



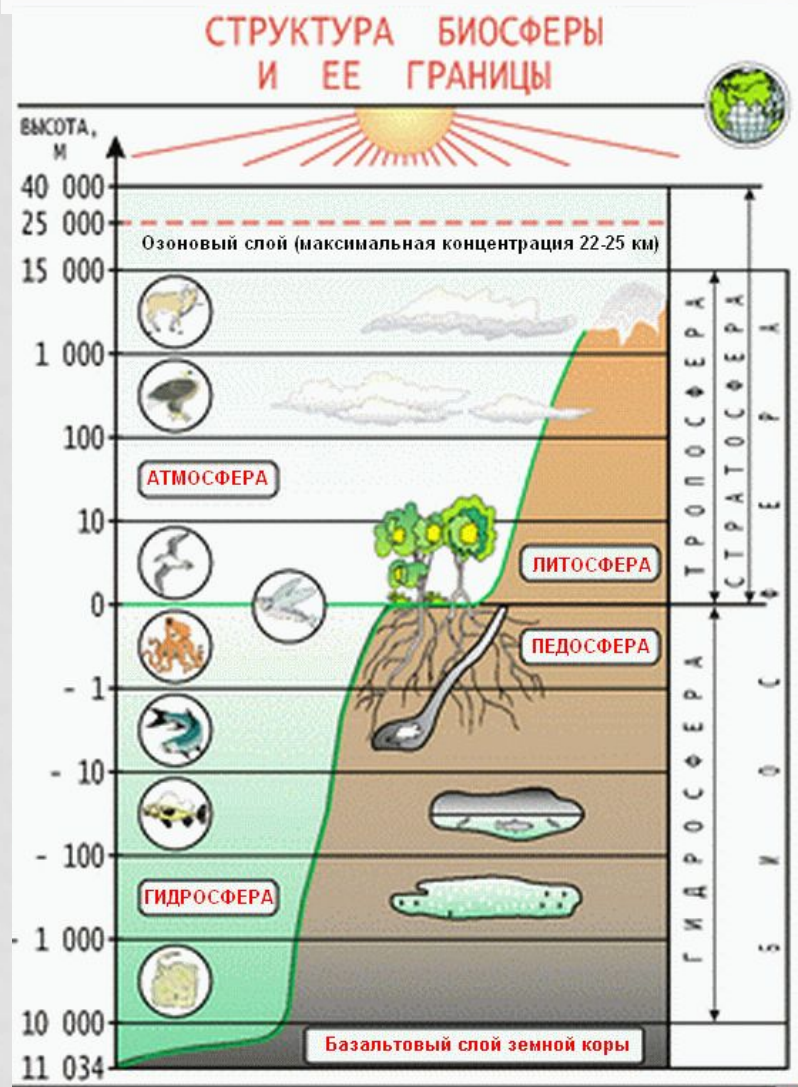
ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

БИОСФЕРА И НООСФЕРА. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ЛЕКЦИЯ 3 ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОБЛЕМЫ ГЕОЭКОЛОГИИ».
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ: К.Г.-М.Н., ДОЦЕНТ МЕЖИБОР А.М.



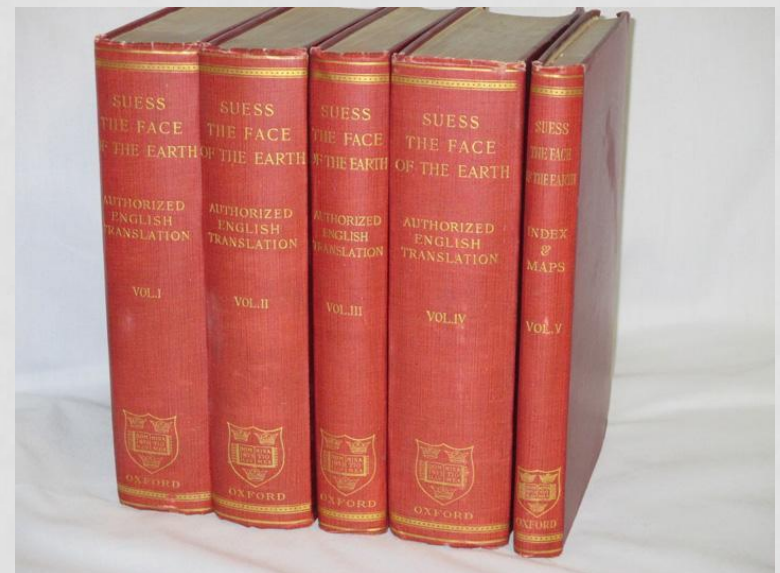
ПОНЯТИЕ О БИОСФЕРЕ



- Биосфера - самый высокий уровень организации жизни на Земле.
- Биосфера охватывает нижнюю часть атмосферы до высот 10-18 км (тропосферу), верхнюю часть земной коры до глубин 2-3 км (литосферу) и всех водоемов до глубин 2 км (гидросферу).
- Общая протяженность биосферы по вертикали составляет 20-30 км.

ПОЯВЛЕНИЕ ТЕРМИНА

Термин «**биосфера**» (греч. bios жизнь, sphaira шар) предложил австрийский геолог **Эдуард Зюсс** (1831-1914) в многотомнике «Лик Земли» (1875). Э. Зюсс писал о биосфере как особой оболочке Земли, охваченной жизнью, наравне с атмосферой, гидросферой и литосферой.



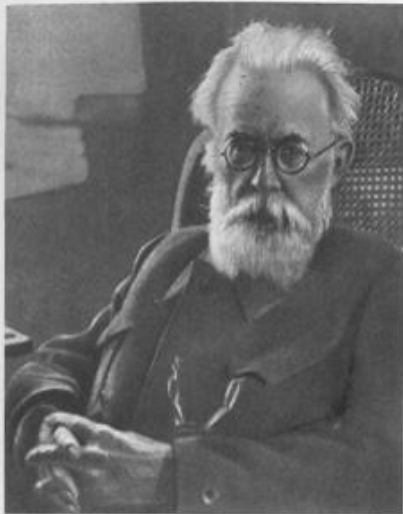


Василий Васильевич Докучаев

(1846-1903), известный русский географ и почвовед, обратил внимание на сложные и многообразные соотношения живой и неживой природы: между растительным, животным и минеральным царствами.

Ученики В.В. Докучаева развили и углубили эти представления. Одним из его учеников был **Владимир Иванович Вернадский** (1863-1945).

УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ



БИОСФЕРА

1-й т.

НАУЧНОЕ КНИЖНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ В. С. Н. Х.
ЛЕНИНГРАД
1926

В.И. Вернадский
создал **учение о
биосфере**.

Свои идеи он чётко
сформулировал в
знаменитом труде
"Биосфера"
(1926).

УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

Биосфера рассматривается В.И. Вернадским как область земной коры, занятая **ТРАНСФОРМАТОРАМИ**, переводящими космическое излучение в земную энергию: химическую, электрическую, тепловую и т.д.

По В.И. Вернадскому, биосфера - образование космическое, планетарное - "на нашей планете в биосфере существует не жизнь, от окружения независимая, а **ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО**, то есть совокупность живых организмов, теснейшим образом связанная с окружающей её средой биосферы".

Живым веществом В.И. Вернадский называл **совокупность живых организмов, выраженную в весе и в химическом составе**. Жизнь - одна из наиболее могучих геохимических сил планеты. Нет ни одного организма, который бы не был связан, хотя бы отчасти, с косной материей.

Биосфера - сложная природная система. Она состоит из живого вещества и косного вещества, которые взаимно влияют друг на друга, но относятся к разным необъединимым категориям явлений.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ БИОСФЕРЫ

- ❑ **Энергетическая:** функция преобразования космической (солнечной) энергии в энергию живого вещества и ее перераспределения.
- ❑ **Газовая:** формирование газового состава биосферы в результате миграции и превращения газов, большая часть которых имеет биогенное происхождение.
- ❑ **Концентрационная** (Биогеохимическая) функция: избирательное извлечение и накопление живыми организмами химических элементов из окружающей среды.
- ❑ **Средообразующая** (Ресурсная функция): трансформация химических параметров среды в условиях, благоприятных для существования организмов.
- ❑ **Деструктивная:** функция разложения мертвой органики, разрушения горных пород и вовлечения образовавшихся веществ в биотический круговорот, в результате чего происходит образование биокосных и биогенных веществ (минерализация органики).

Главные свойства биосферы, на которые обращал внимание В.И. Вернадский: Наличие в ней жизни и наличие энергии живого вещества.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ В.И. ВЕРНАДСКОГО

- **1-й принцип:** Биогенная миграция химических элементов всегда стремится к своему максимальному значению. Вовлекая неорганическое вещество в биотический круговорот, живое вещество способно со временем проникать в ранее недоступные области и увеличивать перерабатывающую активность.

Максимальное проявление жизни во всех геосферных оболочках (характеристики биосферы):

-«Всюдность жизни»

- **2-й принцип:** Эволюция видов, приводящая к созданию устойчивых форм жизни, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию составляющих биосферы.

-«Растекание жизни»

-«Давление жизни»

- **3-й принцип:** Заселение планеты должно быть максимально возможным для всего живого вещества (правило, полной заселенности Земли в любое геологическое время).

- «Пластичность жизни»

Живое вещество в том или ином виде охватывает все без исключения геосферные оболочки. Формы жизни чрезвычайно разнообразны. Известно более 500 тыс. видов растений и 1,5 млн. видов животных. О количественных показателях микробных сообществ сказать вообще что-либо затруднительно. Главная масса живого вещества сосредоточена в охваченной солнечным светом части планеты. При этом сгущения жизни тем выше, чем ярче её освещение.

«ВСЮДНОСТЬ ЖИЗНИ»

Суммарная масса живых организмов (биомасса) оценивается в $\sim 2,42 \cdot 10^{12}$ т, $\sim 97\%$ которых составляют растения, $\sim 3\%$ – животные.

Живое вещество производит на Земле непрерывную работу по переработке своего окружения, по его изменению, изменяя газовый состав атмосферы, минеральный состав литосферы, почву, гидросферу. Человек, являясь частью живого вещества, также участвует в реализации геохимической функции живого вещества.

Распространённость живого вещества в почве (по А.С. Бабенко, 2006):
в 1 г. почвы содержится

- 3-90 миллионов бактерий;
- от 8 тыс. до 1 млн. микогрибов;
- около 100 тысяч водорослей;
- 1,5-6 млн. простейших.

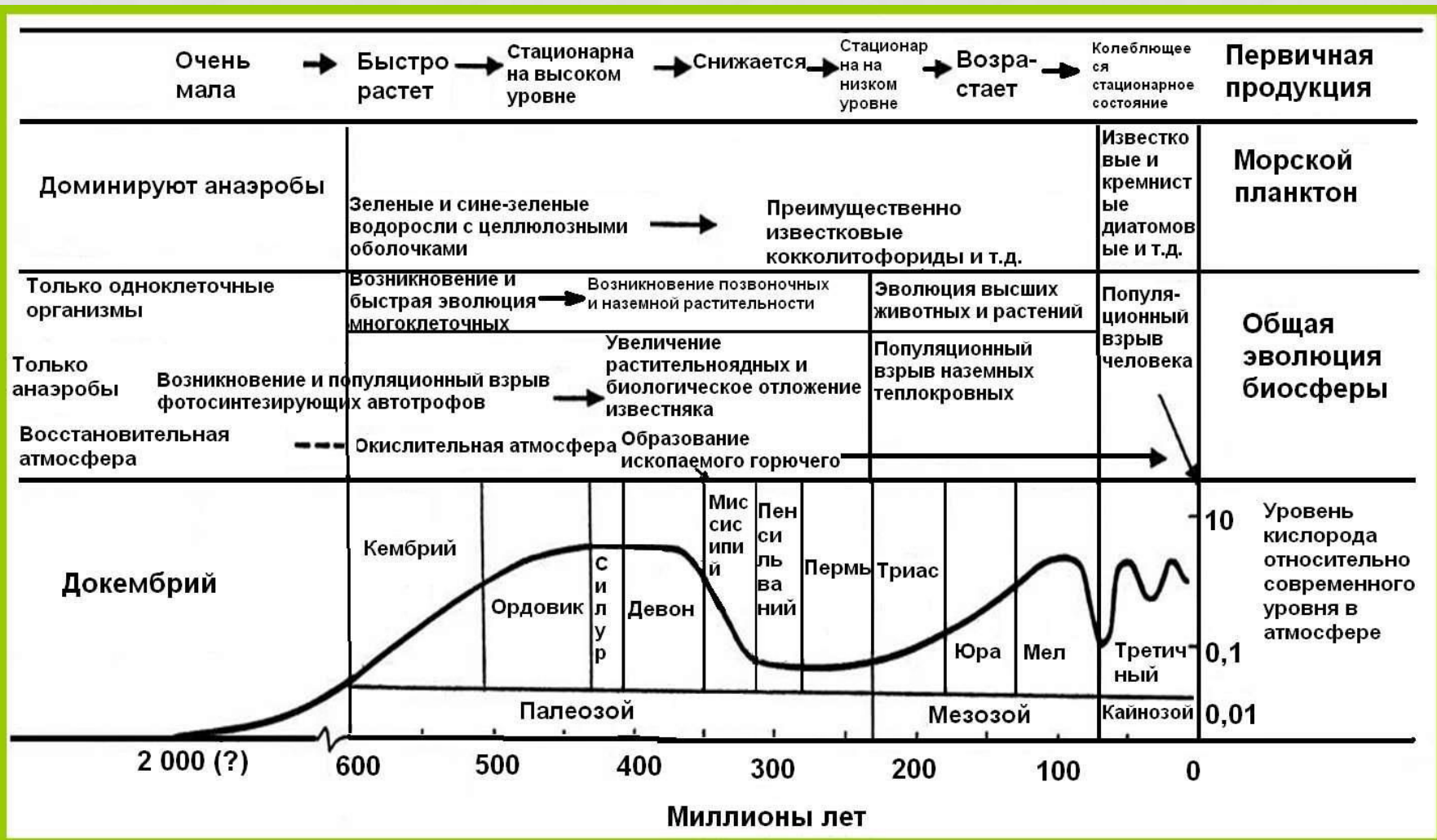
Масса бактерий и микроскопических грибов составляет примерно по 10 т/га, простейших - 400 кг/га, дождевых червей - 50-140 кг/га пашни, а на сенокосных лугах более 2 тонн/га.

«РАСТЕКАНИЕ ЖИЗНИ»

Растекание происходит размножением живого вещества. В. И. Вернадский ввёл понятие “скорость передачи жизни”.

Величина t – захват живым веществом поверхности планеты (в сутках) (по В.И. Вернадскому).

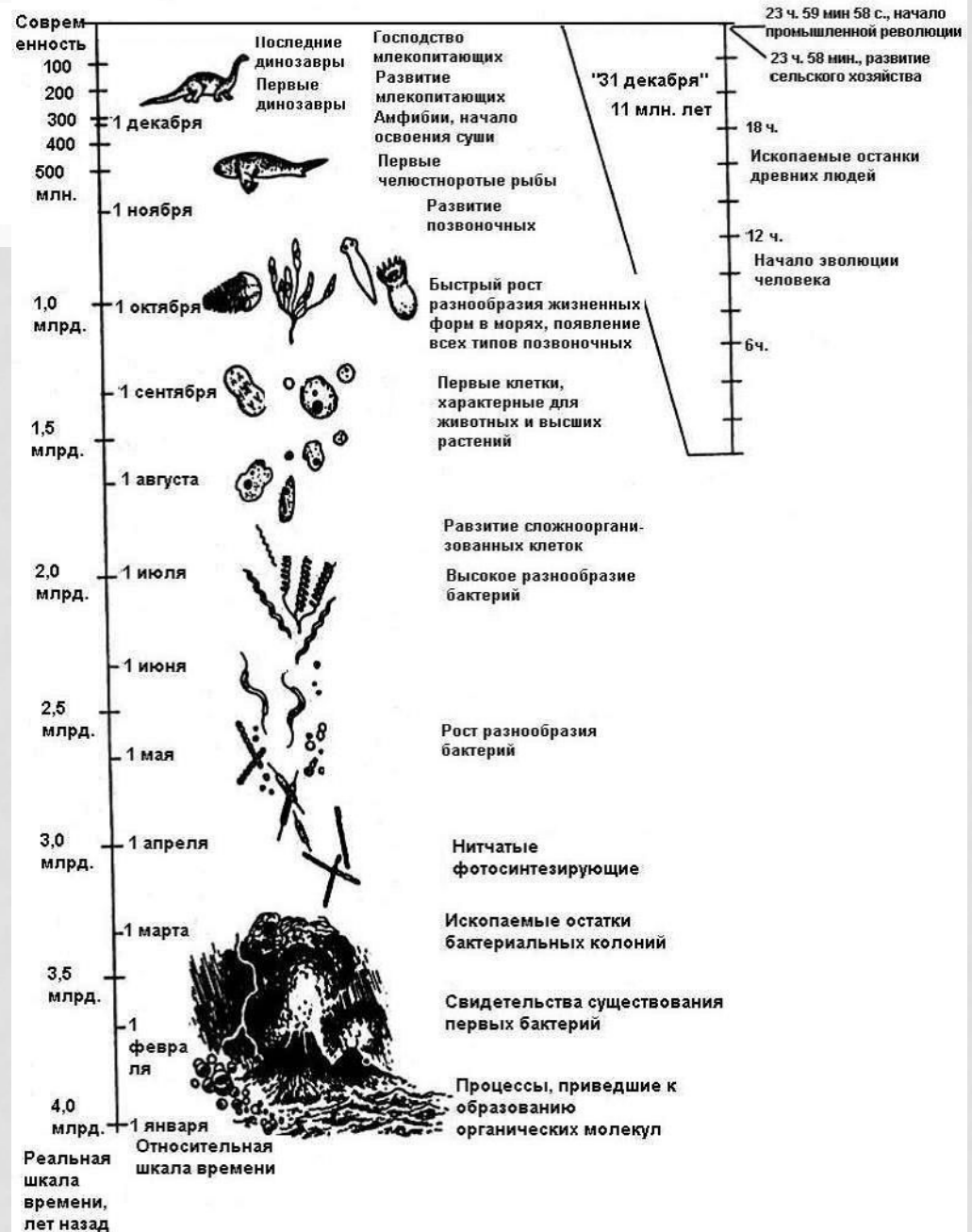
Виды организмов	t
Зеленый планктон (среднее)	168-183
Большие водоросли (среднее)	17832-28931 (49-79 лет)
Бактерии:	
Vibrio cholerae	Около 1,25
Bacterium typhi	Около 1,8
Инфузория: Leucophrys patula	10,6 (максимум)
Диатомовые: Nitzchia putrida	16,8 (максимум)
Инфузории:	
Paramaecium caudate	31,8-67,3
Paramaecium Aurelia	42,7 (среднее)
Schyzophytae: Anabaena baltica	112-143
Насекомые:	
Culex pungens	203
Aphis mali	392
Musca domestica	366
Цветковые растения: Trifolium repens	4076 (больше 11 лет)
Рыбы:	
Clupea harengus	2736-4486 (7-12 лет)
Pleuronestes platessa	2159 (около 6 лет – максимум)
Gadu morhua	1556 (больше 4 лет – максимум)
Птицы: куры	5600 – 6100 (15-18 лет)
Млекопитающие:	
Крыса	Около 2800 (около 8 лет)
Домашняя свинья	Около 2800 (около 8 лет)
Дикая свинья	Около 20628 (больше 56 лет)
Слон (индийский)	Около 37600 (больше 1000 лет)



«ДАВЛЕНИЕ ЖИЗНИ»

- Живое вещество, растекаясь по земной поверхности, оказывает определённое давление. Современные эксперименты показывают, что лабораторная культура, состоящая из одной единственной клетки через 24 часа будет содержать $27 \cdot 10^{14}$ бактерий. Через 48 часов масса этих бактерий превысила бы массу нашей планеты, если бы не было лимитирующих ограничений.

- Сопоставление геологической временной шкалы с одним годом дает представление об относительной продолжительности различных этапов эволюции живого.



УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ (ПО ТИМОФЕЕВУ-РЕСОВСКОМУ И ДР., 1969).

1. МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ

- Внутриклеточные системы (хромосомы, другие органеллы и биологически активные макромолекулы) осуществляют ауторепродукцию клеток и организмов и передают наследственную информацию от поколения к поколению от простого деления вирусов, бактерий, фагов, синезеленных водорослей до митоза и мейоза.

2. ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ.

- Осуществляется саморегулирующееся упорядоченное во времени и пространстве развитие особи и протекание ее жизненных функций.

3. ПОПУЛЯЦИОННЫЙ УРОВЕНЬ (эволюционный).

- Осуществляется исторический процесс изменения форм организмов, приводящих к образованию пусковых механизмов Эволюции, возникновению адаптации, видообразованию и эволюционному прогрессу.

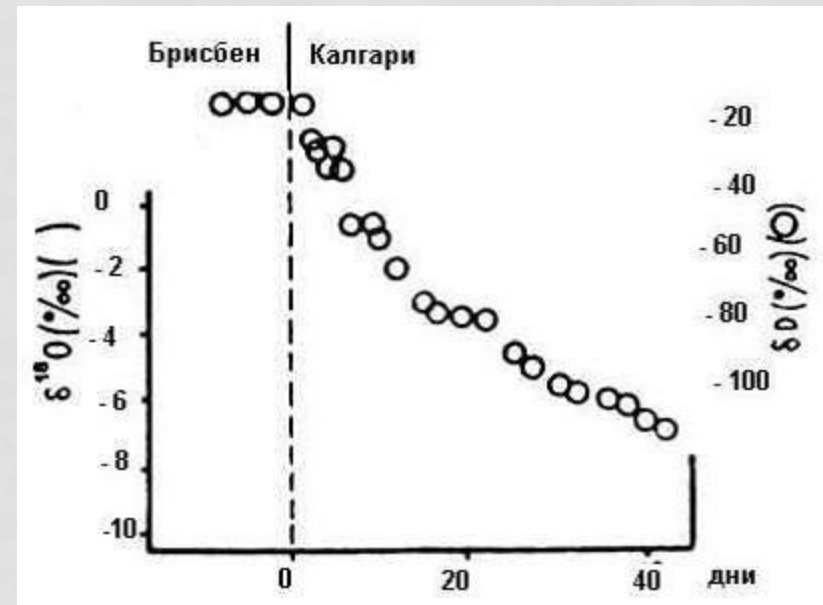
4. БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ (биосферный, биохорологический).

- Популяции организмов образуют сообщества, которые находятся в сложных взаимоотношениях как между собой, так и косными (абиогенными) компонентами среды. Это взаимодействие обуславливает грандиозный геохимический круговорот вещества и энергии на нашей планете.

«ПЛАСТИЧНОСТЬ» ЖИЗНИ

Живые организмы имеют свойство приспосабливаться к разнообразным условиям окружающей среды.

Удивительную реакцию по изменению изотопного состава демонстрирует человеческий организм на смену места.



Изменение изотопного состава мочи человека при перелёте из Австралии в Канаду (Кроуз, 1990):

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ БИОСФЕРЫ

Живые организмы, которые своим дыханием, питанием, метаболизмом, смертью и своим разложением, постоянным использованием своего вещества, своим рождением и размножением порождают одно из грандиознейших планетных явлений, не существующих нигде, кроме биосферы - **миграцию химических элементов в биосфере**.

Основные биогеохимические функции живого вещества (по В.И. Вернадскому, с изменениями по Л.П. Рихванову):

1. **Газовая функция** ($N_2 - O_2 - CO_2 - CH_4 - H_2 - NH_3 - H_2S$): все организмы. Кислородная функция (образование свободного кислорода): хлорофильные организмы.
2. **Окислительная функция**: бактерии, большей частью автотрофные.
3. **Восстановительная функция**: бактерии.
4. **Концентрационная функция**: все организмы. Кальциевая функция: водоросли, бактерии, мхи и др. организмы.
5. **Функция разрушения органических соединений**: бактерии, грибы.
6. **Функция восстановительного разложения**: бактерии.
7. **Функция метаболизма и дыхания**: все организмы.
8. **Функция рассеивания химических элементов**: человечество.
9. **Функция создания новых химических элементов и их изотопов**: человечество.

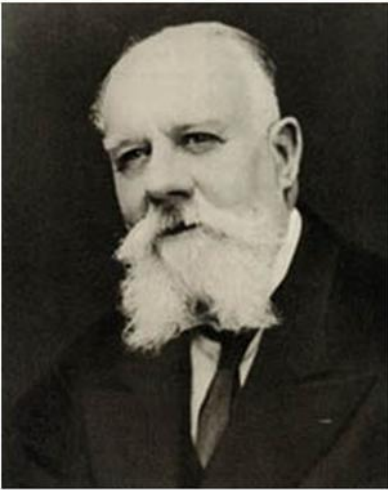
• В.И. Вернадский отмечал, что химический элементный состав организмов теснейшим образом связан с химическим составом земной коры. Он всегда подчёркивал, что изучать биологические вопросы изучением только одного, во многом автономного организма нельзя, т.к. он нераздельно связан с земной корой и вне связи с ней в природе не существует.

ОТ БИОСФЕРЫ К НООСФЕРЕ

Первым применил термин ноосфера в своих статьях Эдуард Ле Руа (1870-1954), французский философ начала XX века, профессор-математик из Сорбонны.

Одним из участников дискуссии о ноосфере был Пьер Тейяр-де-Шарден (1881-1955), ученый естествоиспытатель из иезуитского ордена, автор знаменитой книги «Феномен человека». Он под ноосферой понимал идеальную духовную оболочку, находящуюся над биосферой.

ЛЕРУА Эдуард (1870-1954)
– французский философ,
математик, антрополог



ТЕЙЯР де ШАРДЕН Пьер
(1881-1955) – французский
философ, геолог, антрополог



Термин ноосфера у В.И. Вернадского появился неслучайно. По-видимому, в 20-е годы XX века русский мыслитель, проживавший в то время в Париже, знал и, возможно, обсуждал проблему научной мысли с Тейяр-де-Шарденом и Ле Руа.

Активно к этой теме В.И. Вернадский вернулся в 30-е годы, сделав акцент на биогеохимической интерпретации этого термина.

ПОНЯТИЕ О НООСФЕРЕ

В понимании В.И. Вернадского, а не в интерпретации философов и социологов различных направлений, в понятие НООСФЕРА вкладывалось представление о сопряженном эволюционном развитии биосферы и человечества, как особого биологического вида, наделенного, в отличие от всех РАЗУМОМ!

« Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы мы входим в ноосферу....» (В.И.Вернадский, 1944).

В.И. Вернадский зафиксировал новый феномен в геологической истории нашей планеты – **преобразование ее геологического облика за время жизни одного поколения человечества.**

Понятие ноосфера по В.И. Вернадскому позволяет ввести представление о том, что историческое развитие человека есть продолжение биогеохимической истории живого вещества биосферы.

Биологический вид, наделенный разумом, создает и наращивает силу новой формы энергии, которая, сохраняя в себе обычную биогеохимическую энергию, вызывает новые формы миграции химических элементов.

Эту новую форму энергии Вернадский назвал «..энергией человеческой культуры или культурной биогеохимической энергией..». Именно эта энергия в настоящее время создает **НООСФЕРУ.**

По мнению многих философов и естествоиспытателей именно в создании новой организованности биосферы представляется космическое предназначение Человечества.

**Я смотрю на все с точки зрения ноосферы и думаю,
что в буре, грозе и страданиях
родится новое прекрасное будущее человечества
(В.И. Вернадский)**

В .И. Вернадский, оценивая роль человеческого разума и научной мысли, делает следующие выводы:

- Ход научного творчества является той силой, которой человек меняет биосферу, в которой он живет.
- Это проявление изменения биосферы есть неизбежное явление, сопутствующее росту научной мысли.
- Это изменение биосферы происходит независимо от человеческой воли, стихийно, как естественный природный процесс.

Т.е. научная работа человечества - есть природный процесс перехода биосферы в новую фазу, в новое состояние - в ноосферу.

ЧЕЛОВЕК – один из многих миллионов биологических видов.

«Человек» и «Человечество» - разные категории. **ЧЕЛОВЕК** – это прижизненное явление. **ЧЕЛОВЕЧЕСТВО** - явление историческое и космическое. Человечество состоит из этносов, которые живут и уходят в небытие.

Человечеству достается энергия и технологии «былых человечеств», экологические проблемы и очередные трудности, которые оно должно успешно или безуспешно на своем временном отрезке преодолеть.

Возникновение человечества рассматривается как наступление новой эпохи в геологической летописи нашей планеты:

- **ПСИХОЗОЙСКАЯ ЭРА** (Л. Де Конт (1823-1901), и Ч. Шухерт (1858-1942), американские геологи)
- **АНТРОПОСФЕРА** (А.П. Павлов (1854-1929), советский геолог и палеонтолог)
- **НООСФЕРА** (В.И. Вернадский)

ЗАКОН НООСФЕРЫ ВЕРНАДСКОГО: на современном уровне развития человеческой цивилизации биосфера неизбежно превращается в ноосферу, т.е. в сферу, где разум человека играет важнейшую роль в развитии природы.

Философское значение учения В.И. Вернадского о ноосфере (закон ноосферы Вернадского) огромно.

Так, президент Российской Федерации В.В. Путин на деловом саммите Азиатско-тихоокеанского экономического сотрудничества во дворце Брунейского султана в ноябре 2000 г. сказал:

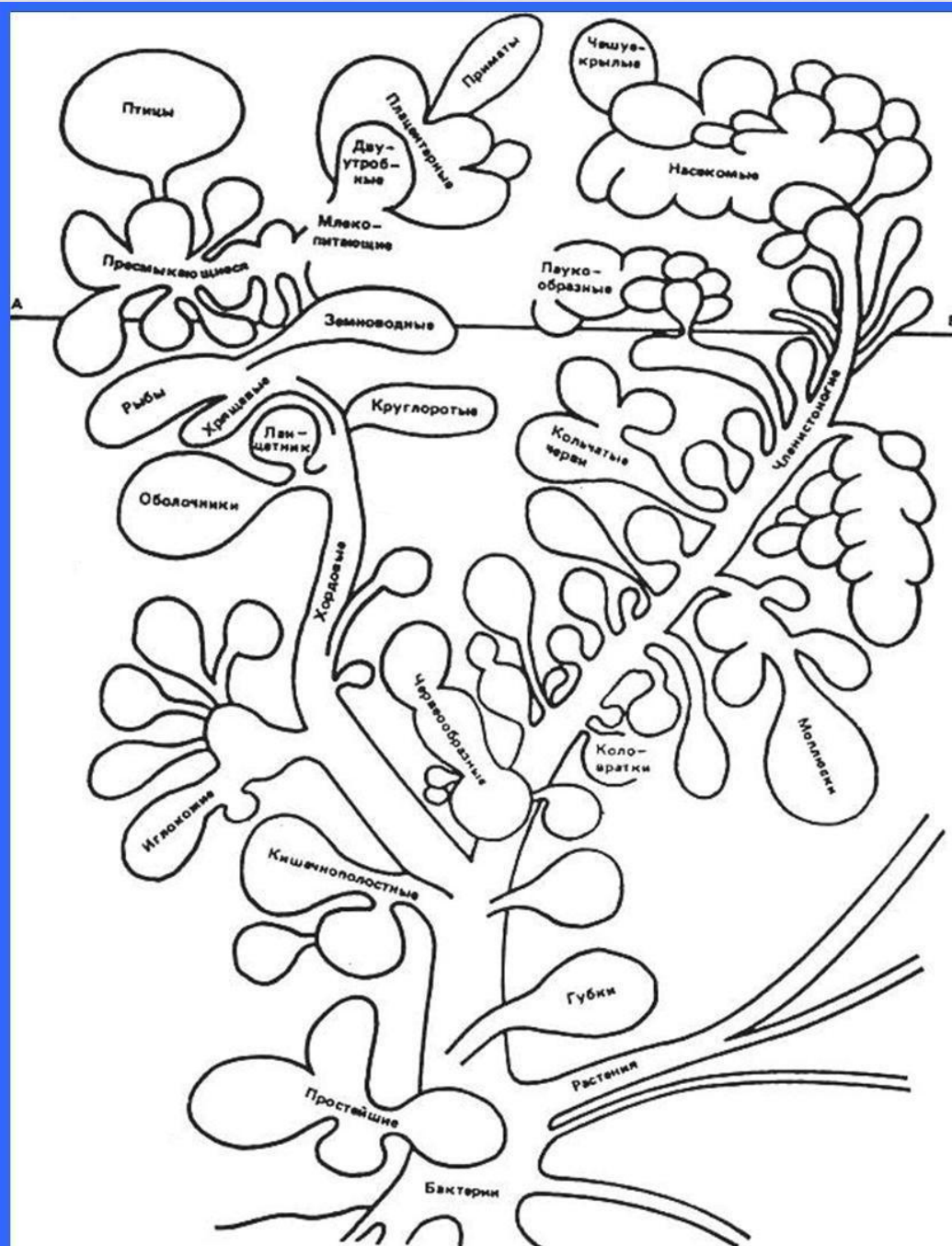
«Владимир Вернадский в начале двадцатого века создал учение об объединяющем человечество пространстве – ноосфере. В нем сочетаются интересы стран и народов, природы, общества, научное знание и государственная политика. Именно на фундаменте этого учения фактически строится сегодня концепция **устойчивого развития**».

«Они геологически закономерно связаны с её материально - энергетической структурой, стихийно человек от неё неотделим»
(В.И. Вернадский, 1888)

В.И. Вернадский отмечал, что человек практически забывает, что он сам и всё человечество неразрывно связаны с биосферой, одной из геосфер планеты Земля, в которой они живут.

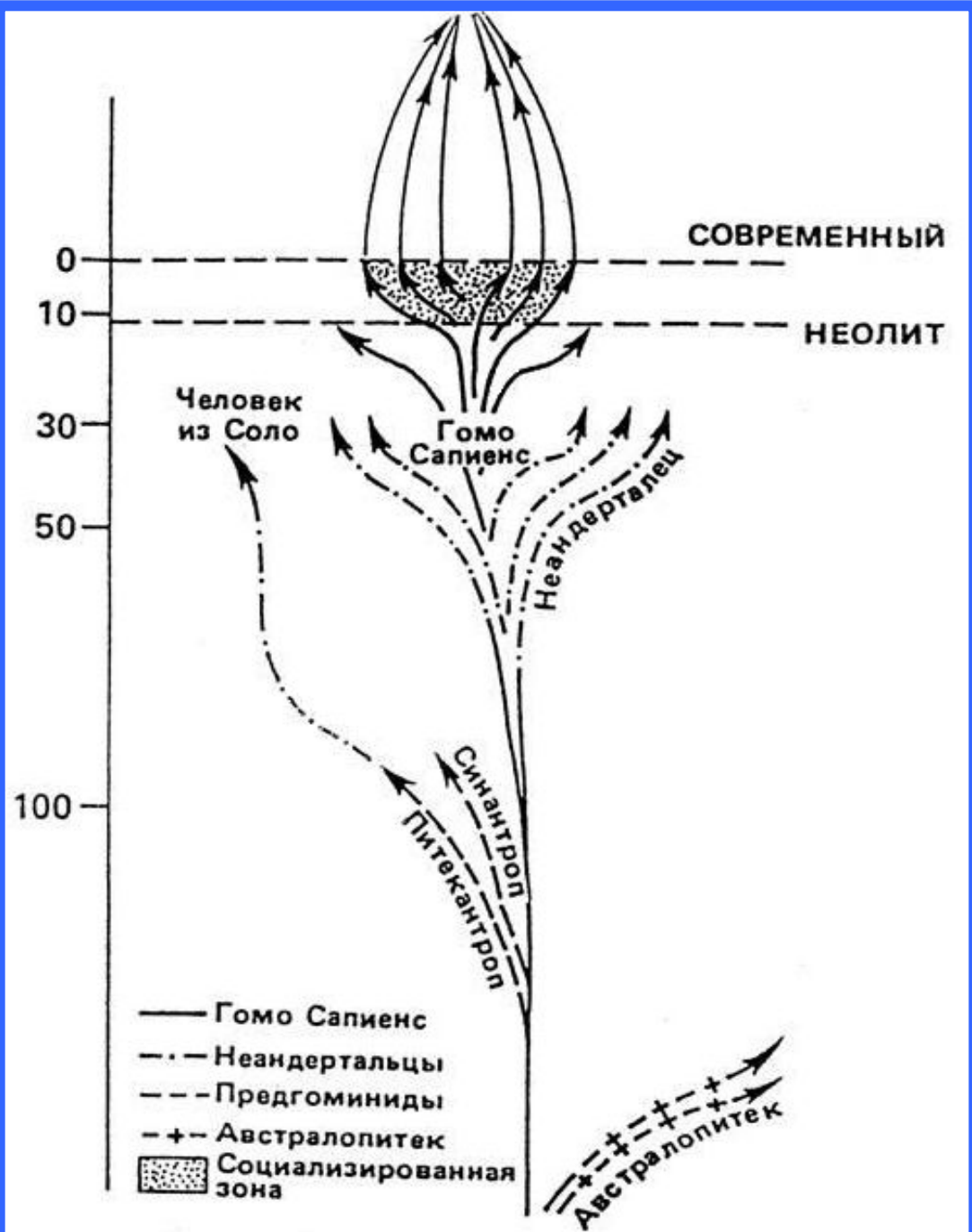
- В.И. Вернадский прозорливо предупреждал на возможность использования научной мысли, научных открытий «на злое и вредное».
- Предостерегая от злоупотребления научными открытиями, В.И. Вернадский всё же не ожидал, что превращение человечества в мощную геологическую среду может обернуться экологическим кризисом цивилизации и что научная мысль, как планетное явление, может оказаться самой **разрушительной антибиосферной силой**.

Одним из наиболее ярких примеров этому тезису является тот факт, как человек стал использовать явление РАДИОАКТИВНОСТИ.



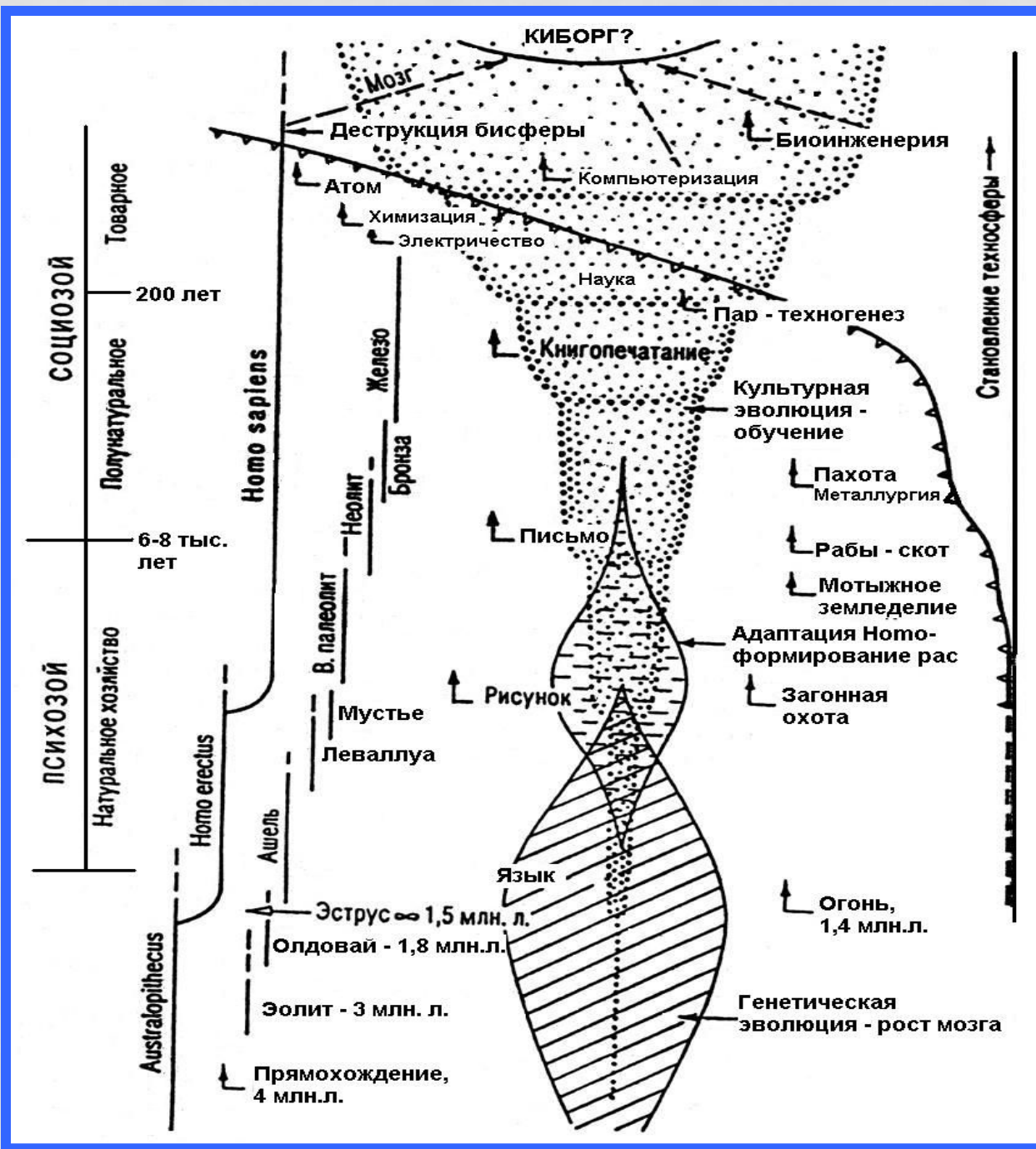
Древо жизни, по Кено (изд. Массон и К⁰) из книги Пьера де Шардена «Феномен человека».

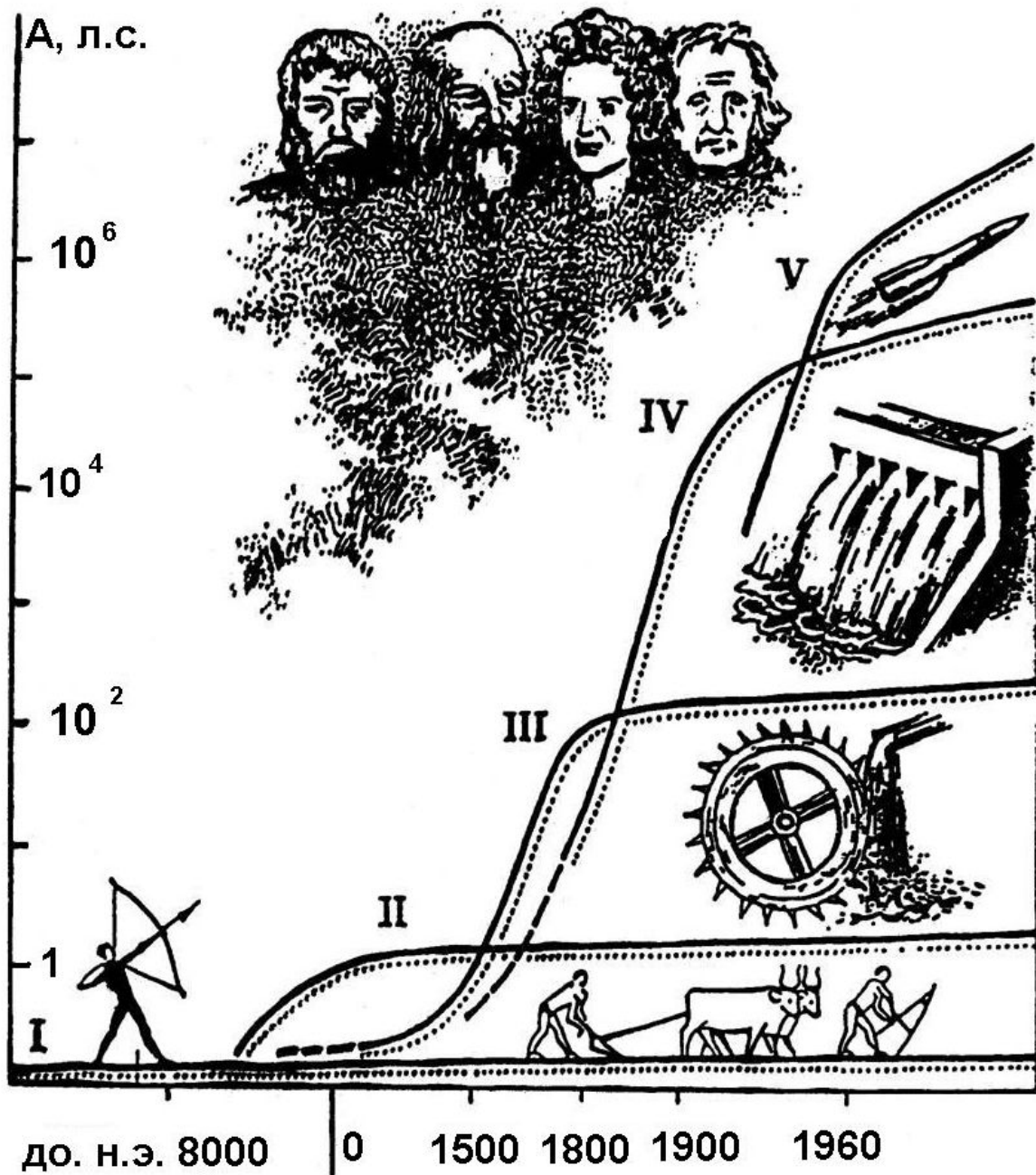
На этом символическом рисунке каждая главная долька (или гроздь) соответствует одному пласту, по крайней мере столь же важному (морфологически и количественно), как пласт, составляемый всеми млекопитающими. Ниже линии АВ — формы, живущие в воде; выше ее — живущие в воздушной среде.



- Схематический рисунок, символизирующий развитие человеческого пласта (по П. де Шардену, 1987).

- Периодизация истории общества – перехода от генетической эволюции (биогеनेза) к культурной (ноогенезу), по В. А. Зубакову (1990)





Рождающаяся ноосфера в своих главных проявлениях характеризуется следующими признаками:

1) **Возрастающим количеством механически извлекаемого материала из литосферы** в связи с ростом разработки МПИ. В 90-х гг. 20 века оно превышало 100 млрд. т в год, что в 4 раза больше массы материала, выносимого речным стоком в океан в процессе денудации суши.

2) **Массовым потреблением продуктов фотосинтеза прошлых геологических эпох**, главным образом в энергетических целях. Химическое равновесие в биосфере в связи с этим смещается в сторону, противоположную глобальному процессу фотосинтеза, что приводит к росту содержания углекислого газа в биосфере и уменьшению содержания свободного кислорода.

3) Процессы в ноосфере приводят к **рассеиванию энергии Земли**, а не к ее накоплению, что являлось характерным для биосферы до появления человека. Возникает энергетическая проблема.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА (ПО А.Е. ФЕРСМАНУ):

- Геохимическая деятельность по своему масштабу делается **соизмеримой с другими природными процессами в земной коре.**
- Деятельность эта в основе металлургических и химических процессов направлена в значительной части к **накоплению веществ с большими запасами энергии, чем природные тела.**
- Создавая, таким образом, малоустойчивые системы, человек направляет свою деятельность **против естественно идущих геохимических реакций** с которыми она неизбежно вступает в конфликт.
- Геохимия деятельности человека **подчиняется законам Кларка, с одной стороны, и периодическому закону Менделеева - с другой.**

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

1. Сжигание C, H, S в CO_2 , H_2O , SO_3 .
2. Выплавка из окисленных и сернистых соединений металлов (Fe, Cu, Al, Zn, Pb и др.).
3. Перемещение и создание устойчивых строительных или дорожных материалов.
4. Промышленное использование редких и дисперсных элементов.
5. Химическая переработка природных солей (растворимых, с большими кларками).

- Человек постепенно втягивает в обиход промышленности все без исключения элементы земной коры.
- Геохимическая деятельность человечества не ограничивается промышленной переработкой самих элементов земной коры, она в не меньшей степени, хотя и косвенно, перемещает их своей инженерной, культурной и общехозяйственной жизнью, подчиняя себе, таким образом, силы природы.
- В ноосфере создаются в массовом количестве вещества, которые ранее в биосфере отсутствовали. Происходит металлизация биосферы.
- Характерно для ноосферы появление новых трансурановых химических элементов в связи с развитием ядерных технологий и ядерной энергетики.
- Ноосфера выходит за пределы биосферы в связи с огромным прогрессом научной мысли. Возникла космонавтика, которая обеспечивает выход человека за пределы нашей планеты.
- С образованием ноосферы планета Земля переходит в новое качественное состояние.
- Если биосфера - это сфера Земли, то ноосфера - это сфера Солнечной системы.

ТЕХНОСФЕРА И ТЕХНОГЕНЕЗ

- Часть геосферных оболочек, в пределах которых функционируют какие-либо **техногенные системы** составляют **техносферу**.
- Минерально-сырьевые ресурсы являются основной материальной базой для формирования **техносферы** и протекания процессов **техногенеза**.
- Термин "**техногенез**" предложил А.Е. Ферсман в начале 30-х годов, который выделял технику как особый вид антропогенного влияния на природную среду.
-

ТЕХНОГЕНЕЗ

Техногенез - совокупность геохимических и геофизических процессов, связанных с деятельностью человечества. В геохимическом аспекте техногенез включает:

- 1) извлечение химических элементов и их соединений из природной среды (литосферы, атмосферы, гидросферы) и их концентрацию;
- 2) перегруппировку химических элементов, изменение химического состава соединений, в которые эти элементы входят, а также создание новых химических веществ;
- 3) рассеяние вовлеченных в техногенез элементов в окружающей среде.

- Совокупность природных и искусственных объектов, сформировавшаяся на какой-либо территории в результате отработки полезных ископаемых, строительства, эксплуатации производственных и жилых комплексов, функционирования инфраструктуры и др. технических сооружений, находящихся в тесных взаимоотношениях друг с другом и оказывающих воздействие друг на друга называется **природно-технической системой** (ПТС) или геотехнической (геотехногенной) системой (ГТС).

В развитии любой ПТС (ГТС) отмечается 3 стадии:

- 1. **Стадия предтехногенного развития** ПТС (поиски, геолого-экономическая оценка, проектирование, изыскательские работы, начало строительства и т.д. (до того как). Ситуация под строгим контролем. Выполняется проект ОВОС и другие подготовительные документы. Воздействие на окружающую среду незначительное.
- 2. **Стадия прогрессивного техногенного развития.** Интенсивное строительство, начало эксплуатации (во время того как). Мощное, возрастающее воздействие на все геосферные оболочки и человека. Но делаются попытки ситуацию контролировать и минимизировать степень воздействия.
- 3. **Стадия регрессивного техногенного развития**, запасы месторождения подходят к концу или нет надобности в продукции (после того как). ПТС приходит в упадок, но накопленный суммарный эффект экологического воздействия на природные среды велик и практически не контролируется.

- В ПТС формируются особые типы ландшафтов (техногенные ландшафты), почв (техногенно-трансформированные почвы - технозёмы), вод. Кроме того, формируются техногенные месторождения. Существует много типов классификаций как самих видов техногенных воздействий, так и продуктов их воздействия.

ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОГЕНЕЗА

- **Технофильность.** Степень использования элемента по отношению к его содержанию в литосфере называют его **технофильностью**. Понятие «технофильность элементов» было введено А.П. Перельманом (1973). Показателем технофильности является отношение массы ежегодной добычи элемента к его кларку в литосфере. Технофильность элементов изменяется во времени и зависит от использования и добычи определенных групп элементов.
- **Деструктивная активность** является характеристикой степени опасности химических элементов для живых организмов (по М.А. Глазовской) и представляет собой отношение технофильности элемента к его биофильности (на суше): $D = T_x / B$. Биофильность химических элементов определяется их коэффициентом концентрации в живом веществе относительно литосферы: это отношение среднего содержания элемента в живом веществе планеты к кларку этого элемента в земной коре ($B_x = C / K$).

ТЕХНОГЕНЕЗ И ЕГО ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ

- Человечество «...должно научиться жить «на проценты» с кругооборота вещества и энергии в биосфере, не загрязняя и не истощая её, как это имеет место до сих пор» (Н.В. Тимофеев-Ресовский, 1968 г.).
- Необходимо внедрение новых ресурсосберегающих и природоохраняющих технологий. По всем направлениям вести работу по формированию прежде всего духовно-нравственных ценностей.
- Отрицательное действие техногенеза объединяется понятием «загрязнение природной среды».

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

- Термин «загрязнение природной среды» применяется достаточно широко.
- Под загрязнением понимают поступление в окружающую среду продуктов техногенеза, оказывающих вредное воздействие на человека, на биологические компоненты, а также на технические сооружения (порча зданий, разрушение подводных конструкций и т. д.).
- В незагрязненных биокосных системах пределы колебаний концентрации техногенных веществ, а также формы их нахождения в данной системе должны удовлетворять следующим условиям:
 - 1. Не нарушаются функции живого вещества системы.
 - 2. Не изменяется биохимический состав первичной и вторичной продукции.
 - 3. Не понижается биологическая продуктивность системы.
 - 4. Не понижается информативность системы: сохраняется необходимый для существования системы генофонд.

При нарушении перечисленных условий происходит техногенная трансформация данной природной системы, а при критических уровнях техногенного воздействия - ее разрушение.