

Геохимия биосферы



Понятие биосферы:

- в биологию введено французским натуралистом в начале 19 в. **Жаном Батистом Ламарком** (Гидрогеология, 1802)
- в геологию – австрийским ученым **Эдвардом Зюссом** В 1875 г. ввел термин «биосфера» (Происхождение Альп, 1875). В его понимании это «живой покров Земли» - совокупность всех организмов конкретных территорий

Два толкования:

- 1- Это оболочка Земли, заселенная жизнью. Охватывает часть литосферы, гидросферы и атмосферы.
- 2 – Это сумма живого вещества Земли (бактерии, микроорганизмы, растения, животные).

Биогеохимические свойства жизни

(по В.И. Вернадскому)

1. Всюдность (есть везде, формы различны,
П.А. Удодов, современные гидротермы, каменные бактерии, Антарктида)

2. Растекание (за 3,5 млрд лет из простейших
организмов сформировались и обособились:

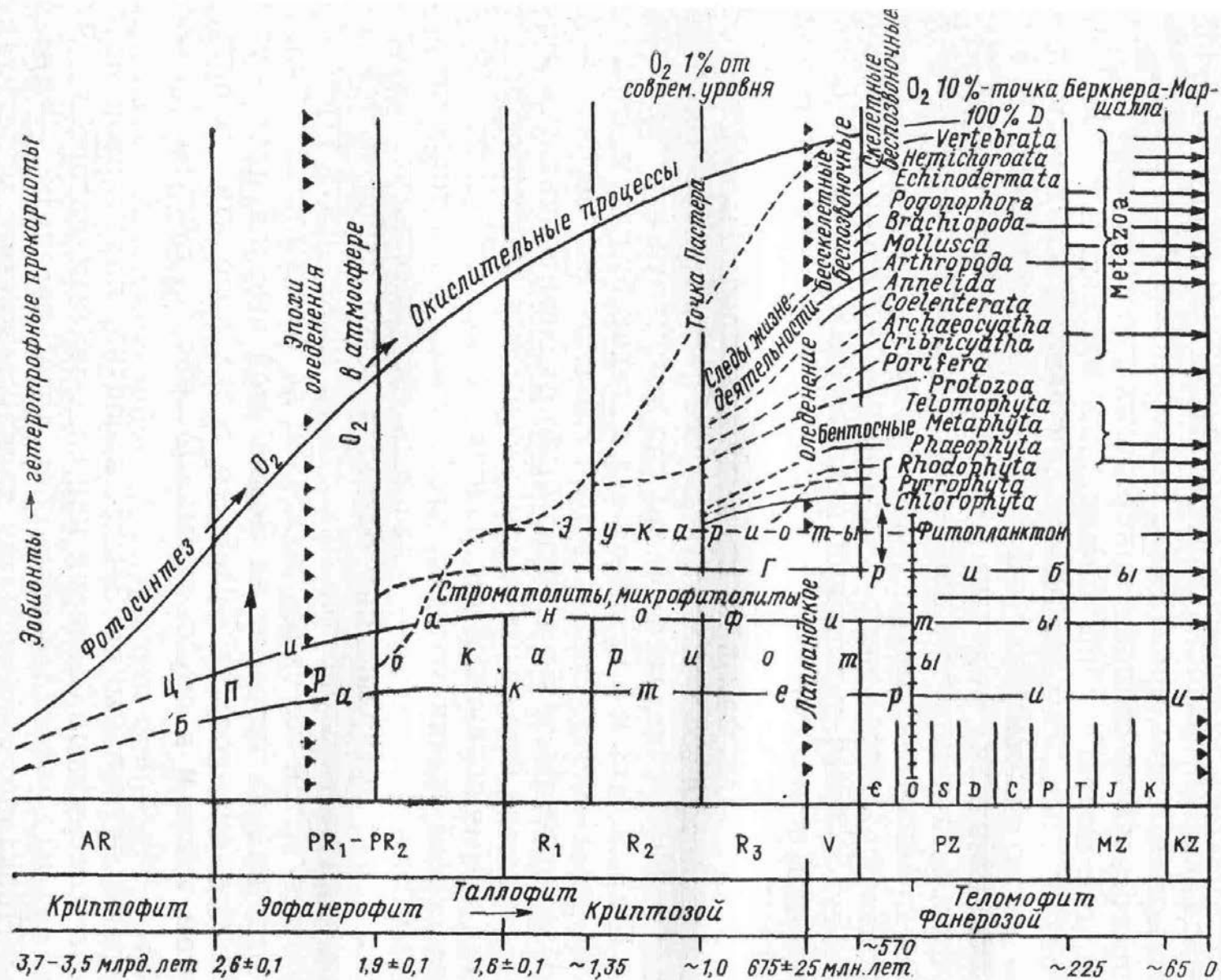
70-100 тыс. видов грибов

150-300 тыс видов покрытосеменных

750 тыс видов насекомых

40-100 тыс видов моллюсков

60-70 тыс видов позвоночных



22.1. История развития жизни на Земле [Соколов Б. С., 1982 г.].

3. Давление на среду обитания с обратным эффектом

Организм не может жить в отходах жизнедеятельности. Они чужды организму, поэтому и являются отходами.

Поэтому отходы «плохо пахнут» – природа дала инструмент для диагностики среды обитания – органы чувств.

Чем больше жизни, тем больше отходов.

Давление на среду обитания может привести к экологическому кризису.

Локальные или глобальные кризисы. Причины кризисов.

Палеонтология – экологическая летопись Земли.

Последние 2,5 тыс. лет экологические кризисы имеют антропогенную природу.

Экологические кризисы

таблица 1.

ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ (ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ)
И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА

1993г.

Эпоха (эон)	Эра (эра)	Система (период)	Отдел (эпоха) (для четвертичной системы - подраздел, раздел)	Биосфера		
					1	2
К	KZ	Четвертичная Q (антропогенный) 1,8 Ж.Денуайе, 1829	Голоцен	Развитие человека, современной растительности и животного мира. Оледенение. Химический состав атмосферы соответствует современному		
			Неоплейстоцен			
			Эоплейстоцен			
И	KZ	Неогеновая N (неогеновый) 22,8 М.Гернес, 1853	Плиоцен N ₂	Современные роды млекопитающих.		
			Миоцен N ₁			
			Олигоцен P ₃		Первые представители приматов. Расцвет видов млекопитающих и птиц. Древний кит, дельфины, акулы, скаты.	
			Эоцен P ₂			
Палеоцен P ₁	Появление млекопитающих					
О	MZ	Меловая K (меловой) 79,0 Ж.Омалиус д'Аллау, 1822	Верхний K ₂	Глобальный экологический кризис. Гибель динозавров.		
			Нижний K ₁		Господство покрытосеменных (цветковых растений) и приматов. Расцвет птиц и летающих ящеров.	
			Верхний J ₃			Развитие флоры цикадовых и хвойных. Преобладают голосеменные (хвойные, пальмовые, папоротники). Первое появление Archaeopteryx. Время гигантских ящеров.
			Средний J ₂			
Нижний J ₁	Первые млекопитающие (сумчатые). Первое появление птиц и динозавров. Глобальный экологический кризис. Окончательное вымирание палеозойской флоры.					
Верхний P ₃						
Средний P ₂						

1	2	3	4	5
И	PZ	Пермская P (пермский) 38,0 Р.Мурчисон, 1841	Верхний P ₂ (поздняя) 258 10,0	Глобальный экологический кризис. Исчезло до 96% видов морских животных и др. палеозойской биоты.
			Нижний P ₁ (ранняя) 28,0	
О	PZ	Каменноугольная C (каменноугольный) 74,0 Е.Конибир и В.Филлипс, 1822	Верхний C ₃ (поздняя) 300 14,0	Развитие позвоночных наземных амфибий, насекомых, акул. Расцвет наземной растительности (хвои, папоротники). Первые голосеменные. Всемирное распространение лесных болот.
			Средний C ₂ (средняя) 320 20,0	
			Нижний C ₁ (ранняя) 360 40,0	
О	PZ	Девонская D (девонский) 48,0 А.Седжвик и Р.Мурчисон, 1839	Верхний D ₃ (поздняя) 374 14,0	Глобальный экологический кризис. Первые наземные растения, четвероногие и бескрылые насекомые. Водоросли теряют значение.
			Средний D ₂ (средняя) 387 13,0	
			Нижний D ₁ (ранняя) 408 21,0	
Р	PZ	Силурийская S (силурийский) 30,0 Р.Мурчисон, 1839	Верхний S ₂ (поздняя) 421 13,0	Господство морских беспозвоночных. Панцирные рыбы, акулы, скаты. Первые коралловые рифы. Водоросли.
			Нижний S ₁ (ранняя) 438 17,0	
Е	PZ	Ордовикская O (ордовикский) 67,0 Ч.Лавор, 1879	Верхний O ₃ (поздняя) 448 10,0	Глобальный экологический кризис. Первые позвоночные «рыбы», кораллы. Морские моллюски. Разнообразие водорослей.
			Средний O ₂ (средняя) 478 30,0	
			Нижний O ₁ (ранняя) 505 27,0	
А	PZ	Кембрийская E (кембрийский) 65,0 А.Седжвик, 1835	Верхний C ₃ (поздняя) 529 18,0	Скачкообразный расцвет морских беспозвоночных (трилобиты), водорослей. Позвоночные отсутствуют.
			Средний C ₂ (средняя) 540 17,0	
			Нижний C ₁ (ранняя) 570 30,0	

Основные идеи В.И. Вернадского

Биосферу необходимо изучать в разных аспектах:

- в **биогеохимическом**, вскрывая роль живого вещества в распределении и поведении атомов (CO_2 , O, S и др.);
- В **пространственно-временном**, исследуя эволюцию жизни (Ч. Дарвин и др.);
- В **информационном**, изучая принципы организации и управления (опыты с крысами, стаи – иерархия, пчелы и муравьи – сложно организованные сообщества)

- В **энергетическом**, исследуя энергетические функции жизни и ее связь с различными источниками энергии (Au бактерии, $\text{SO}_4 - \text{S}$)
- В **ноосферном**, изучая глобальное воздействие человека на планету и космос. Человек стал космической силой (космический мусор)

Состав вещества биосферы

(по В.И. Вернадскому)

- Живое вещество
- Биокосное вещество
- Радиоактивное вещество
- Рассеянные атомы
- Вещество космического происхождения

Живое вещество

Живое вещество – совокупность живых организмов, неразрывно связанных с биосферой. Ни один организм не существует сам по себе. Везде живут и действуют не отдельные организмы, а совокупность различных видов, родов и даже типов – симбиозы.

Одни животные не могут существовать без других животных, без растительности, растения – без почвенных микроорганизмов. Все связано пищевыми цепями и не только.

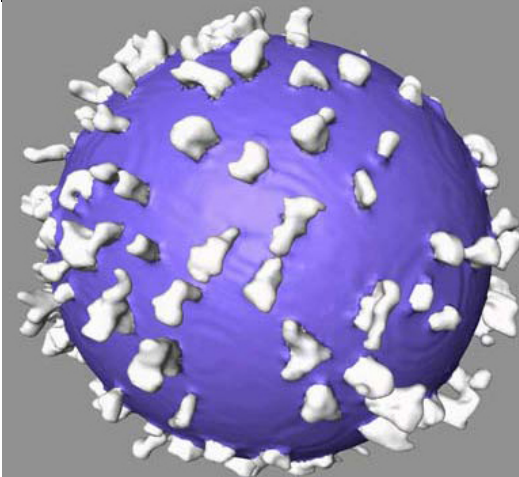
Косное вещество – неживое вещество Земли и космоса.

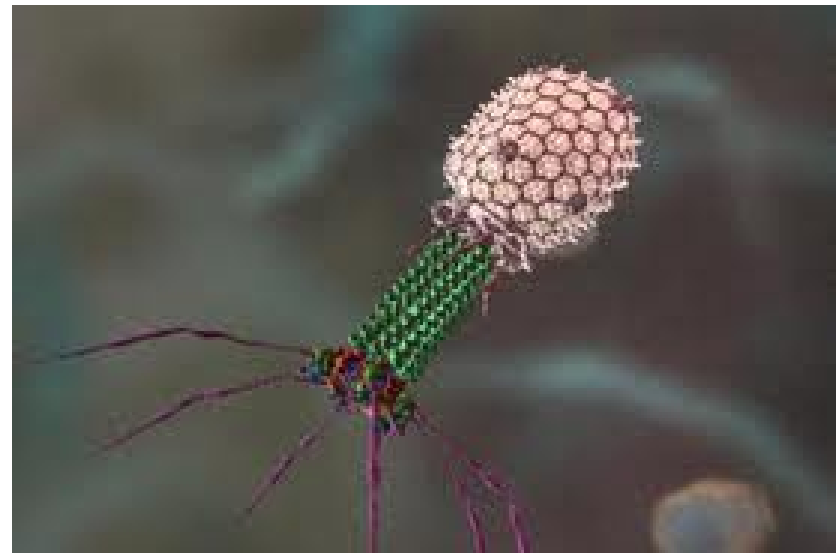
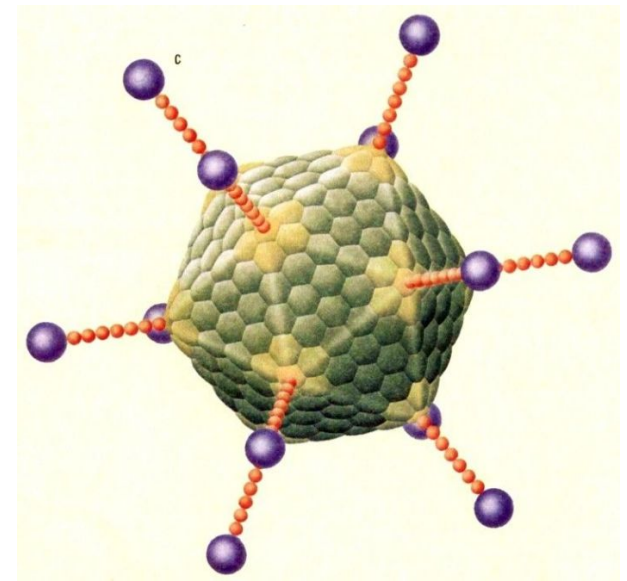
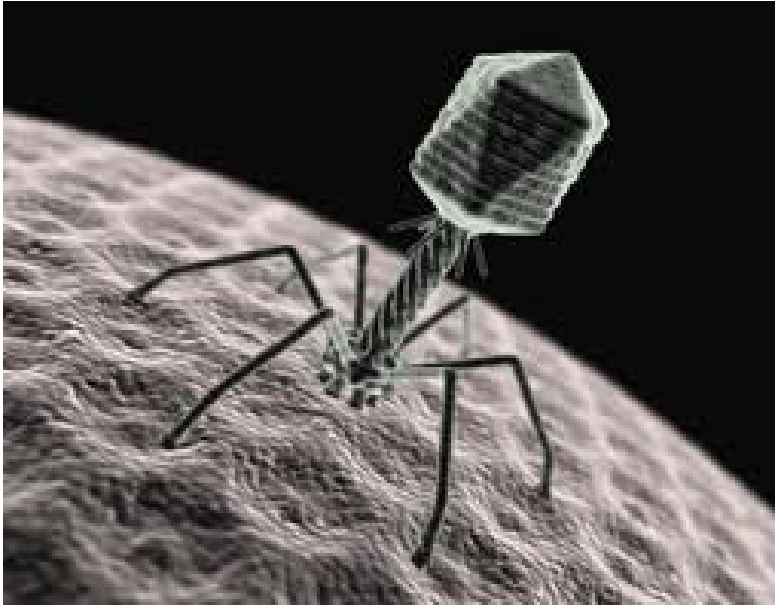
Биокосное вещество – сложные тела состоящие из живой и косной материи, образующие сложные косно-живые структуры (почвы, илы, поверхностные воды и др.). Важнейшими организмами, связывающими живую и косную материю являются микробы, вирусы, проявляющие себя как живые и как косные естественные тела биосферы.



Вирус иммунодефицита

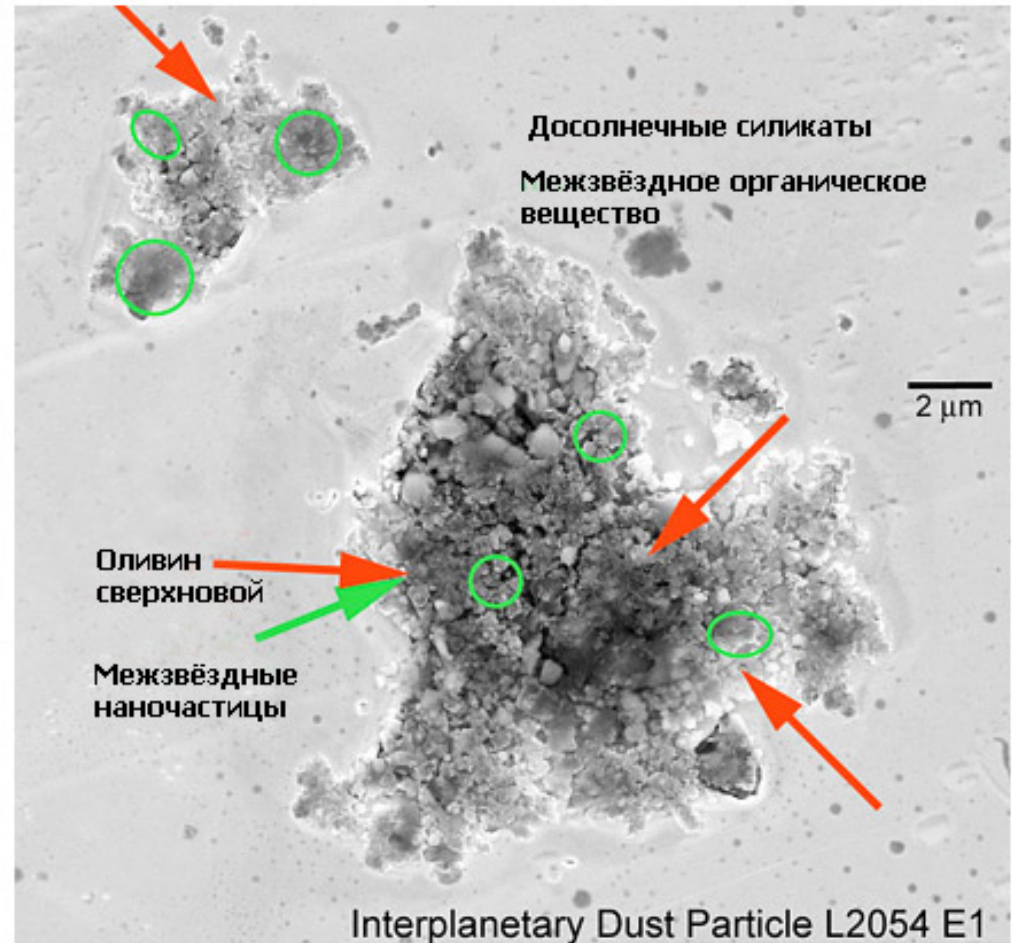
Вирус гриппа





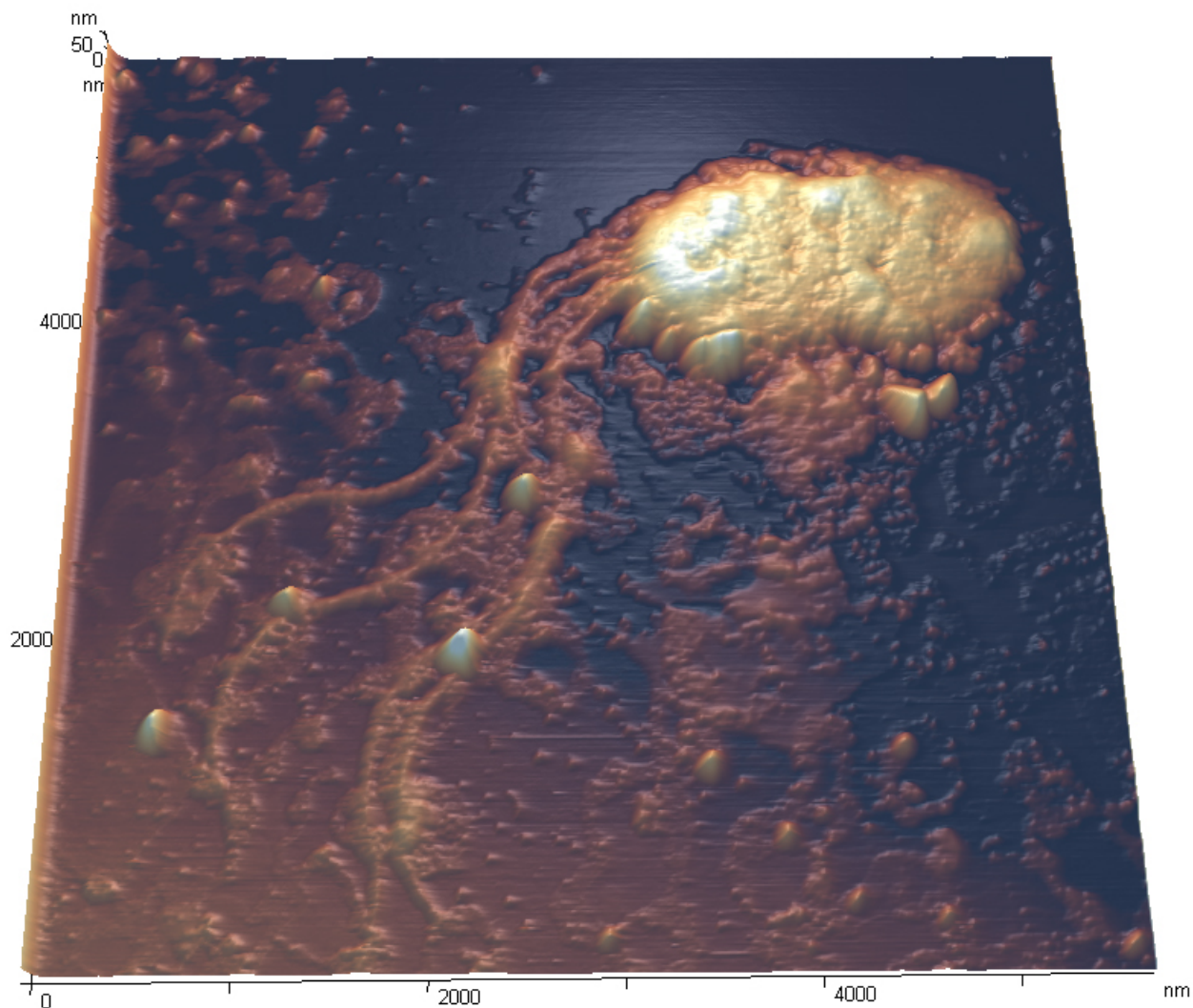
Бактериофаги — это вирусы, пожирающие бактерии

Вещество космического происхождения



Основные биогеохимические функции живого вещества

- Концентрационная
- Окислительно-восстановительная
- Газовая
- Дифференциации



Почвенная золотая нанобактерия. Фотография на атомно-силовом микроскопе Nanoscope III. Автор Миронов В. А., Физфак МГУ им. Ломоносова.

Основные геохимические функции живого вещества

Функции	Основные группы функций	Примеры
Вещественные	Деструктивные	Углекислотная, углеводородная, сероводородная, водородная, азотная, окислительно-восстановительная
	Концентрационные	Хлорофилловая (O ₂), кальциевая, каустобиолитовая, железистая
Энергетические	Поглощение	Накопительная (аккумулятивная), хранительная, буферная
	Трансформация	Трансформационная, обменная
Информационные	Накопление и сохранение	Генетическая, симбиотическая
	Передача	Соматическая, организационная

Состав биосферы

Виды организмов	океан	континент
растительные	$1,7 \cdot 10^9$ т	$300 \cdot 10^9$ т
животные	$32,5 \cdot 10^9$ т	$0,5 \cdot 10^9$ т
Всего	$34,2 \cdot 10^9$ т	$300,5 \cdot 10^9$ т

Меньше массы атмосферы в 300 раз, гидросферы - в 69100 раз

Элементный состав биосферы

- Живое вещество состоит в основном из подвижных элементов (С, О,Н, N)

“Живое вещество образуется из газов и после смерти снова превращается в газы”- В.И. Вернадский

Биофильность – это кларк концентрации элементов в живом веществе (А.И. Перельман)

С-780, N-160, Н-70, О-1,5, Сl-1,1.

Остальные < 1

Макроэлементы ($n \cdot 10^{-3} - n \cdot 10$)

А. Воздушные мигранты (98,8%)

O—70, C—18, H—10,5, N— $3 \cdot 10^{-1}$

Б. Водные мигранты (1,20%)

Ca— $5 \cdot 10^{-1}$ Mg— $4 \cdot 10^{-2}$ Na— $2 \cdot 10^{-1}$

K — $3 \cdot 10^{-1}$ P — $7 \cdot 10^{-2}$ Cl — $2 \cdot 10^{-2}$

Si — $2 \cdot 10^{-1}$ S — $5 \cdot 10^{-2}$ Fe — $1 \cdot 10^{-2}$

Микроэлементы (водные мигранты) ($n \cdot 10^{-3}$ и менее)

Mn— $9,6 \cdot 10^{-3}$ Pb— $1 \cdot 10^{-4}$ Cs— $6 \cdot 10^{-6}$

Al — $5 \cdot 10^{-3}$ Ni— $8 \cdot 10^{-5}$ Be— $4 \cdot 10^{-6}$

Zn— $2 \cdot 10^{-3}$ Cr— $7 \cdot 10^{-5}$ Ga— $2 \cdot 10^{-6}$

Sr — $1,6 \cdot 10^{-3}$ V— $6 \cdot 10^{-5}$ Se— $2 \cdot 10^{-6}$

Ti — $1,3 \cdot 10^{-3}$ Li— $6 \cdot 10^{-5}$ W— $1 \cdot 10^{-6}$

B— $1 \cdot 10^{-3}$ Co— $4 \cdot 10^{-5}$ Ag— $1,2 \cdot 10^{-6}$

Ba — $9 \cdot 10^{-4}$ La— $3 \cdot 10^{-5}$ U— $8 \cdot 10^{-7}$

Cu — $3,2 \cdot 10^{-4}$ Y— $3 \cdot 10^{-5}$ Hg — $5 \cdot 10^{-7}$

Zr — $3 \cdot 10^{-4}$ Mo— $2 \cdot 10^{-5}$ Sb— $2 \cdot 10^{-7}$

Rb— $2 \cdot 10^{-4}$ I— $1,2 \cdot 10^{-5}$ Cd— $2 \cdot 10^{-7}$

Br — $1,6 \cdot 10^{-4}$ Sn— $1 \cdot 10^{-5}$ Au— 10^{-8}

F— $1,4 \cdot 10^{-4}$ As— $6 \cdot 10^{-6}$ Ra— $n \cdot 10^{-12}$

Обнаружены в организмах, но нет данных о среднем содержании He, Ne, Ar, Sc, Kг, Nb, Rh, Pd, In, Te, Xe, Ta, Tl, Bi, Th.

Не обнаружены с достоверностью в организмах Ru, Hf, Re, Os, Ir, Po, Ac, Tс, At, Fr (последние три не обнаружены в земной коре)

ТАБЛИЦА 22.5

Среднее содержание некоторых элементов
в земной коре, почвах и организмах
[Виноградов А. П., 1970 г.], масс. %

Элемент	Земная кора (осадочные породы)	Почвенный покров	Организмы (растения)
B	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
C	1,0	2,0	18,0
N	$6 \cdot 10^{-2}$	10^{-1}	$3 \cdot 10^{-1}$
O	52,8	49,0	70
F	$5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	10^{-5}
Na	0,66	0,63	$2 \cdot 10^{-2}$
Mg	1,34	0,63	$7 \cdot 10^{-2}$
Al	10,45	7,1	$2 \cdot 10^{-2}$
Si	23,8	33,0	$1,5 \cdot 10^{-1}$
P	$7 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$
S	$3 \cdot 10^{-1}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$
Cl	$1,6 \cdot 10^{-2}$	10^{-2}	10^{-2}
K	2,28	1,36	$3 \cdot 10^{-1}$
Ca	2,53	1,37	$3 \cdot 10^{-1}$
Ti	0,45	$4,6 \cdot 10^{-1}$	10^{-4}
Mn	$6,7 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	10^{-3}
Fe	3,3	3,8	$2 \cdot 10^{-2}$
Cu	$5,7 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Sr	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	10^{-4}
Zr	$2 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	10^{-4}
I	10^{-4}	$5 \cdot 10^{-4}$	10^{-5}
Ba	$8 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	10^{-4}
U	$3 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-7}$

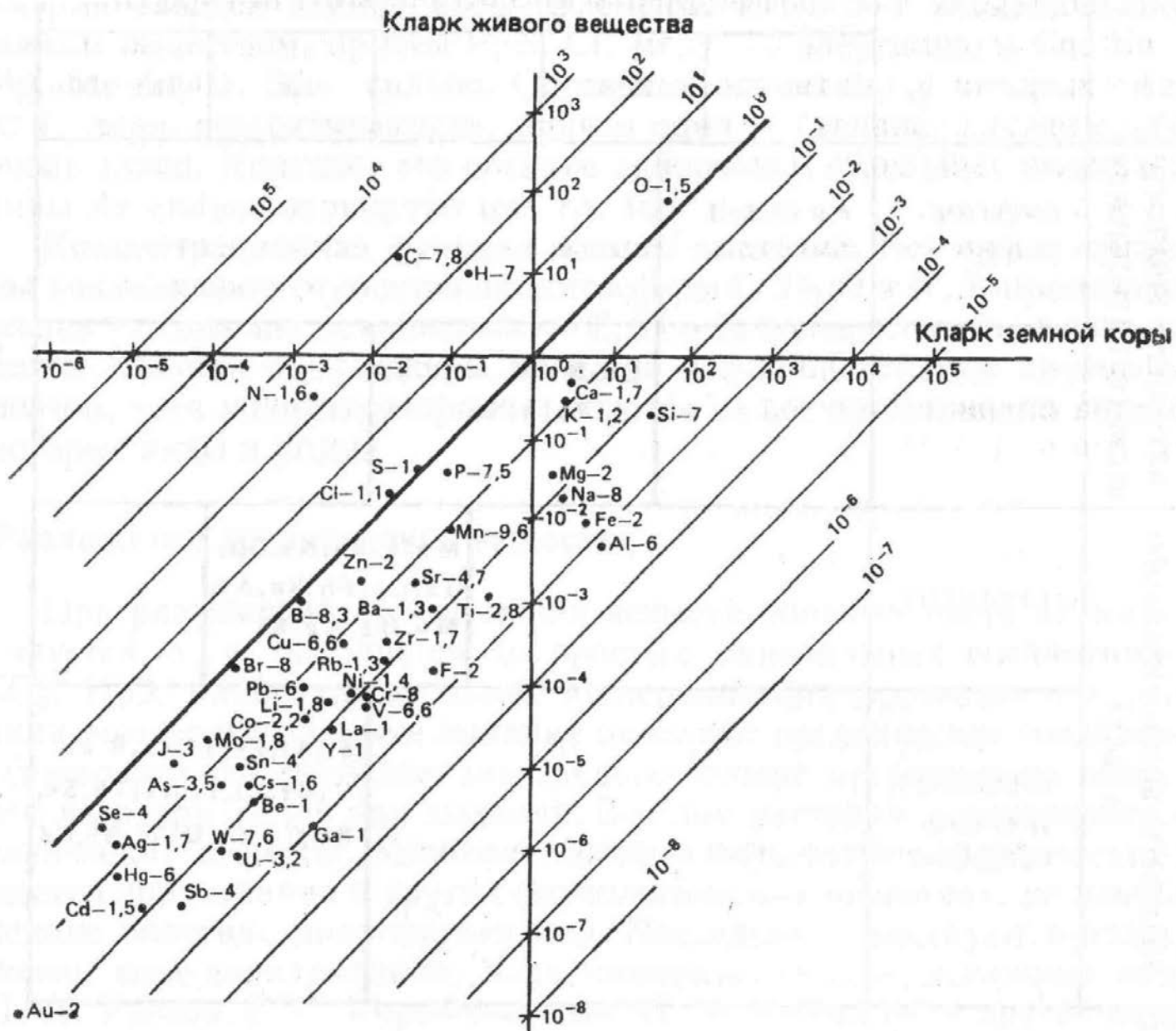


Рис. 61. Биофильность элементов (по А. И. Перельману)

Коэффициент биологического поглощения (A_x) – это отношение содержания элемента в золе организма к кларку (Б.Б. Польшин)

$A_x > 1$ – элементы накапливаются живым веществом (P, S, Cl, Br, I, Ca, K, Na, Mg, Sr, Zn, B, Se).

		КОЭФФИЦИЕНТЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ				
		100 · n	10 · n	n	0, n	0,0 n – 0,00 n
ЭЛЕМЕНТЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО НАКОПЛЕНИЯ	ЭНЕРГИЧНОГО	P, S, Cl, Br, I				
	СИЛЬНОГО		Ca, Na, K, Mg, Sr, Zn, B, Se			
ЭЛЕМЕНТЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХВАТА	СРЕДНЕГО			Mn, F, Ba, Ni, Cu, Ga, Co, Pb, Sn, As, Mo, Hg, Ag, Ra		
	СЛАБОГО И ОЧЕНЬ СЛАБОГО				Si, Al, Fe, Ti, Zr, Rb, V, Cr, Li, Y, Nb, Th, Sc, Be, Cs, Ta, U, W, Sb, Cd	

Рис. 62. Ряды биологического поглощения элементов (по А. И. Перельману)

От чего зависит состав организмов?

1. От вида организма
2. От стадии развития организма
3. От того, какая часть организма рассматривается
4. От климатических условий
5. От геохимических особенностей территории (состав почвообразующих пород).

Растения-концентраторы микроэлементов

1. От вида организма

Хвощ – до 1,5 % Si

Сфагнум – Si

Осока – Ca

На этом основано траволечение

Яблоки – Fe

Шпинат - ???

Элемент	Растение	Содержание, млн ⁻¹		Литературный источник
		на золу	на живую массу	
Zn	Ярутка (коревь)	130 000	1000	[49] Данные автора
	Фиалка	130 000	500	
	Армерия	—	700	
	»	—	300	
	Хлопушка	—	300	
	Подорожник	—	200	
	Береза карликовая	10 000	—	
Pb	«Свинцовая трава»	20 000—30 000	—	[48]
	Вороника	380	—	Данные автора
	Черника	230	—	
	Береза карликовая	300	—	[50]
	Клевер	1 000	—	[187]
	Астрагал	1 000	—	
Ni	Бурачок	180	—	[229]
	»	10 000	—	
	Грудица	600	—	[187]
	Бурачок	10 000	—	
	Ольха (листья)	200	—	
	Вороника	6 500	—	
Черника	6 000	—		
Co	Вороника	160	—	Данные автора
	Осица	80	—	
Li	Василистник	160	—	То же
	Брусника	77	—	
Rb	Рододендрон	200	—	» »
Be	Патриция	20,0	—	» »
	Стеллера	10,0	—	
	Остронодочник	10,0	—	
Zr	То же	100,0	—	» »
Ag	Некоторые грибы	—	500	[49]
Mn	Наперстянка	9%	—	[267]
	Пихта	До 40%	—	
Si	Камыш	—	5 000	[49]
	Осока	—	3 000	
	Ячмень	—	4 000	
	Пшеница	—	5 000	
	Хвощ полевой	—	15 000	



2. От стадии развития организма

Химические элементы, накапливающиеся в многолетних растениях на разных стадиях их развития [190]

24/5

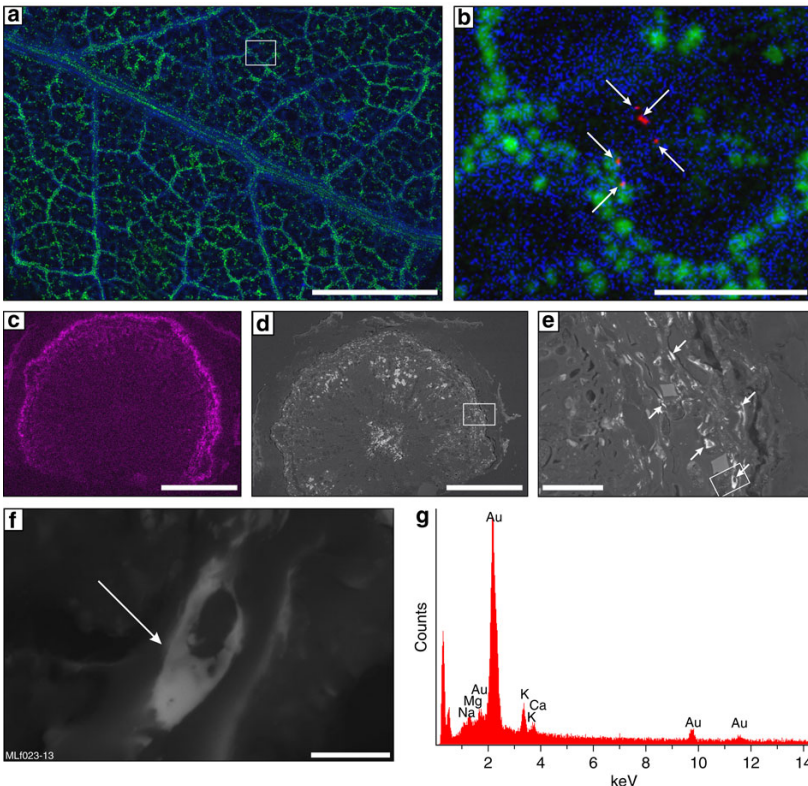
Ландшафт	Район исследования	Весна. Стадия развития вегетативных побегов, бутонизация и начало цветения	Летнее и летне-осеннее время. Стадия массового цветения, отцветания и начало плодоношения
Северная тайга	Европейская часть СССР, Зап. Европа (Саксония)	Ni	—
Горно-таежные районы в условиях вечно-мерзлотных грунтов	Бурятия		V
Смешанный лес в зоне тайги	Равнины Латвии, Кольский полуостров	Mo, Cu, Zn	Ni
Смешанный лес, область развития моренных и озерно-ледниковых отложений	Эстония	—	Pb, Zn, Sn
Смешанный лес и равнины с луговым травостоем в зоне тайги	Якутия	Fe	Al
Саванные крупнотравные степи и опустыненные степи в горах и предгорных равнинах	Центр. Каратау	—	Pb
Пырейные пустыни в зоне предгорий	Самаркандская и Бухарская области	Cu	Co
Горнопустынные районы в условиях мелкосопочника; сухие степи и полупустыни	Казахстан и Узбекистан; Центр. Казахстан	Mo, Cu, Au	Pb, Zn, Zr, Y, Ga, Ni, Cr, Ti, Bi, Si, реже Al, Mg, Fe, Mn, P
Пустынная зона	США	Mo	La, Cs, Yb и др.
Подзона хвойно-широколиственных лесов на горных лесных бурых почвах	Юг Дальнего Востока (оловорудное месторождение)	Mn, Ni, реже Cu	Bi, V, Cr, Zn, Mo, Ag, Sn, Be
Различные ландшафтно-геохимические условия	СССР (европейская часть, Сибирь, Урал)	K, Ca	Ca, Ba, Zn, Ra, Mg, Sr, ^d



3. От того, какая часть организма рассматривается

Кости – Р (месторождение Меловое)
 Au в организме человека
 (работы А. Л. Ковалевского по растительности,
 Н.В. Барановской по организму человека)

 Au в листьях (M. Lintern et al, 2013)



24/6 Таблица 107
 Распределение химических элементов в растениях [190]

Ландшафт	Район исследования	Элементы			
		в листьях	в стеблях	в корнях	относительно равномерно распределенные по всем органам растения
Таежный	Финляндия Карелия Бурятия	Mo, Ni Mg, Sr —	—	Pb, Ag, V Ni, Co W	Zn — —
Лесной и лесостепной	Зап. Сибирь	Be, Y (деревья)	—	Be, Y, Yb, Sn, Pb (деревья, травы)	Zn
Среднегорный лесной (смешанные леса)	Урал	Ni, Co	—	—	—
Средне- и высокогорный	Восточное Приальбурье	Sr (злаки)	Cu, La	Cr, Ni, Zr, Ba, Pb, V, Ag (злаки)	Co, Sn, Sc, Mo, Nb (злаки)
Субальпийские и альпийские луга	Предкавказские равнины и Зап. Грузия	Zr, La, Cr Ag (разнотравье)	—	V, Cu, Mo, Sr, Zn, Ni, Pb (разнотравье)	Pb, Sn, Se, Nb, Co, As, Ba, Zn (разнотравье)
Средне- и высокогорный	Центр. Каратау и Вост. Забайкалье	—	—	Pb, Ag	—
Равнинный и горный	Узбекистан	Cu, Yb	Иногда Pb, Zn	Pb, Ag, Zn, Mg, Fe, Ni, Co, Y, Be	Иногда Pb, Mo
Равнинный, сухостепной и полупустынный	Устюрт	Ti, Mo, V, Zr, Y, Yb, Pb, Ca, Mo	—	Zn, Sr, Ba, Cu	Ni, Co, La, Ga, Sn, Be, Sc, Cr
	Центральный Казахстан	Mo	—	Zn, Pb, U, Ag, Sr, Al, Fe, Ti, V, Ni, Co, Mg, Cu, Ba	K, Sn, W, Ga, Cu, P, Ca, Be, Mg, Cr
—	США	—	Mo	Zn, Cu	—
—	Экспериментальные исследования	Zn, B, Fe, Mg, Al, Ti, Cu	Mo, Ni	Pb, Ag, Ga, Sn, Cr, V	—

Мужчина

Щитовидная железа: 6
(P, Mn, Cu, Ga, Rb, Sr)

Трахея: 3 (B, Zr, Er)

Аорта: 1 (Ni)

Бронхи: 1 (Sc)

Легкое: 2 (La, Ce)

Кожа: 18 (Be, Al, Ti, Ge,
Nb, Cs, Pr, Sm, Eu, Gd, Tb,
Dy, Ho, Yb, Lu, Hf, W, Th)

Скелетная мускулатура: 1 (Sn)

Селезенка: 1 (Fe)

Толстый кишечник: 1 (Hg)

Женщина

Щитовидная железа: 1 (Nd)

Пищевод: 4 (Li, Na, V, U)

Трахея: 4 (S, Ca, Co, Pb)

Аорта: 2 (Br, Ag)

Бронхи: 4 (Se, Y, Tm, Au)

Кожа: 1 (Zn)

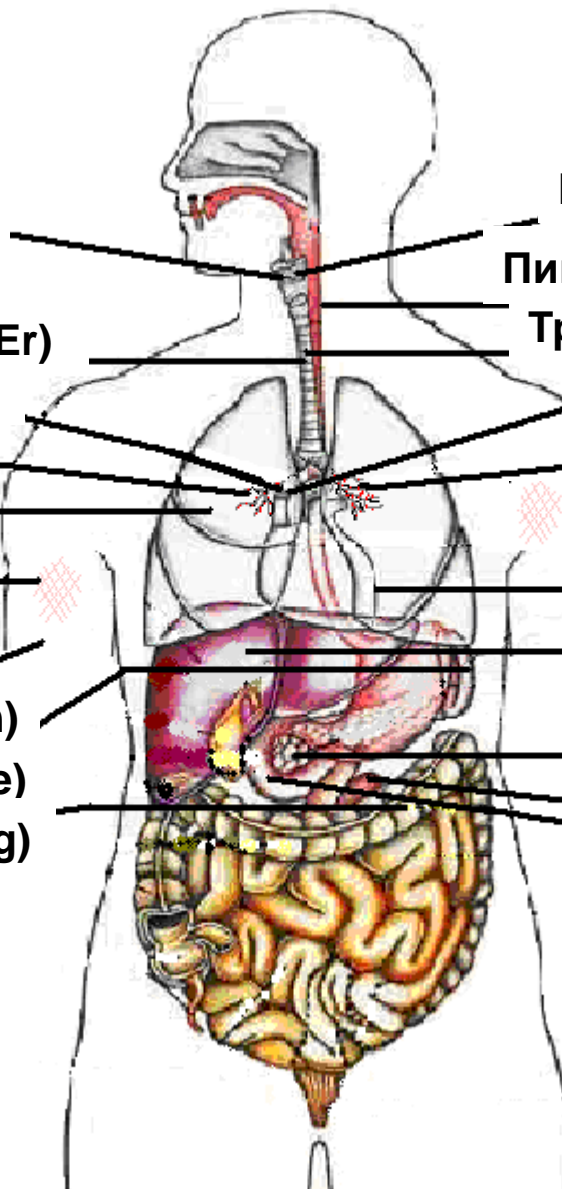
Сердце: 1 (Ba)

Печень: 1 (Mo)

Поджелудочная железа: 1 (Cr)

Почка: 1 (Cd)

12-перстная кишка: 1 (Bi)



4. От климатических условий

(Травы в высокогорье и на равнине)

Таблица 109

Влияние климата на изменение содержаний железа и марганца
в растениях Британской Колумбии, млн⁻¹ [234]

Растение	Элемент	Количество осадков, мм		
		380	635	1145
Пихта	Fe	180—280	40—130	15
	Mn	40—100	100—260	280
Сосна	Fe	150—450	20—60	—
	Mn	40—60	30—110	—
То же	Fe	—	60	20—30
	Mn	—	100	80—120
Можжевельник	Fe	—	35—120	20
	Mn	—	40—150	175—500
Ель	Fe	—	—	15—25
	Mn	—	—	75—130
Осина	Fe	—	40	15—20
	Mn	—	30	25—60
Полынь	Fe	120—650	—	—
	Mn	20—70	—	—



5. От геохимических особенностей территории (состав почвообразующих пород).

На этом основаны биогеохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых.

Саксаул – до 12 м. глубина проникновения корневой системы

А.Л. Ковалевский – поиски золота, платиноидов по древесным пням.

Этим обусловлено ландшафтно-геохимическое районирование территории (F, Se, I).

Барьерный и безбарьерный механизмы накопления химических элементов в организмах ($U < 0.5$ г/т)