видов. Совместная эволюция организмов хорошо видна на следующем примере. Простейшие жгутиковые, живущие в кишечнике термитов, выделяют фермент, без которого термиты не могли бы переваривать древесину и расщеплять ее до Сахаров. Встречая в природе симбиоз, мы можем предполагать, что его конечной стадией является образование более сложного организма. Травоядные животные могли развиваться из симбиоза животных и микроскопических паразитов растений. Паразит уже обрел некогда способность производить ферменты для переваривания веществ, имевшихся в организме его хозяина-растения. Животное же делится с паразитом питательными веществами из растительной массы.

Концепция коэволюции объясняет и факты альтруизма у животных: заботу о детях, устранение агрессивности путем демонстрации «умиротворяющих поз», повиновение вожакам, взаимопомощь в трудных ситуациях и т. п.

8.5 Гипотеза Гея-Земли.

Эта гипотеза возникла в последние два десятилетия на основе учения о биосфере, экологии и концепции коэволюции. Авторами ее являются английский химик Джеймс Лавлок и американский микробиолог Линн Маргулис. Вначале была обнаружена химическая неравновесность атмосферы Земли, которая рассматривается как признак жизни. По мнению Лавлока, если жизнь представляет собой глобальную целостность, ее присутствие может быть обнаружено через изменение химического состава атмосферы планеты.

Лавлок ввел понятие геофизиологии, обозначающее системный подход к наукам о Земле. Согласно Гея-гипотезе, сохранение длительной химической неравновесности атмосферы Земли обусловлено совокупностью жизненных процессов на Земле. С начала жизни 3,5 млрд. лет назад существовал механизм биологической автоматической термостатики, в котором избыток двуокиси азота в атмосфере играл регулируемую роль, препятствуя тенденции потепления, связанной с возрастанием яркости солнечного света. Другими словами, действует механизм обратной связи.

Лавлок сконструировал модель, в соответствии с которой при изменении яркости потоков солнечного света растет разнообразие, ведущее к возрастанию способности регулировать температуру поверхности планеты, а также к росту биомассы.

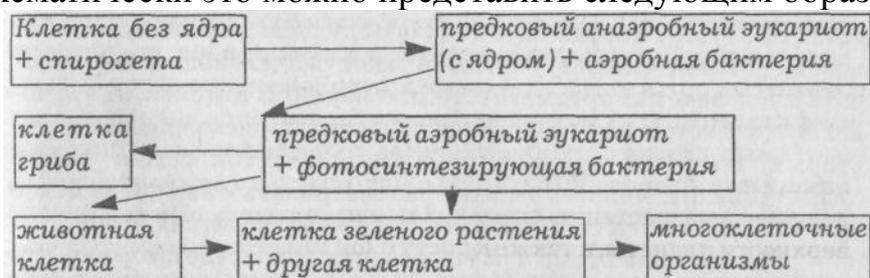
Суть Гея-гипотезы: Земля является саморегулирующейся системой, созданной биотой и окружающей средой, способной сохранять химический состав атмосферы и тем самым поддерживать благоприятное для жизни постоянство климата. По Лавлоку, мы — обитатели и часть квазиживой целостности, которая обладает способностью глобального гомеостаза, снисходительного к нарушениям, если она в хорошей форме, в пределах своей способности к саморегуляции. Когда подобная система попадает в состояние стресса, близкого к границам саморегуляции, даже маленькое потрясение может толкнуть ее к переходу в новое стабильное состояние или даже полностью уничтожить.

В то же время «Гея» превращает даже отбросы в необходимые элементы и, видимо, может выжить даже после ядерной катастрофы. Эволюция биосферы, по Лавлоку, может быть процессом, который выходит за рамки полного понимания, контроля и даже участия человека.

Подходя к Гея-гипотезе с биологических позиций, Л. Маргулис полагает, что жизнь на Земле представляет собой сеть взаимозависимых связей, позволяющих планете действовать как саморегулирующаяся и самопроизводящая система. В 60-х годах Маргулис предположила, что эукариотические клетки произошли в результате симбиотического союза простых прокариотических клеток, таких как бактерии.

Маргулис выдвинула гипотезу, что митохондрии (клеточные органеллы, которые производят энергию из кислорода и углеводов) произошли от аэробных бактерий; хлоропласты растений когда-то были

фотосинтезирующими бактериями. По мнению Маргулис, симбиоз — образ жизни большинства организмов и один из наиболее созидательных факторов эволюции. Например, 90% растений существуют вместе с грибами, поскольку грибы, связанные с корнями растений, необходимы им для получения питательных веществ из почвы. Совместная жизнь приводит к появлению новых видов и признаков. Эндосимбиоз (внутренний симбиоз партнеров)— механизм усложнения строения многих организмов. Изучение ДНК простых организмов подтверждает, что сложные растения произошли из соединения простых. Схематически это можно представить следующим образом:



Такая симбиотическая коэволюция хорошо согласуется с данными синергетики, и ею можно объяснить образование колонии амёб под влиянием недостатка пищи и образование муравейника. В синтетических терминах это описывается так. Начальной «флуктуацией» является несколько большая концентрация комочков земли, которая рано или поздно возникает в какой-то точке области обитания термитов. Но каждый комочек пропитан гормоном, привлекающим других термитов. Флуктуация растёт, и конечная площадь гнезда определяется радиусом действия гормона.

Так происходит переход от целесообразности на уровне организмов к целесообразности на уровне сообществ и жизни в целом — целесообразности в научном смысле слова, определяемой тем, что существуют не внешние по отношению к сообществам, а внутренние объективные надорганизменные механизмы эволюции, которые и изучает наука.

С точки зрения концепции коэволюции естественный отбор, который играл главную роль у Дарвина, является не «автором», а скорее «редактором» эволюции. Конечно, в этой сложной области исследований науку ждёт ещё немало важных открытий

8.6 Вещественная основа жизни

XX век привел к созданию первых научных моделей происхождения жизни. В 1924 году в книге Александра Ивановича Опарина «Происхождение жизни» была впервые сформулирована естественнонаучная концепция, согласно которой возникновение жизни — результат длительной эволюции на Земле — сначала химической, затем биохимической. Эта концепция получила наибольшее признание в научной среде.

Можно выделить следующие этапы живых систем, начиная с самых простейших и затем следуя по пути постепенного усложнения. В

вещественном плане для становления жизни нужен прежде всего углерод. Жизнь на Земле основана на этом элементе, хотя в принципе можно предположить существование жизни и на кремниевой основе. Возможно где-то во Вселенной существует и «кремниевая цивилизация», но на Земле основой жизни является углерод.

Чем это обусловлено? Атомы углерода вырабатываются в недрах больших звезд в необходимом для образования жизни количестве. Углерод способен создавать разнообразные (несколько десятков миллионов), подвижные, низкоэлектропроводные, студенистые, насыщенные водой, длинные скрученные цепеобразные структуры. Соединения углерода с водородом, кислородом, азотом, фосфором, серой, железом обладают замечательными каталитическими, строительными, энергетическими, информационными и иными свойствами.

Кислород, водород и азот наряду с углеродом можно отнести к «кирпичикам» живого. Клетка состоит на 70% из кислорода, 17% углерода, 10% водорода, 3% азота. Все кирпичики живого принадлежат к наиболее устойчивым и распространенным во Вселенной химическим элементам. Они легко соединяются между собой, вступают в реакции и обладают малым атомным весом. Их соединения легко растворяются в воде.

По радиоастрономическим данным органические вещества возникали не только до появления жизни, ни и до формирования нашей планеты. Следовательно, органические вещества абиогенного происхождения присутствовали на Земле уже при ее образовании.

При образовании Земли из космической пыли (частиц железа и силикатов — веществ, в состав которых входит кремний) и газа весьма вероятно, что на внешних участках Солнечной системы газы могли конденсироваться. Органические соединения могли синтезироваться и на поверхности пылинок.

Химические и палеонтологические исследования древнейших докембрийских отложений и особенно многочисленные модельные эксперименты, воспроизводящие условия, которые господствовали на поверхности первобытной Земли, позволяют понять, как в этих условиях происходило образование все более сложных органических веществ. Жизнь возможна только при определенных физических и химических условиях (температура, присутствие воды, солей и т. д.). Прекращение жизненных процессов, например, при высушивании семян или глубоком замораживании мелких организмов, не ведет к потере жизнеспособности. Если структура сохраняется неповрежденной, она при возвращении к нормальным условиям обеспечивает восстановление жизненных процессов.

Также и для возникновения жизни нужны определенные диапазоны температуры, влажности, давления, уровня радиации, определенная направленность развития Вселенной и время. Взаимное удаление галактик приводит к тому, что их электромагнитное излучение приходит к нам сильно ослабленным. Если бы галактики сближались, то плотность радиации во

Вселенной была бы столь велика, что жизнь не могла бы существовать. Углерод синтезирован в звездах-гигантах несколько миллиардов лет назад. Если бы возраст Вселенной был меньше, то жизнь также не могла бы возникнуть. Планеты должны иметь определенную массу для того, чтобы удержать атмосферу.

8.7 Земля в период возникновения жизни

Наша планета — «золотая середина» в Солнечной системе, которая наиболее подходит для зарождения жизни. Возраст Земли около 5 млрд. лет. Температура поверхности в начальный период была 4000-8000°C и по мере того как Земля остывала, углерод и более тугоплавкие металлы конденсировались и образовали земную кору. Атмосфера была совершенно иной. Легкие газы — водород, гелий, азот, кислород— уходили из атмосферы, так как гравитационное поле нашей еще недостаточно плотной планеты не могло их удержать. Однако простые соединения, содержащие эти элементы, удерживались.

Первичная атмосфера содержала водород и соединения углерода (метан) и азота (аммиак). Отсутствие в атмосфере кислорода было вероятно необходимым условием возникновения жизни: лабораторные опыты показывают, что органические вещества гораздо легче создаются в восстановительной среде, чем в атмосфере, богатой кислородом. О том, что атмосфера была именно такой, свидетельствуют самые древние горные породы на Земле.

Существуют разные точки зрения на проблему жизни на Земле. По мнению В. И. Вернадского жизнь появилась одновременно с образованием Земли. А. И. Опарин считал, что периоду развития жизни предшествовал длительный период химической эволюции Земли, во время которого (3-5 млрд. лет тому назад) образовались сложные органические вещества и протоциты. Возникновение последних положило начало биохимической эволюции.

Известны три способа синтеза природных органических веществ. Содержащие углерод и азот вещества могли возникать в расплавленных глубинах Земли и выноситься на поверхность при вулканической деятельности, попадая далее в океан.

А. И. Опарин полагал, что органические вещества могли создаваться и в океане из более простых соединений. Энергию для этих реакций синтеза, вероятно, доставляла интенсивная солнечная радиация (главным образом, ультрафиолетовая), падавшая на Землю до того, как образовался слой озона, который стал задерживать большую ее часть. Разнообразие находящихся в океанах простых соединений, площадь поверхности Земли, доступность энергии и масштабы времени позволяют предположить, что в океанах постепенно накопились органические вещества и образовался тот «первичный бульон», в котором могла возникнуть жизнь. Наконец,

органические соединения могли образоваться во Вселенной из неорганического космического «сырья».

Для построения любого сложного органического соединения, входящего в состав живых тел, нужен небольшой набор блоков-мономеров (низкомолекулярных соединений): 29 мономеров (из них 20 аминокислот, 5 азотистых оснований) описывают биохимическое строение любого живого организма. Оно состоит из аминокислот (из которых построены все белки), азотистых соединений (составные части нуклеиновых кислот), глюкозы — источника энергии, жиров — структурного материала, идущего на построение в клетке мембран и запасующего энергию.

После того, как углеродистые соединения образовали «первичный бульон», могли уже организовываться биополимеры — белки и нуклеиновые кислоты, обладающие свойством самовоспроизводства себе подобных. Необходимая концентрация веществ для образования биополимеров могла возникнуть в результате осаждения органических соединений на минеральных частицах, например, на глине или гидроокиси железа, образующих или прогреваемого Солнцем мелководья. Кроме того, органические вещества могли образоваться на поверхности океана тонкую пленку, которую ветер и волны гнали к берегу, где она собиралась в толстые слои. В химии известен также процесс объединения родственных молекул в разбавленных растворах.

В начальный период формирования Земли воды, пропитывающие земной грунт, непрерывно перемещали растворенные в них вещества из мест их образования в места накопления. Там формировались пробионты — системы органических веществ, способных взаимодействовать с окружающей средой, т. е. расти и развиваться за счет поглощения из окружающей среды разнообразных богатых энергией веществ.

Здесь уже возможен примитивный «отбор», ведущий к постепенному усложнению и упорядоченности как обеспечивающих преимущество в выживании. Механизм отбора действовал на самых ранних стадиях зарождения органических веществ — из множества образующихся веществ сохранялись устойчивые к дальнейшему усложнению.

Затем образуются микросферы — шаровидные тела, возникающие при растворении и конденсации абиогенно полученных белковоподобных веществ.

В подтверждение возможности абиогенного синтеза были проведены следующие опыты. Воздействуя на смесь газов электрическими зарядами¹, имитирующими молнию, и ультрафиолетовым излучением, ученые получали сложные органические вещества, входящие в состав живых белков. Органические соединения, играющие большую роль в обмене веществ, были искусственно получены при облучении водных растворов углекислоты. Американский ученый С. Миллер в 1953 году синтезировал ряд аминокислот при пропускании электрического заряда через смесь газов, предположительно составлявших первичную земную атмосферу. Были

синтезированы и простые нуклеиновые кислоты. Этими экспериментами было доказано, что абиогенное образование органических соединений во Вселенной могло происходить в результате воздействия тепловой энергии, ионизирующего и ультрафиолетового излучений и электрических разрядов. Первичным источником этих форм энергии служат термоядерные процессы, протекающие в недрах Земли.

Как показывает синергетика, энергия имела для возникновения жизни не меньшее значение, чем вещество. Разумно предположить, считает И. Пригожин, что некоторые из первых стадий эволюции к жизни были связаны с возникновением механизмов, способных поглощать и трансформировать химическую энергию, как бы выталкивая систему в сильно неравновесные условия. Неравновесные структуры — переход к живому, но еще нет воспроизводства. Итак, в образовании органических соединений большую роль играло не только вещество космического пространства, но и энергия звезд.

8.8 Начало жизни на Земле

Начало жизни на Земле — появление нуклеиновых кислот, способных к воспроизводству белков. Переход от сложных органических веществ к простым живым организмам пока неясен. Теория биохимической эволюции предлагает лишь общую схему. В соответствии с ней на границе между коацерватами — сгустками органических веществ — могли выстраиваться молекулы сложных углеводов, что приводило к образованию примитивной клеточной мембраны, обеспечивающей коацерватам стабильность. В результате включения в коацерват молекулы, способной к самовоспроизведению, могла возникнуть примитивная клетка, способная к росту.

Самое трудное для этой гипотезы — объяснить способность живых систем к самовоспроизведению, т. е. сам переход от сложных неживых систем к простым живым организмам. Несомненно, в модели происхождения жизни будут включаться новые знания, и они будут все более обоснованными. Но повторимся, что чем более качественно новое отличается от старого, тем труднее объяснить его возникновение. Поэтому здесь и говорят о моделях и гипотезах, а не о теориях.

Так или иначе, следующим шагом в организации живого должно было быть образование мембран, которые отграничивали смеси органических веществ от окружающей среды. С их появлением и получается клетка — «единица жизни», главное структурное отличие живого от неживого. Все основные процессы, определяющие поведение живого организма, протекают в клетках. Тысячи химических реакций происходят одновременно для того, чтобы клетка могла получить необходимые питательные вещества, синтезировать специальные биомолекулы и удалить отходы. Огромное значение для биологических процессов в клетке имеют ферменты. Они

обладают часто высокой специализированностью и могут влиять только на одну реакцию. Принцип их действия в том, что молекулы других веществ стремятся присоединиться к активным участкам молекулы фермента. Тем самым повышается вероятность их столкновения, а, следовательно, скорость химической реакции.

Синтез белка осуществляется в цитоплазме клетки. Почти в каждой из клеток человека синтезируется свыше 10000 разных белков. Величина клеток — от микрометра до более одного метра (у нервных клеток, имеющих отростки). Клетки могут быть дифференцированными (нервные, мышечные и т. д.). Большинство из них обладает способностью восстанавливаться, но некоторые, например, нервные — нет или почти нет.

8.9 Эволюция форм жизни.

Клетки без ядра, но имеющие нити ДНК, напоминают нынешние бактерии и сине-зеленые водоросли. Возраст таких самых древних организмов около 3 млрд. лет. Их свойства: 1) подвижность; 2) питание и способность запасать пищу и энергию; 3) защита от нежелательных воздействий; 4) размножение; 5) раздражимость; 6) приспособление к изменяющимся внешним условиям; 7) способность к росту.

На следующем этапе (приблизительно 2 млрд. лет том в клетке появляется ядро. Одноклеточные организмы с ядром, называются простейшими. Их 25-30 тыс. видов. Самые простые из амёбы. Инфузории имеют еще и реснички. Ядро простейших окружено двухмембранной оболочкой с порами и содержит хромосомы нуклеоли. Ископаемые простейшие — радиолярии и фораминиферы — основные части осадочных горных пород. Многие простейшие обладают сложным двигательным аппаратом.

Примерно 1 млрд. лет тому назад появились первые многоклеточные организмы, и произошел выбор растительного или животного образа жизни. Первый важный результат растительной деятельности — фотосинтез — создание органического вещества из углекислоты и воды при использовании солнечной энергии, улавливаемой хлорофиллом. Продукт фотосинтеза — кислород в атмосфере.

Возникновение и распространение растительности привело к коренному изменению состава атмосферы, первоначально имевшей очень мало свободного кислорода. Растения, ассимилирующие углерод из углекислого газа, создали атмосферу, содержащую свободный кислород, который не только активный химический агент, но и источник озона, преградившего путь коротким ультрафиолетовым лучам к поверхности Земли.

Веками накапливавшиеся остатки растений образовали в земной коре грандиозные энергетические запасы органических соединений (уголь, торф),

а развитие жизни в Мировом океане привело к созданию осадочных горных пород, состоящих из скелетов и других остатков морских организмов.

К важным свойствам живых систем относятся:

1. Компактность. В 5×10^{-15} гр. ДНК, содержащейся в оплодотворенной яйцеклетке кита, заключена информация для подавляющего большинства признаков животного, которое весит 5×10^7 гр. (масса возрастает на 22 порядка).

2. Способность создавать порядок из хаотического теплового движения молекул и тем самым противодействовать возрастанию энтропии. Живое потребляет отрицательную энтропию и работает против теплового равновесия, увеличивая, однако, энтропию окружающей среды. Чем более сложно устроено живое вещество, тем более в нем скрытой энергии и энтропии.

3. Обмен с окружающей средой веществом, энергией и информацией. Живое способно ассимилировать полученные извне вещества, т. е. перестраивать их, уподобляя собственным материальным структурам и за счет этого многократно воспроизводить их.

4. В метаболических функциях большую роль играют петли обратной связи, образующиеся при автокаталитических реакциях. Автокатализ, кросс-катализ и автоингибиция (процесс, противоположный катализу — если присутствует данное вещество, оно не образуется в ходе реакции) имеет место в живых системах. Для создания новых структур нужна положительная обратная связь, для устойчивого существования — отрицательная обратная связь.

5. Жизнь качественно превосходит другие формы существования материи в плане многообразия и сложности химических компонентов и динамики протекающих в живом превращений. Живые системы характеризуются гораздо более высоким уровнем упорядоченности и асимметрии в пространстве и времени. Структурная компактность и энергетическая экономичность живого — результат высочайшей упорядоченности на молекулярном уровне.

6. В самоорганизации неживых систем молекулы просты, а механизмы реакций сложны; в самоорганизации живых систем, напротив, схемы реакций просты, а молекулы сложны.

7. У живых систем есть прошлое, у неживых его нет. «Целостные структуры атомной физики состоят из определенного числа элементарных ячеек, атомного ядра и электронов и не обнаруживают никакого изменения во времени, разве что испытывают нарушение извне. В случае такого внешнего нарушения они, правда, как-то реагируют на него, но если нарушение было не слишком большим, они по прекращению его снова возвращаются в исходное положение. Но организмы — не статические образования. Древнее сравнение живого существа с пламенем говорит о том, что живые организмы, подобно пламени, представляют собой такую форму,

через которую материя в известном смысле проходит как поток» (Гейзенберг В. Цит. соч.- С. 233).

8. Жизнь организма зависит от двух факторов — наследственности, определяемой генетическим аппаратом, и изменчивости, зависящей от условий окружающей среды и реакции на них индивида. Интересно, что сейчас жизнь на Земле не могла бы возникнуть из-за кислородной атмосферы и противодействия других организмов. Раз зародившись, жизнь находится в процессе постоянной эволюции.

9. Способность к избыточному самовоспроизводству. «Прогрессия размножения, столь высокая, что она ведет к борьбе за жизнь и ее последствию — естественному отбору» (Дарвин Ч. Соч. Т. 3.-М-Л., 1939.- С.666).

8.10 Отличия растений от животных

Как считает большинство биологов, примерно 1 млрд. лет назад произошло разделение живых существ на два царства — растений и животных. Различия между ними можно разделить на три группы: 1) по структуре клеток и их способности к росту; 2) по способу, питания; 3) по способности к движению.

Отнесение к одному из царств проводится не по каждому признаку, а по совокупности различий. Так, кораллы, моллюски, речная губка — бодяга всю жизнь остаются неподвижными, и тем не менее, имея в виду другие свойства, их относят к животным. Существуют насекомоядные растения, которые по способу питания относятся к животным. Выделяют и переходные типы, как, скажем, эвглена зеленая, которая питается как растение, а двигается как животное. И все же три отмеченные группы различий помогают в подавляющем большинстве случаев.

Кристаллы растут, но не воспроизводятся; растения воспроизводятся, но не двигаются; животные двигаются и воспроизводятся. В то же время у растений некоторые клетки сохраняют способность к активному росту на протяжении всей жизни организма. В пластидах — белковых телах клеток растений заключен хлорофилл, придающий растениям зеленую окраску. Его наличие связано с основной космической функцией растений — улавливанием и превращением солнечной энергии. Эта функция определяет строение растений. «Свет лепит формы растений, как из пластического материала,» — писал австрийский ботаник И. Визнер. По словам В. И. Вернадского, «в биосфере видна неразрывная связь между освещающим ее световым солнечным излучением и находящимся в ней зеленым живым миром организованных существ» (В. И. Вернадский. Биосфера. Избр. соч.- Т. 5.- М., 1960.- С. 23). Самое большое дерево в мире — акация гальпини (122 м высоты, 44 м в периметре).

У животных клеток есть центриоли, но нет хлорофилла и клеточной стенки, мешающей изменению формы. Что же касается различий в способе питания, то большинство растений необходимые для жизни вещества получают в результате поглощения минеральных соединений. Животные питаются готовыми органическими соединениями, которые создают растения в процессе фотосинтеза. В ходе развития животного мира происходила дифференциация органов по функциям, которые они выполняют, и возникли двигательная, пищеварительная, дыхательная, кровеносная, нервная системы и органы чувств.

В XVIII-XIX веках ученые потратили много усилий для систематизации всего многообразия растительного и животного мира. Появилось направление в биологии, получившее название систематики. Были созданы классификации растений и животных в соответствии с их отличительными признаками. Основной структурной единицей был признан вид, а более высокие уровни составили последовательно род, отряд, класс.

На Земле существует 500 тыс. видов растений и 1,5 млн. видов животных, в том числе позвоночных — 70 тыс., птиц — 16 тыс., млекопитающих — 12540 видов. Подробная систематизация различных форм жизни создала предпосылки для изучения живого вещества как целого, что впервые осуществил выдающийся русский ученый Вернадский в своем учении о биосфере.

8.11 Эмпирические обобщения Вернадского

Существуют два основных определения понятия «биосфера», одно из которых известно со времени появления в науке данного термина. Это понимание биосферы как совокупности всех живых организмов на Земле. Ученик Докучаева, создателя учения о почвах, В. И. Вернадский, изучавший взаимодействие живых и неживых систем, выдвинул принцип неразрывной связи живого и неживого, переосмыслив понятие биосферы. Он понимал биосферу как сферу единства живого и неживого. Такое толкование определило взгляд Вернадского на проблему происхождения жизни на Земле. Рассматривались следующие варианты: 1) жизнь возникла до образования Земли и была занесена на нее; 2) жизнь зародилась после образования Земли; 3) жизнь зародилась вместе с формированием Земли. Вернадский придерживался последней из этих точек зрения и считал, что нет убедительных научных данных о том, что живое когда-либо не существовало на нашей планете. Иными словами, биосфера была на Земле всегда.

Под биосферой, таким образом, Вернадский понимал тонкую оболочку Земли, в которой все процессы протекают под прямым воздействием живых организмов. Биосфера располагается на стыке литосферы, гидросферы и атмосферы, располагаясь в диапазоне от 10 км в глубь Земли до 33 км над Землей.

Занимаясь им же созданной биогеохимией, изучающей распределение химических элементов по поверхности планеты, Вернадский пришел к выводу, что нет практически ни одного элемента таблицы Менделеева, который не включался бы в живое вещество. Вернадский подчеркивал также важное значение энергии и называл живые организмы механизмами превращения энергии.

1. Первым выводом из учения о биосфере является принцип целостности биосферы. «Можно говорить о всей жизни, о всем живом веществе, как о едином целом в механизме биосферы» (). Строение Земли, по Вернадскому, есть согласованный в своих частях механизм. «Твари Земли являются созданием космического процесса, необходимой и закономерной частью стройного космического механизма» (С. 11). Узкие пределы существования жизни — физические постоянные, уровни радиации и т. п.— подтверждают это. Как будто кто-то создал такую среду, чтобы жизнь стала возможна. Какие условия и константы имеются в виду? Гравитационная постоянная, или константа всемирного тяготения, определяет размеры звезд, температуру и давление в них, влияющие на ход реакций. Если она будет чуть меньше, звезды станут недостаточно горячими для протекания в них ядерных реакций; если чуть больше, звезды превзойдут «критическую массу» и обратятся в черные дыры, выпав тем самым из круговорота материи. Константа сильного взаимодействия определяет ядерный заряд в звездах. Если ее изменить, цепочки ядерных реакций не дойдут до углерода и азота. Постоянная электромагнитного взаимодействия определяет конфигурацию электронных оболочек и прочность химических связей; ее изменение делает Вселенную мертвой. К этому добавляется еще антропный принцип, с которым мировые константы как бы подгоняются к возможности существования жизни.

2. С принципом целостности биосферы и неразрывной связи в ней живых и косных компонентов связан и принцип гармонии биосферы и ее организованности. В биосфере, по Вернадскому, «все учитывается и все приспособляется с той же точностью, с той же механичностью и с тем же подчинением мере и гармонии, какую мы видим в стройных движениях небесных светил и начинаем видеть в системах атомов вещества и атомов энергии» (В. И. Вернадский. Биосфера... - С. 24).

3. Роль живого в эволюции Земли. «На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем организмы, взятые в целом... Все минералы верхних частей земной коры — свободные алюмокремниевые кислоты (глины), карбонаты (известняки и доломиты), гидраты окиси Fe и Al (бурые железняки и бокситы) и многие сотни других непрерывно создаются в ней только под влиянием жизни» (Там же.- С. 21). Лик Земли как небесного тела, заключает Вернадский, фактически сформирован жизнью.

4. Космическая роль биосферы в трансформации энергии. Можно рассматривать всю эту часть живой природы как дальнейшее развитие одного и того же процесса превращения солнечной световой энергии в действенную энергию Земли.

5. Растекание жизни есть проявление ее геохимической энергии. Живое вещество, подобно газу, растекается по земной поверхности в соответствии с правилом инерции. Мелкие организмы размножаются гораздо быстрее, чем крупные. Скорость передачи жизни зависит от плотности живого вещества.

6. Понятие автотрофности. Автотрофными называют организмы, которые берут все нужные им для жизни химические элементы в биосфере из окружающей их косной материи и не требуют для построения своего тела готовых соединений другого организма. Поле существования этих зеленых автотрофных организмов определяется прежде всего областью проникновения солнечных лучей.

7. Космическая энергия вызывает давление жизни, которое достигается размножением. Размножение организмов уменьшается по мере увеличения их количества.

8. Формы нахождения химических элементов: 1) горные породы и минералы; 2) магмы; 3) рассеянные элементы; 4) живое вещество. Закон бережливости в использовании живым веществом простых химических тел: раз вошедший элемент проходит длинный ряд состояний и организм вводит в себя только необходимое количество элементов.

9. Жизнь целиком определяется полем устойчивости зеленой растительности. Пределы жизни определяются в конце концов физико-химическими свойствами соединений, строящих организм, их неразрушимостью в определенных условиях среды. Максимальное поле жизни определяется крайними пределами выживания организмов. Верхний предел жизни обуславливается лучистой энергией, присутствие которой исключает жизнь и от которой предохраняет озоновый щит. Нижний предел связан с достижением высокой температуры. Интервал в 433°C (от -252°C до $+180^{\circ}\text{C}$) является предельным тепловым полем.

10. Биосфера в основных своих чертах представляет один и тот же химический аппарат с самых древних геологических периодов. Жизнь оставалась в течение геологического времени постоянной, менялась только ее форма. Само живое вещество не является случайным созданием.

11. Всюдность жизни в биосфере. Жизнь постепенно, медленно приспособившись, захватила биосферу, и захват этот не закончился. Поле устойчивости жизни есть результат приспособленности в ходе времени.

12. Постоянство количества живого вещества в биосфере. Количество свободного кислорода в атмосфере того же порядка, что и количество свободного живого вещества ($1,5 \times 10^{21}$ гр. и 10^{20} - 10^{21} гр.). Скорость передачи жизни не может перейти пределы, нарушающие свойства газов. Идет борьба за нужный газ.

13. Всякая система достигает устойчивого равновесия, когда ее свободная энергия равняется или приближается к нулю, т. е. когда вся возможная в условиях системы работа произведена. Понятие устойчивого равновесия является исключительно важным, и мы к нему вернемся позже. В развитие биологии в XX веке большой вклад внесли русские ученые. Мы говорили о первых моделях происхождения жизни, созданных А. И. Опариным. Русская биологическая школа имеет хорошие традиции. Вернадский был учеником выдающегося почвоведом В. В. Докучаева, который создал учение о почве как своеобразной оболочке Земли, являющейся единым целым, включающим в себя живые и неживые тела. По существу, учение о биосфере было продолжением и распространением идей Докучаева на более широкую сферу реальности. В дальнейшем развитие биологии в этом направлении привело к созданию одной из основных наук второй половины XX века — экологии.

9 БИОСФЕРА В ПЕРИОД НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

9.1 Влияние человека на биосферу.

С появлением первого современного человека (около 30—40 тыс. лет назад) в эволюции биосферы стал действовать новый фактор — антропический. Получая из природной среды все жизненные ресурсы (воду, воздух, пищу, энергию, строительные материалы и др.), человек возвращает в биосферу бытовые и промышленные отходы, большая часть которых не в состоянии включиться в биологический круговорот из-за их чужеродности или токсичности. Происходит быстрое истощение природных ресурсов, вымирание многих видов живых организмов, загрязнение и отравление среды ядохимикатами и радионуклидами, разрушение естественных экосистем (лесов, лугов, озер, рек, болот).

Причина конфликта человека с природной средой заключается в том, что человек является одновременно и биологическим, и социальным существом. Его социальные потребности значительно выше биологических. Практическая деятельность человека не зависит от полного понимания им мироустройства. Человек чаще всего действует методом проб и ошибок. Последних он совершает слишком много, создав разнообразные мощные технические средства, он заменил природную среду искусственной. Поселившись в ней, человек сделал себя не зависимым от ее превратностей. Особенно сильным стало воздействие хозяйственной деятельности человека на природную среду во второй половине XX столетия. Природа планеты неузнаваемо оскудела, ее повсеместно вытесняет чудовищная урбанизация, естественные ресурсы буквально на глазах одного-двух поколений людей

истощаются. Происходит деградация почв, теряющих естественное плодородие, возрастает их загрязнение нефтепродуктами, пестицидами, тяжелыми металлами. Страдает и сам человек. Среда его обитания в большинстве регионов мира, особенно в городах и промышленных центрах, становится все более вредной для здоровья. По оценке специалистов, не менее 50% распространенных заболеваний обусловлено загрязнением окружающей природной среды, прежде всего потреблением недоброкачественной питьевой воды, пищи, отравленным воздухом.

9.2 Рациональное использование природных ресурсов и охрана биосферы.

Охрана природы — это комплексная система мероприятий, направленных на сохранение, рациональное использование и воспроизводство природных систем и ресурсов Земли в интересах существующих и будущих поколений людей. Главная цель рационального использования природных ресурсов — сбережение видового разнообразия (генофонда) флоры и фауны планеты, ее недр, водных ресурсов, атмосферного воздуха, естественных экосистем, т. е. сохранение природных условий развития человеческого общества. Система охраны природы действует на основе международного, государственного и местного законодательства (17).

С середины XX в. стала очевидной опасность истощения природных ресурсов — как невозобновляемых (нефть, газ, уголь и т. п.), так и возобновляемых (грибы, растения, животные). За период с конца XVI в. до 70-х гг. XX в. на Земле исчезли 109 видов птиц, 64 вида млекопитающих, 20 видов пресмыкающихся, 3 вида земноводных. В настоящее время, по данным постоянной Комиссии по исчезающим видам растений и животных Международного союза охраны природы и природных ресурсов (МСОП), в среднем ежедневно исчезает один вид (или подвид) животных и еженедельно один вид растений.

Процесс обеднения флоры и фауны наиболее заметен при изучении сравнительно небольших территорий. Так, флора Беларуси, насчитывающая теперь около 1750 видов, за последние 100—150 лет сократилась почти на 100 видов. Исчезло также значительное количество видов животных. Среди них — млекопитающие (среднеевропейский лесной кот, выхухоль), птицы (большой баклан, розовый пеликан, колпица, стрепет), рыбы (белуга, балтийский и русский осетры, лосось). Потеря любого вида живых организмов нарушает слаженное функционирование биогеоценозов, в которых каждый вид занимает свою экологическую нишу и имеет строго определенное функциональное назначение.

Известные российские ученые А. Г. Банников и В. В. Флинт (1992) писали: «Каждый вид обладает неповторимым генофондом, сложившимся в

результате действия естественного отбора в процессе эволюции. Все виды имеют потенциальную экономическую ценность и для человека, поскольку невозможно предсказать, какие виды могут стать со временем полезными и даже незаменимыми. Возможности использования видов настолько непредсказуемы, что было бы величайшей ошибкой дать вымереть какому-то виду потому, что сегодня мы не знаем его полезности». Вот почему необходимо охранять весь генофонд биосферы, кроме генофонда болезнетворных организмов.

Для реализации этой цели разработана система природоохранных мероприятий, среди которых важнейшими являются следующие: разработка системы длительного наблюдения — мониторинга (в том числе и биомониторинга), — позволяющей осуществлять контроль за состоянием параметров окружающей среды, судить о степени ее ухудшения, источниках загрязнения, а также делать прогнозы о дальнейших тенденциях развития и функционирования экосистем; создание охраняемых территорий (заповедников, заказников, резерватов, национальных парков); принятие законов, обеспечивающих правовую основу природоохранных мероприятий; разработка методов разведения редких и исчезающих видов растений и животных и их переселение (интродукция) на охраняемые территории или новые места обитания; просветительская работа — разъяснение населению, представителям органов власти и общественных организаций идеи о насущной необходимости охраны всего живого, путей и методов решения этой задачи (15). С целью сохранения генофонда редких и находящихся под угрозой исчезновения растений, грибов, животных организуются специализированные охраняемые территории (заповедники, заказники, национальные парки), создаются Красные книги международного и национального уровней, принимаются законодательные акты на национальном и межправительственном уровнях, заключаются международные соглашения.

Заповедники — особо охраняемые законом территории или акватории, навсегда исключенные из любой хозяйственной деятельности {в том числе посещения людьми) в целях сохранения в нетронутом виде природных комплексов (эталонов природы), охраны видов живых организмов и слежения за природными процессами. Большинство заповедников учреждено для сохранения и увеличения численности представителей наиболее ценных и исчезающих видов растений и животных, которым в первую очередь грозит исчезновение в результате истребления человеком или разрушения их среды обитания в процессе хозяйственной деятельности. Благодаря заповедникам сохранены многие виды животных (зубр, уссурийский тигр и др.), восстановлена до промыслового уровня численность бобра, лося, соболя и других ценных охотничье-промысловых животных. *Биосферные заповедники* имеют международное значение. Они предназначены для постоянного и всестороннего наблюдения за состоянием и ходом

разнообразных природных процессов на неизменных или слабо измененных типичных участках биосферы.

Заказник — участок природной территории, предназначенный для постоянной или временной охраны одного-двух или многих видов живых организмов, экосистем или геологических памятников (ландшафтов). В заказниках хозяйственная деятельность допускается только в той мере, в какой она не нарушает покоя и не наносит вреда охраняемым объектам.

Резерваты — это заповедные (охраняемые), обычно небольшие урочища (рощи, озера, участки долин и побережий и т. п.) и отдельные объекты (пещеры, водопады, редкие и исторически ценные деревья и т. п.)

Национальный парк — обширная охраняемая природная территория, на которой сохранились природные комплексы, представляющие особую экологическую, историческую и эстетическую ценность. Режим национального парка комбинированный: на его территории мозаично чередуются участки с заповедным и заказным режимом, а также территории, где допущена регламентированная хозяйственная деятельность, связанная главным образом с обслуживанием туристов и сохранением традиционных для местного населения форм землепользования.

В настоящее время во всем мире насчитывается около 3 тыс. национальных парков и других видов охраняемых территорий, близких по своим задачам и организации. Их общая площадь составляет свыше 400 млн. га.

В Беларуси имеется два заповедника — Полесский радиационно-экологический и Березинский биосферный заповедники, национальные парки — Беловежская пуца, Припятский, Браславские озера, Нарочанские озера, свыше 80 заказников республиканского значения, а также большое число заказников местного значения и памятников природы.

Красная книга — это официальный документ, содержащий систематизированные сведения о редких и находящихся под угрозой исчезновения видов грибов, растений и животных, краткие данные об их биологии, распространении и др. В Красных книгах отмечаются также причины, приведшие к резкому сокращению численности или даже к исчезновению видов (16).

Каждая страна, на территории которой обитает вид, включенный в Международную Красную книгу, несет моральную ответственность перед всем человечеством за сбережение этого сокровища. Красная книга — это документ совести человека.

9.3 Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.

По инициативе МСОП, Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Всемирного фонда дикой природы (ВВФ), а также организаций ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства (ФАО), образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) была разработана Всемирная стратегия охраны природы. Она была принята в 1978 г. в Ашхабаде на XIV Генеральной ассамблее МСОП.(19)

В 1983 г. была создана Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР). Именно с работой этой комиссии в международный обиход вошло понятие «устойчивое развитие», означающее такую модель социально-экономического развития мирового сообщества, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей и гарантируется, что будущие поколения не будут лишены такой возможности из-за истощения природных ресурсов и деградации окружающей среды.

В июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро состоялась конференция ООН по окружающей среде и развитию, в работе которой приняли участие главы и члены правительств и эксперты 179 государств. Конференция приняла ряд важных документов: Повестку дня на XXI в., Конвенцию о биологическом разнообразии, Конвенцию об изменении климата.(18)

Претворение в жизнь принципов устойчивого развития позволит говорить о создании *ноосферы — нового состояния биосферы, при котором разумная деятельность человека становится главным, определяющим фактором ее развития.*

10 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение биосферы становится все более важной и актуальной задачей. Это вызвано непрерывно возрастающим и усложняющимся воздействием человека на окружающую среду. Уже сейчас мы должны уметь ясно предвидеть все возможные последствия нашего влияния на природу. Возможность и правильность такого прогноза зависят от глубины наших познаний о строении и функционировании биосферы в целом и ее различных участков и компонентов. Особенно важно иметь представление о роли живых организмов – основной движущей силы в биосфере.

Судьба биосферы – проблема, касающаяся не только всех без исключения ученых, независимо от их специальности, но практически каждого из нас. Множество книг посвящены анализу всех происходящих в биосфере процессов (круговорот энергии на Земле, круговорот энергии в биосфере, круговорот воды, кислорода, углерода, азота, минеральных веществ), рассмотрению влияния на биосферу деятельности человека, популярно рассказано о кардинальных законах природы, обуславливающих накопление биогенного вещества в биосфере и его переход в ископаемое состояние с образованием полезных ископаемых, а также об основных категориях животных и растений, населяющих земной шар, об исторических

этапах в развитии жизни на Земле, о биотических царствах суши земного шара и т. д. (12).

ЛИТЕРАТУРА

1. Войткевич Г.В., Вронский В.А. Основы учения о биосфере. Ростов-на-Дону, "Феникс", 1996.
2. Добровольский В.В. Основы биогеохимии: Уч. пособие. – М.: Выс. шк., 1998.
3. Ерёмченко О. З. Учение о биосфере : уч. пособие .- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Издат. Центр «Академия», 2006.- 240 с.
4. Косолапова А.В. Учение о биосфере. Часть 2. Биогеохимические циклы / Учебное пособие. – Воронеж: - Изд-во ВГПУ, 2007. – 48 с.
5. Н.Ф. Реймерс. Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. "Россия молодая", М., 1994.
6. Аверьянов А.Н. Послесловие к кн. И.Н. Яницкого "Физика и религия". М., 1995.
7. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу -ноосферу. М.: Изд-во МНЭПУ, 2000.
8. Гумилев Л.Н. Энтогенез и биосфера Земли. М., 1980.
9. Дювиньо П., Танг М. Биосфера и место в ней человека. "Прогресс", М., 1968.
10. Ивлев А.М. Биогеохимия. Учебник. М.: Выс. шк., 1986.
11. Лапо А.В. Следы былых биосфер. - М., 1987
12. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Райдерс И. За пределами роста. Учебное пособие. М., 1994.
13. Моисеев Н.Н. Восхождение к разуму. М.: "Издат", 1993.
14. Байлаков С.Л., Серов Г.П. Правовое обеспечение национальной безопасности России в экологической сфере. М.: МНЭПУ, 1999.
15. Бринчук М.М. Правовая охрана атмосферного воздуха. М.: Наука, 1985.
16. Винокуров А.Ю., Виноградов В.П. Прокурорский надзор за исполнением законодательства об охране окружающей среды. М.: МНЭПУ, 1996.
17. Галкин Ю.Ю., Высторобец Е.А. Международное экологическое сотрудничество. М.: МНЭПУ, 2000.
18. Ерофеев Б.В. Правовой режим земель городов. М.: Юрид. лит., 1976.
19. Жариков Ю.Г. Охрана прав землепользования. М.: Юрид. лит., 1974.
20. Михеев А.В., Пашканг К.В. и др. Охрана природы. М.: Просвещение, 1990.