

**К геохимии
живого вещества**

**To the geochemistry
of alive material**

**Рихванов Л. П.*, Барановская Н.В.,
Игнатова Т.Н.**

*** д.г.-м.н., профессор, заведующий кафедрой
геоэкологии и геохимии Томского
политехнического университета (г.Томск)**

**Rihvanov L.P.*, Baranovskaya N.V.,
Ignatova T.N.**

***d.g.-m.s., professor of Tomsk Polytechnical
University (Tomsk)**



В.И.Вернадский
(1863-1945) создал
учение о
биосфере. Свои
идеи он чётко
сформулировал в
знаменитом труде
"Биосфера" (1926).

BIOSPHERE

1926 - ПЕРВОЕ РУССКОЕ ИЗДАНИЕ

1929 - ФРАНЦУЗСКОЕ *La biosphere, Paris*

1960 - V ТОМ ИЗБРАННЫХ СОЧИНЕНИЙ

1960 - СЕРБОХОРВАТСКИЙ

1967 - РУССКИЙ

1989 - РУССКИЙ БИОСФЕРА И НООСФЕРА

1993 - ИТАЛЬЯНСКИЙ

1997 - ФРАНЦУЗСКИЙ

1997 - ИСПАНСКИЙ

1998 - АНГЛИЙСКИЙ (НЬЮ-ЙОРК)

FUSION

...passionément!

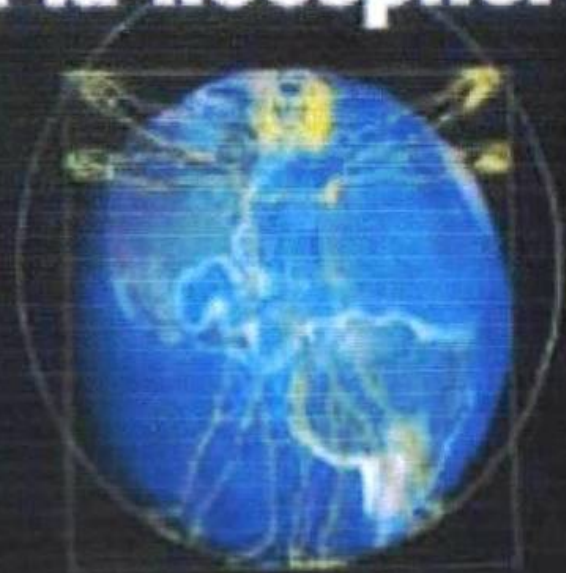
Sciences & Technique au XXI^e siècle



Les paradoxes
de
l'électrocinétique

Vladimir Vernadski

De la biosphère à la noosphère



...la différence énergétique matérielle fondamentale entre
...système vivants et non vivants dans la biosphère
...de nos jours.
...l'application de la méthode logique déductive
...l'Europe va déborder sur une planète

Grenier E.

Vladimir Vernadski
De la biosphère
à la noosphère.
Fusion N 89, 2000



В.И.Вернадский утверждал, что «Живая материя является совершенно особой химической областью в химии земной коры...

В живой материи, в каждой её клетке...идёт вихорь сменяющихся друг друга химических элементов»

(В.И.Вернадский, 1994, с.168)

**□ «Каждое живое вещество так или иначе содержит в себе постоянно и не случайно огромное количество известных нам типов атомов»
(В.И.Вернадский, 1960, с.145)**

Биогеохимические функции биосферы

Живые организмы , которые своим дыханием, своим питанием, своим метаболизмом .своей 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)

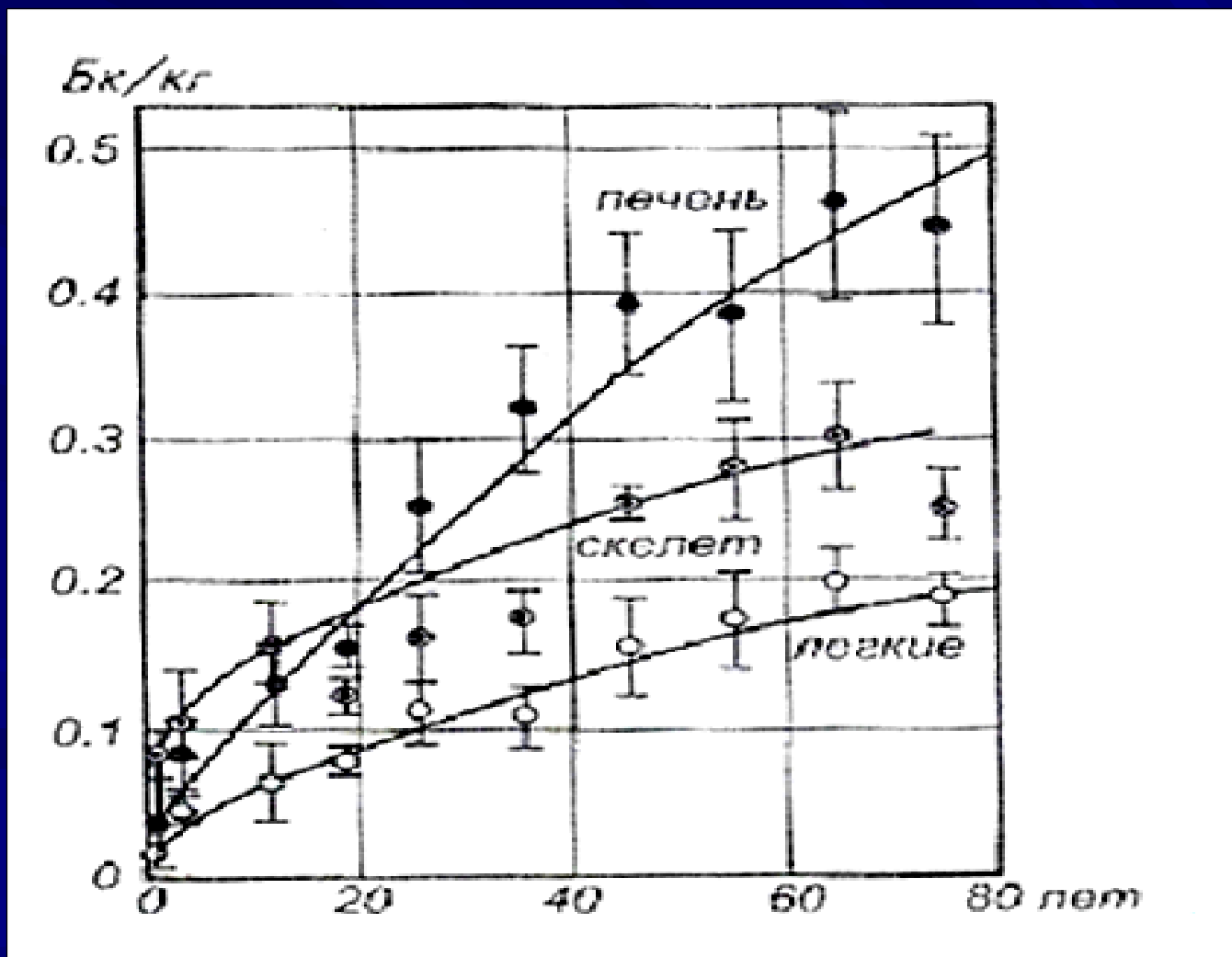
1.	Газовая функция ($N_2 - O_2 - CO_2 - CH_4 - H_2 - NH_3 - H_2S$)	Все организмы
1.1	Кислородная функция Образование свободного кислорода	Хлорофильные организмы
2.	Окислительная функция	Бактерии, большей частью автотрофные
3.	Восстановительная функция	Бактерии
4.	Концентрационная функция	Все организмы
4.1	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

Современная оценка главных (конституционных) и сопутствующих (второстепенных) структурообразующих (вес. %) и следовых элементов (мг/кг) в теле человека (по Ulf Lindh, 2005 с изменениями)

№	Элемент	Содержание	№	Элемент	Содержание
1	кислород (O)	65,0 (65,04)	15	цинк (Zn)	0,0033 (0,00n)
2	углерод (C)	18,0 (18,25)	16	бром (Br)	0,00029 (0,000n)
3	водород (H)	10,0 (10,05)	17	медь (Cu)	0,0001 (0,000n)
4	азот (N)	3,0 (2,65)	18	мышьяк (As)	0,26 (0,n)
5	фосфор (P)	1 (0,8)	19	кобальт (Co)	0,021
6	сера (S)	0,26 (0,21)	20	хром (Cr)	0,094
7	кальций (Ca)	1,4 (1,4)	21	йод (I)	0,19 (0,0n)
8	магний (Mg)	0,5 (0,04)	22	литий (Li)	0,009
9	калий (K)	0,34 (0,27)	23	молибден (Mo)	0,08
10	натрий (Na)	0,14 (0,26)	24	никель (Ni)	0,14
11	хлор (Cl)	0,14 (0,25)	25	селен (Se)	0,11
12	кремний (Si)	0,026 (0,00n)	26	олово (Sn)	0,24
13	железо (Fe)	0,006 (0,02)	27	ванадий (V)	0,11
14	фтор (F)	0,0037 (0,000n)	28	вольфрам (W)	0,008

Примечание: в скобках данные по составу тела человека, приведенные В.И. Вернадским в 1922 г (1960) со ссылкой на Фолькмана.

Удельная активность плутония в различных органах основного депонирования в зависимости от возраста жителей г. Озёрска (по В.И. Уткину и др., 2004)

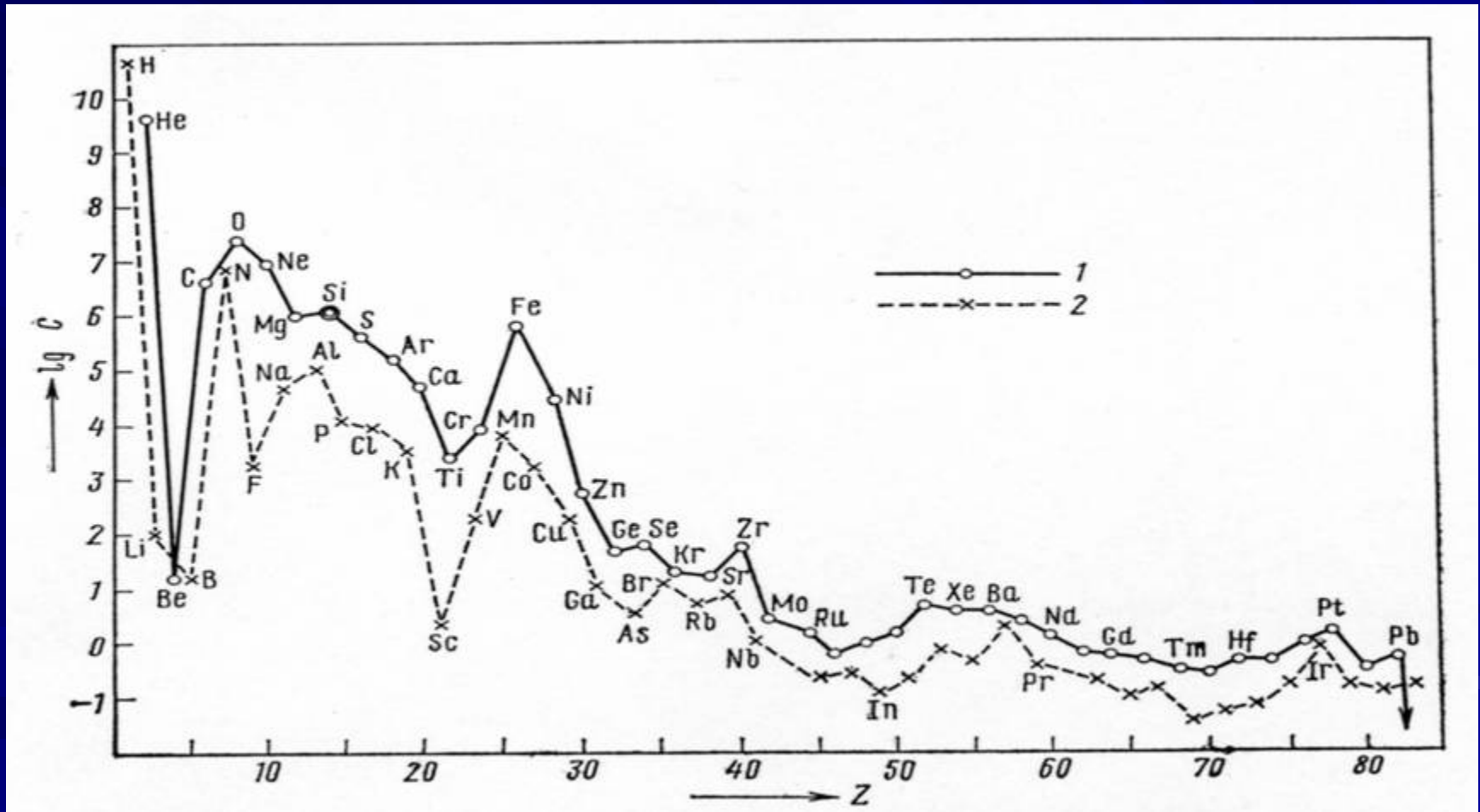


Удельная активность ^{239}Pu (в Бк/кг) в волосах детей Минска и Гомельской области (1987 г.) (по А.Ф. Маленченко и др., 1997)

Ф.И.О.	Минск			Ф.И.О.	Гомельская область		
	Место жительства	год рождения	A (^{239}Pu), Бк/ кг		Место жительства	год рождения	A (^{239}Pu), Бк/кг
Б. И.	Минск	1982	0,3	К. О.	г. Хойники	учащийся	15,2
Н. И. Б.	“	1975	0,42	Е. Д.	“	1980	12,6
К. Н. П.	“	1976	0,14	Ш. Г. П.	г. Брагин	1970	22,9
Д. Т. В.	“	1975	0,21	Ш. Е. И.	“	1970	16,4
Х. Л.	“	1974	0,18	К. С. Н.	“	1976	25,6
И. С.	“	1975	0,22	Л. Н.	г. Хойники	1980	8,5
М. Н.	“	1975	0,5	С. Т. М.	д. Шкураты, Брагински й р-н	1975	28,0
				К. Л.	г. Жлобин	1982	1,15
				Ф. Г.	д. Борисовщ ина, Хойникск ий р-н	1975	4,57
				К. Е. С.	г. Жлобин	1976	0,82
				Л. С. М.	г. Гомель	1978	0,71

- **А.Е.Ферсман (1937) в своей классической работе «Геохимия» отмечал, что**
распространенность химических элементов в живом веществе подчиняется основным геохимическим законам Кларка и законам Оддо-Гаркинса.

Распространённость элементов во Вселенной (по А.Поланьскому, 1961)



1-чётные элементы;
2-нечётные элементы

**Геохимические кларки ноосферы (биосферы)
(по Глазовским, 1982)**

Элементы	%	Элементы	%	Элементы	%	Элементы	%	Элементы	%
O	63,2	Zn	4,6			10^{-6}		Nb	1,9
Si	16,5	Ba	3,6			In	6,4	10^{-18}	
Al	6,1	Ce	3,2	Dy	3,0	Ag	5,0	Pm	6,9
H	4,5	Br	2,6	Hf	2,5	Rb	3,3	10^{-19}	
Fe	2,2	Co	2,2	U	1,9	Os	3,2	Rn	1,1
Ca	1,6	Y	2,05	Ta	1,9	He	2,0	10^{-21}	
K	1,6	Ag	1,95	Yb	1,9	Ne	1,96	Fr	7,6
Na	1,9	Li	1,9	Fr	1,7	10^{-7}		At	2,5
10^{-1}		Ga	1,7	W	1,3	Pb	8,3		
Mg	9,0	Nd	1,6	Ge	1,1	Bi	6,4		
Cl	6,9	Nb	1,3	Mo	1,1	Rh	6,4		
C	4,4	Zr	1,2	Be	1,0	Te	6,4		
Ti	2,6	Pb	1,2	10^{-5}		Kr	4,1		
S	1,7	La	1,2	Tl	7,9	Ir	3,8		
N	1,2	Ni	1,0	Ho	7,6	10^{-8}			
10^{-2}		10^{-4}		En	6,4	Au	6,9		
P	5,0	Th	7,6	Tb	6,4	Xe	5,4		
Mn	4,4	Sc	7,0	I	5,4	Re	4,7		
F	3,5	Cs	5,9	Lu	4,5	10^{-10}			
Sr	0,4	Sn	4,9	Se	2,8	Ac	1,9		
10^{-3}				Sb	2,5	Ra	1,3		
Rb	9,6	Gd	4,9	Hg	1,8	10^{-14}			
V	7	Pr	3,85	Cd	1,6	Po	1,3		
B	5	As	3,05	Tn	6	10^{-16}			
Cr	5			Pt	1,3	Pu	1,3		

■ Исследователями геохимии ЖВ
обращалось внимание на весьма
существенные диапазоны
уровней накопления химических
элементов

*«Химический состав
организмов колеблется едва
ли менее, чем состав
минералов»*

отмечал В.И.Вернадский

На наш взгляд, при геохимической характеристике ЖВ, целесообразно ввести в обиход, по аналогу с устоявшейся терминологией, используемой при геохимической характеристике горных пород и минералов: ***минералы-носители и минералы-концентраторы*** (Таусон и др. 1961), два новых понятия:

орган (ткань)-концентратор и орган(ткань)-носитель

Выделение органов и тканей ЖВ носителей и концентраторов химических элементов можно осуществлять по ***коэффициенту концентрации (K_K)***, относительно содержания элемента в биологическом виде в целом.

- Если $K_k > 1$, мы можем говорить об органе или ткани-концентраторе
- Если $K_k < 1$, речь идёт об органе-носителе
- Для йода органом-концентратором будет щитовидная железа ($K_k > 1000$)
- Для кобальта- жировая ткань, подкожная клетчатка, скелет, соединительная ткань («Человек..., 1977)
- Депонирующей средой (органом-концентратором) для Р_и будет печень

В.И.Вернадский также выделял организмы по количеству накапливаемого им элемента относительно среднего валового состава ЖВ.

По этому показателю организмы он делил на 4 группы:

- *Организмы данного элемента***
- *Организмы богатые ими***
- *Организмы обычные***
- *Организмы бедные ими***

Содержание химических элементов в организмах (по В.И.Вернадскому)

Содержание химических элементов в организмах	Примеры организмов	Примечание
<p>I. Кремний</p> <p>1. Кремниевые организмы – анализ мало. > 10% Si</p>	<p>Диатомен, например Chaetoceras, Rhizosolenia и другие Silicoflagellatae (например Dictyocha), Heliozoa, некоторые кремниевые Clathrulina и песчаные Foraminifera (например, Polymorphina silicea, Rhabdammina). Кремниевы губки, Ферробактерии (?). Радиолярии.</p>	
<p>2. Богатые кремнием организмы Около 1-2% Si в живом веществе</p>	<p>Злаки, например[все культурные злаки], и т.п. Хвощи (например, Equisetum Telmateia > 2% Si в живом веществе.) Некоторые лишайники (Variolaria adelbata > 2% Si). Некоторые Ericaceae (Erica tetrelis – до 1% Si). Cyperaceae и многие другие.</p>	<p>Едва ли можно сомневаться, что дальнейшие работы откроют нам здесь многое, чего мы сейчас себе не представляем.</p>
<p>3. Обычные организмы; $n \cdot 10^{-3}\%$ Si</p>	<p>Большинство растений, многие семена, например: овес – до $6,3 \cdot 10^{-1}\%$ Si. Позвоночные организмы, например овца – $9,10^{-3}\%$ Si</p>	
<p>II. Алюминий</p> <p>1. Алюминиевые организмы</p>	<p>Crenothrix ochracea – 17,7% Al</p>	<p>По анализу Джексона</p>
<p>2. Богатые алюминием организмы. До 2% Al</p>	<p>Lysoptodiaceae. Водоросли. Некоторые Proteaceae (?) (Oritis excelsa) и многие гидрофиты и водные растения.</p>	
<p>3. Обычные организмы;</p>	<p>Все другие организмы.</p>	

I. Йод	Некоторые тропические губки: из <i>Cornucospongidae</i> , например <i>Euspongia</i> ,. Например <i>Alcyonariae</i> , например <i>Grgonia cavolini</i> и др. <i>coelenterate</i> . Морские водоросли <i>Laminaria</i> , <i>Fucus</i> и др. В красных водорослях - <i>Phyllophora</i> и др.	
1. Богатые йодом организмы. До 1% йода		
2. Обычные организмы: наземные: $n \cdot 10^{-4}$ - $n \cdot 10^{-6}\%$ J, морские $n \cdot 10^{-3}$ - $n \cdot 10^{-5}\%$ J	Большинство растений и животных	
II. Марганец.	Некоторые <i>Leptothrix</i> , некоторые диатомовые (из <i>Cocconeis</i>)	По-видимому, сюда относятся некоторые из железобактерий
1. Марганцевые организмы (?)		
2. Богатые марганцем организмы. До 1% Mn	Некоторые ржавчинные грибы. (<i>Secale cornutum</i>), <i>Zostera maritime</i> , <i>Trapa natans</i> и многие водные растения, например <i>Lemna</i> и т.д.	
3. Обычные организмы: растения - $n \cdot 10^{-1}$ - $n \cdot 10^{-2}\%$ Mn; животные - $n \cdot 10^{-4}\%$ Mn		
III. Сера	Некоторые из серных бактерий, выделяющих самородную серу	
1. Серные организмы		
2. Обычные организмы: растения - $n \cdot 10^{-1}$ - $n \cdot 10^{-2}\%$ S, животные - $n \cdot 10^{-1}\%$ S (?)	Большинство растений и животных	
IV. Стронций	Некоторые из радиолярий (из <i>Acantharia</i> . <i>Podactinellius sessilis</i>)	
1. Стронциевые организмы		
V. Цинк	Микрофлора около цинковых источников (например, <i>Sterigmatocytetes niger</i>). Очень богатые ($n \cdot 10^{-1}\%$ Zn) <i>Thlaspicalaminaria</i> , <i>Armeria vulgaris</i> и т.д.	Много цинка в растениях на галмейных почвах, в частности в так называемой галмейной флоре
1. Богатые цинком организмы. Около 1% цинка		
2. Обычные организмы: растения - $n \cdot 10^{-3}$ - $n \cdot 10^{-4}\%$ Zn, животных - $n \cdot 10^{-3}$ - $n \cdot 10^{-4}\%$ Zn		

Высокая вариабельность в уровнях накопления химических элементов в ЖВ определяется, прежде всего, следующими причинами:

- Неоднородностью состава самого исследуемого ЖВ**
- Стадиями физиологического развития и состояния ЖВ**
- Патологическим состоянием организма**
- Особенности химического состава среды обитания**
- Несовершенством аналитических методов определения**

***Зависимость химического
состава ЖВ от
неоднородности состава
самого исследуемого ЖВ***

**ЖВ изучается на различных
структурных уровнях его организации:
субклеточном (органеллы), клеточном,
организменном, видовом,
популяционном**

Классификация по распространённости радиоактивных изотопов в организме человека (по В.Ф.Журавлёву)

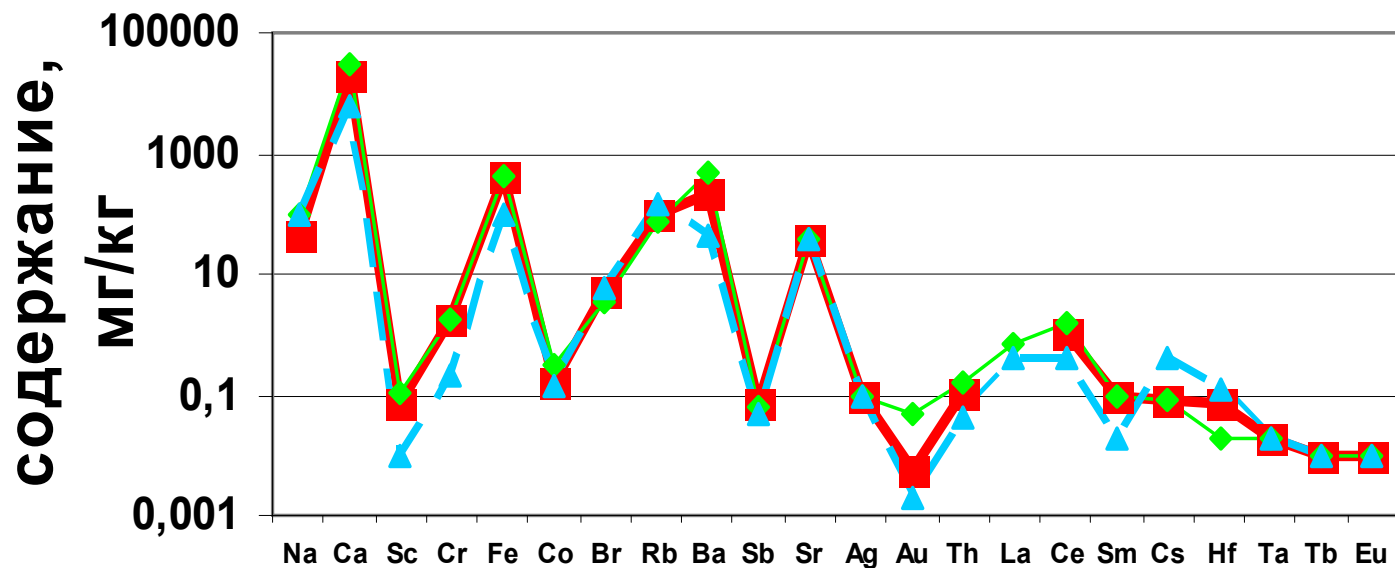
- Остеотропные (^{35}P , ^{90}Sr , ^{226}Ra , U , Pu)
- Тканевые ретикулоэндотелиальные (^{140}La , ^{144}Ce , Th , ^{239}Pu , нитраты и др.)
- Избирательно-накапливающиеся ($^{129,131}\text{I}$ в щитовидной железе, ^{59}Fe в эритроцитах)
- Равномерно распределяющиеся (^3H , ^{40}K , ^{14}C , ^{137}Cs)

Из практики биогеохимических исследований хорошо известно, что разные части растений избирательно накапливают те или иные виды микроэлементов.

Ягода черники (*Vaccinium myrtillus*) и клюквы (*Oxycoccus palustris*)



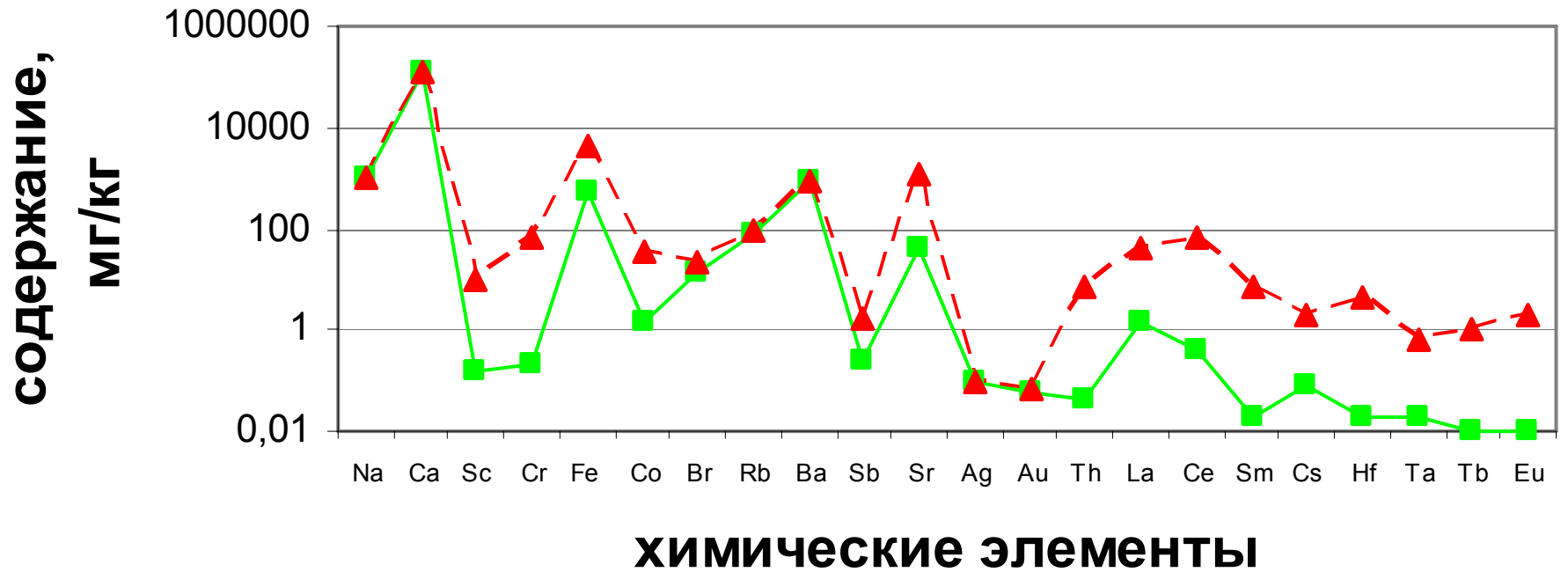
Черника (*Vaccinium myrtillus*)



ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

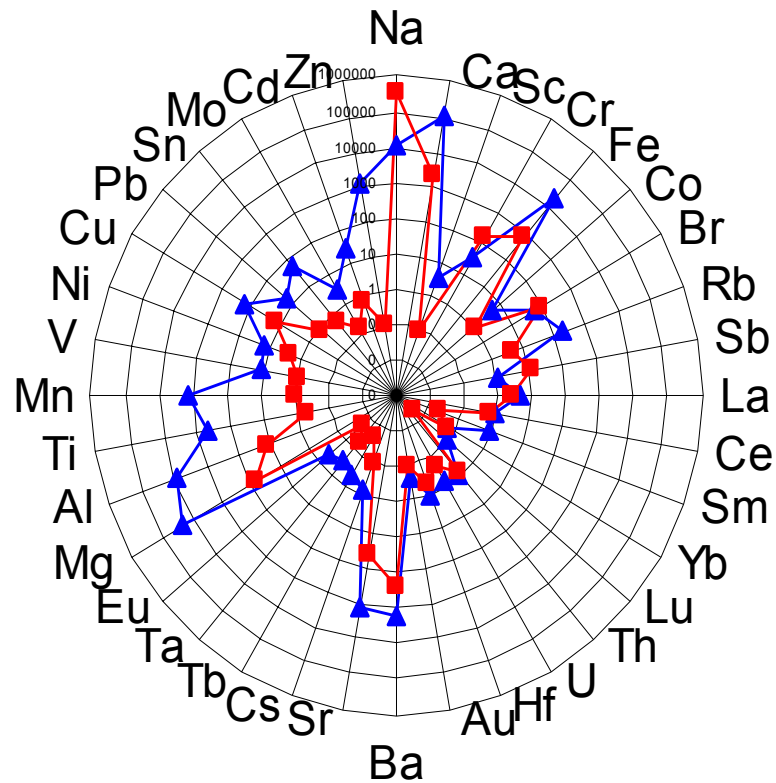
■ Листья ◆ Стебли ▲ Ягоды

Лабазник (*Filipendula ulmaria*)



—■— надземная часть - -▲- - корни

Геохимические особенности ноотропного лекарственного растения Княжика сибирского

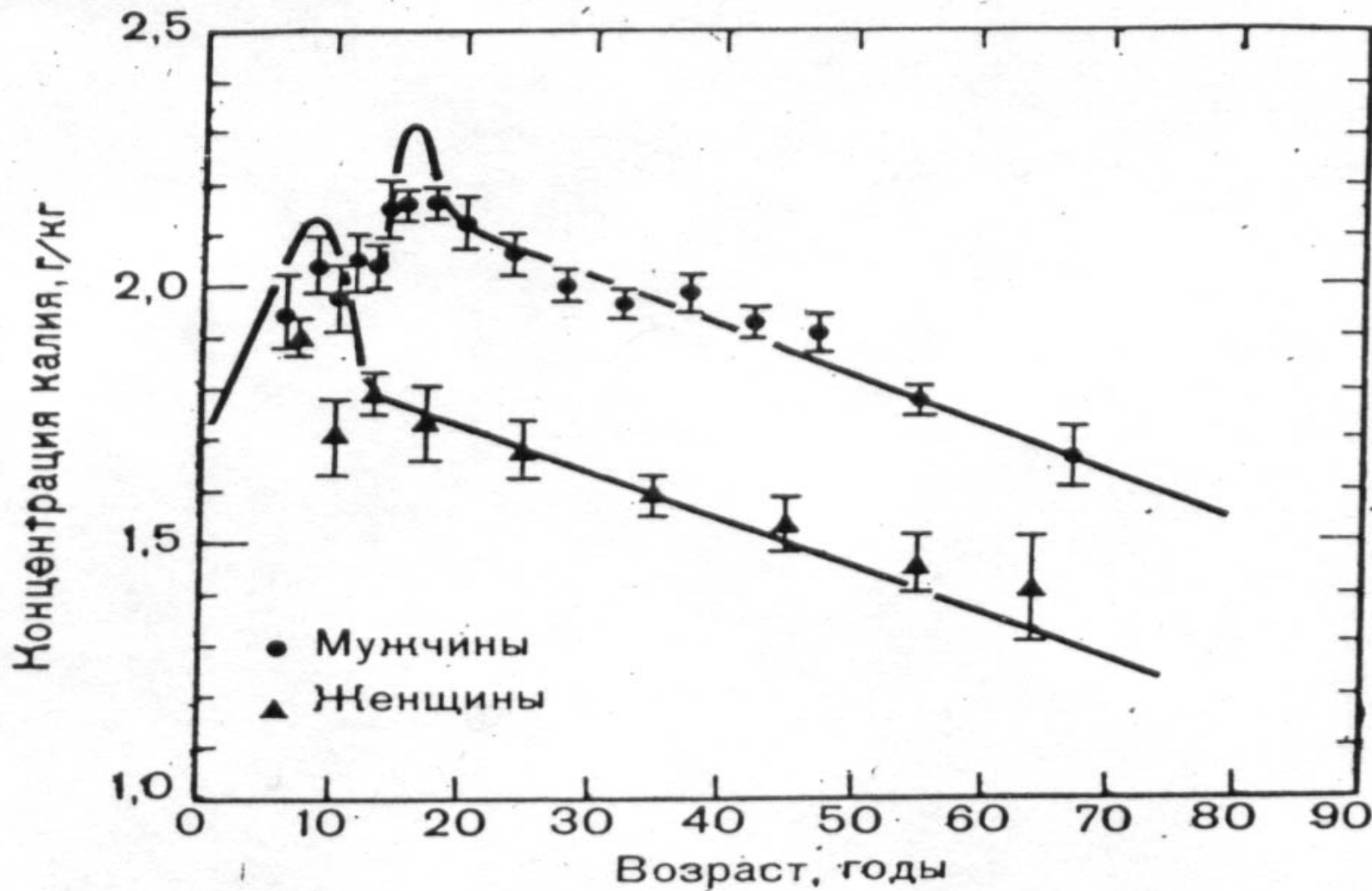


▲ — Надземная часть Княжика сибирского ■ — Ее активная часть Княжика сибирского

Зависимость химического состава ЖВ от стадии его физиологического развития

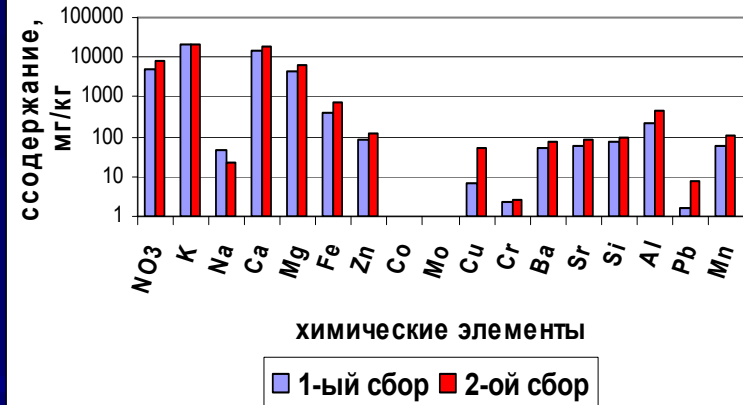
Стадии развития зависят от времени суток, сезона года, степени освещённости, возраста и ряда других параметров существенно определяет уровень накопления элементов

Зависимость содержания К в организме человека от возраста (2960 человек от 1 года

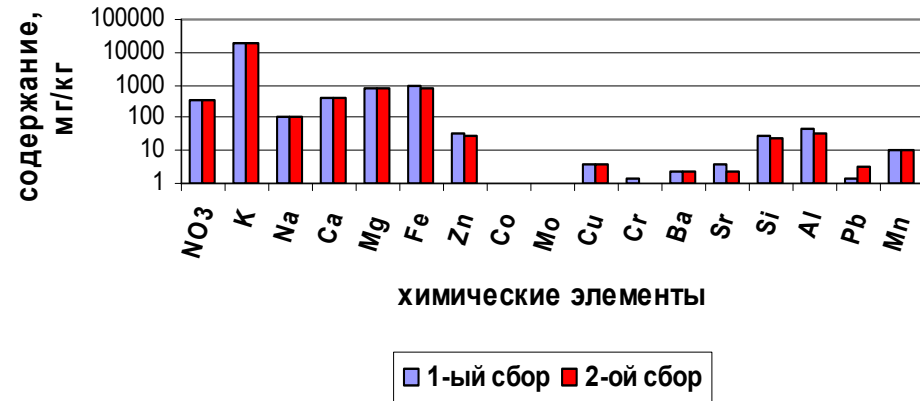


Изменение содержания валовых химических элементов в ботве и клубнях картофеля юга Томской области на разных стадиях вегетации

Ботва



Картофель



***Зависимость химического
состава ЖВ от его
патологического состояния
(предболезнь, болезнь
различных стадий развития)***

**Этот фактор во многом определяет
уровень накопления химических
элементов в органах и тканях ЖВ, в
том числе человеке.**

Исследование адаптивных сдвигов в содержании химических элементов при изменении внешних воздействий, прежде всего стрессового характера, роли химических элементов в этиологии и патогенезе различных заболеваний, индикаторных показателей и выработке корректирующих и лечебных мероприятий становятся предметом новых научных направлений и дисциплин под названием «Медицинская элементология» (Агаджанян и др., 2001, Зайчик и др., 2004, Скальный, 1999 и др.), «Микроэлементология» (Авцын и др., 1991)

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОМИССИЯ ПО РАДИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ
ПУБЛИКАЦИЯ № 23

1-277213

ЧЕЛОВЕК

медико-биологические данные

ДОКЛАД
РАБОЧЕЙ ГРУППЫ
КОМИТЕТА П МКРЗ
ПО УСЛОВНОМУ
ЧЕЛОВЕКУ

Перевод с английского Ю. Д. ПАРФЕНОВА

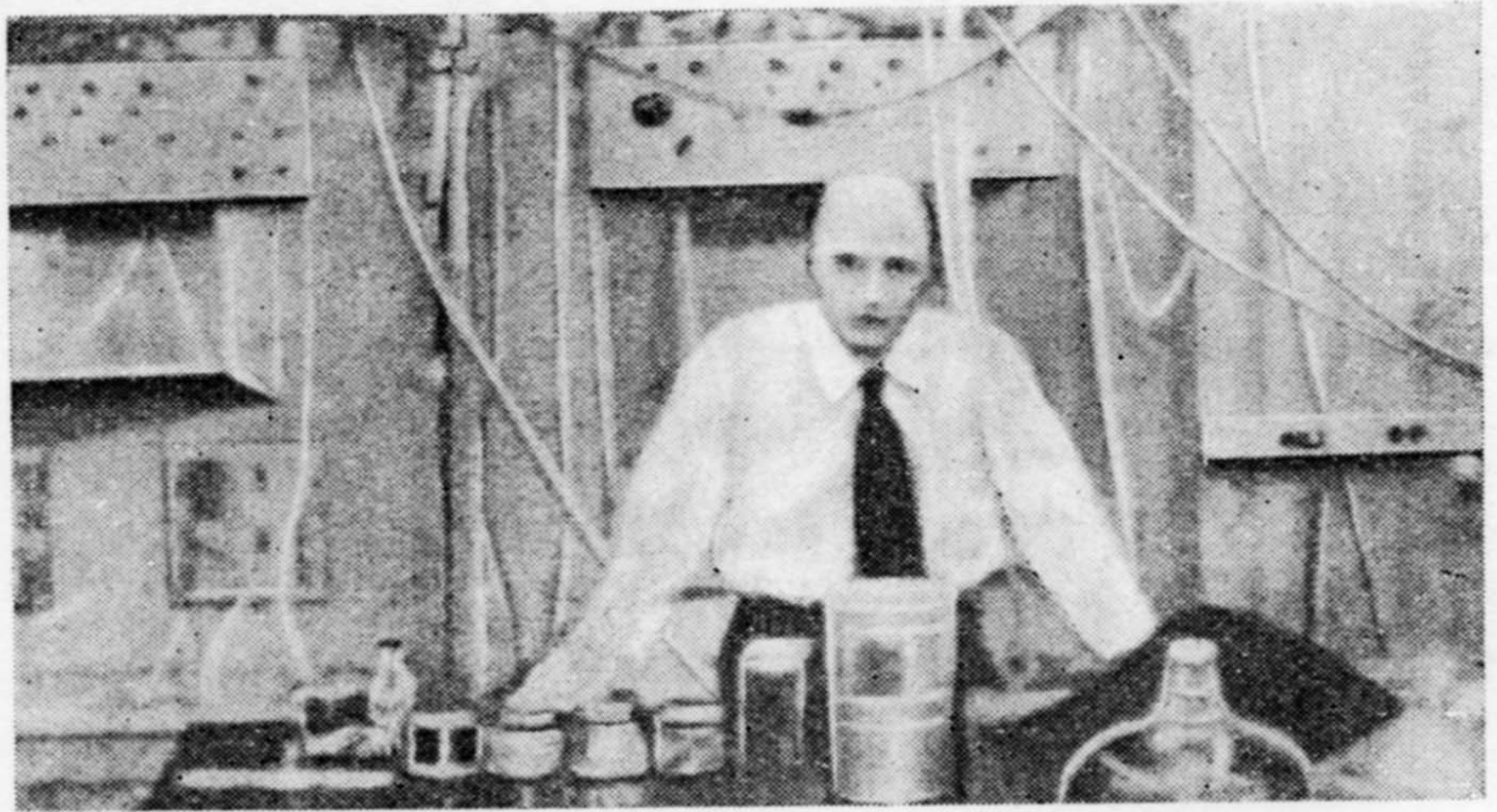


МОСКВА
«МЕДИЦИНА»
1977

Единственная нам известная работа в которые включена информация по составу **71 органа и ткани 150 взрослых**, погибших в результате несчастного случая с использованием одних методов анализа, а также данные из других источников.

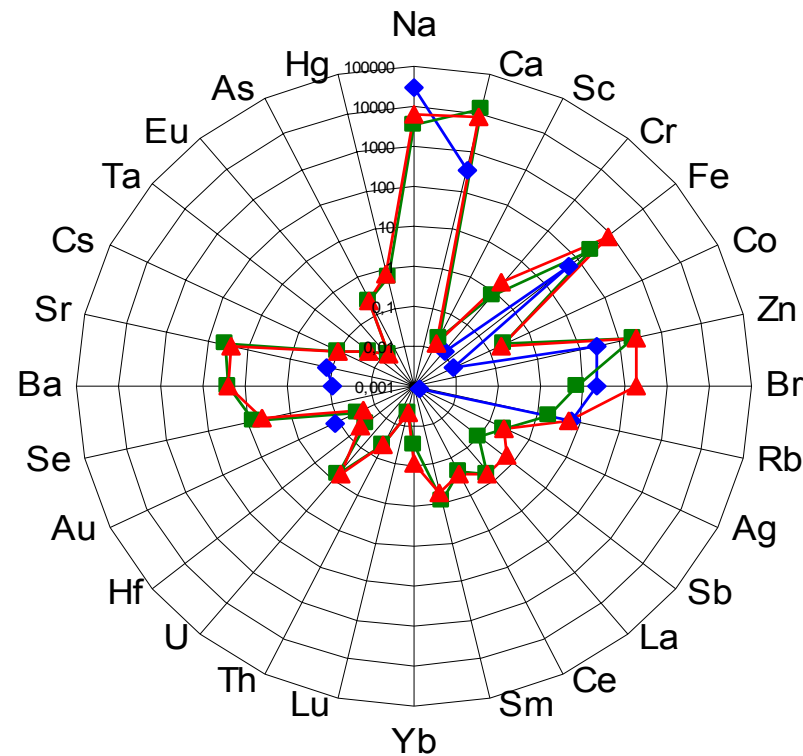
В этой обобщенной сводке представлены данные по **47 химическим элементам.**

- Человек, весящий 70 кг примерно содержит (по Г. Сиборгу и др. 1966):
- Кислорода-45.5кг
- Углерода-12.6
- Водорода-7
- Азота-2.1
- Кальция-1.4
- Фосфора-0,7
- Калия-0,26
- Серы-0,175
- Натрия-0,1
- Хлора-0,1
- Магния-0,03
- Железа-0,003



Здесь изображён известный химик Бернард Харвей в двух различных вариантах- один в нормальном своём состоянии, а другой- расщеплённый на составные элементы (по Г.Сиборгу и др., 1961)

Сравнительный анализ здоровой и патологически изменённой щитовидной железы человека



—◆— Справочные данные

—▲— Патологически измененная ЩЖ

—■— ЩЖ условно здорового человека

Зависимость химического состава ЖВ от особенности химического состава среды обитания

Этот фактор является одним из основных, определяющих общий химический состав ЖВ, так как состоит из ландшафтно-климатических особенностей, состава субстрата, наличия источников поступления аномально высоких концентраций химических элементов.

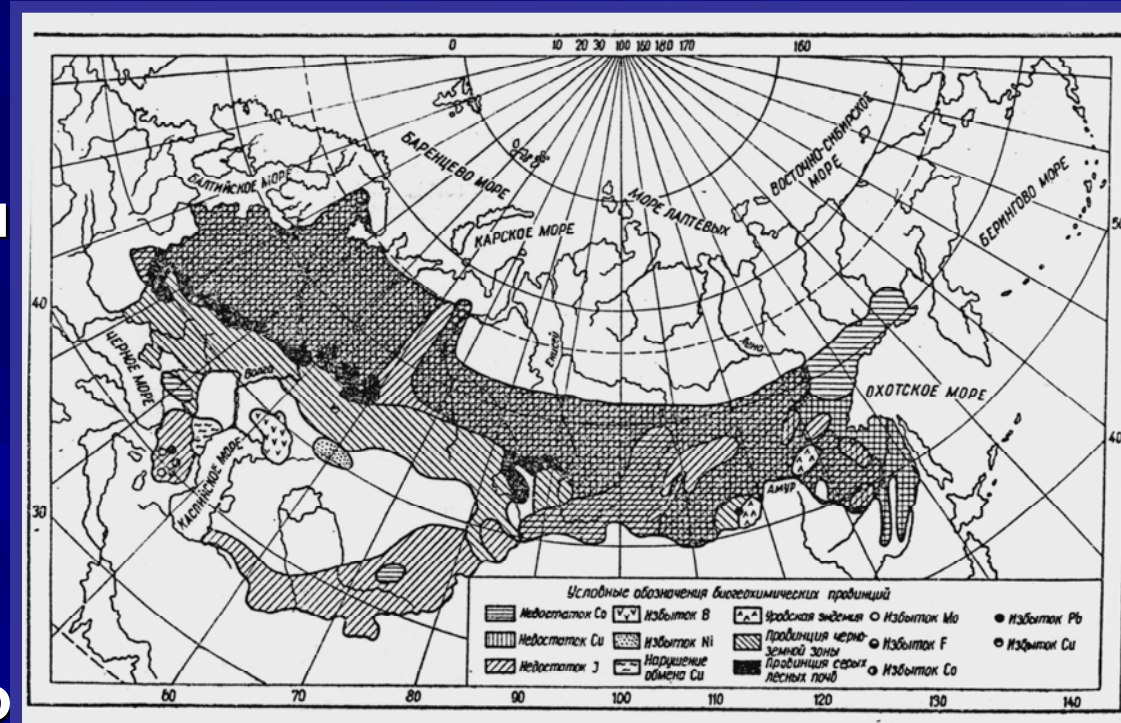
В.И.Вернадский отмечал, что химический элементарный состав организмов теснейшим образом связан с химическим составом земной коры и приводил в своих статьях убедительные примеры. Он всегда подчёркивал, что изучать биологические вопросы изучением только одного, во многом автономного организма нельзя, т.к.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

И уже в начале XX века В.И.Вернадский подчёркивает, что **«...появление культурного человека начинает менять химический лик нашей планеты»**, тем самым предвидя те геохимические изменения в биосфере, которые произошли за последние 70 лет.

**Эти основополагающие выводы
великого учёного на
зависимость химического
состава ЖВ от среды обитания
позднее были многократно
подтверждены и логически
развиты исследованиями
*А.П.Виноградова,
В.В.Ковальского,
А.И.Перельмана, В.А.Алексеенко*
и многими другими.**

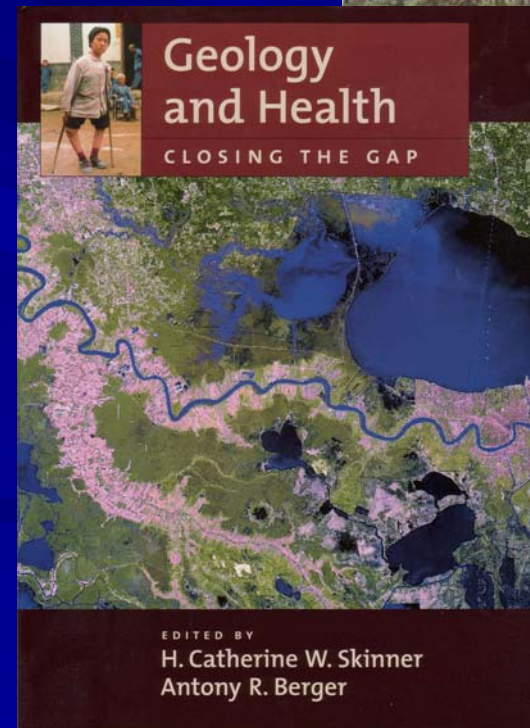
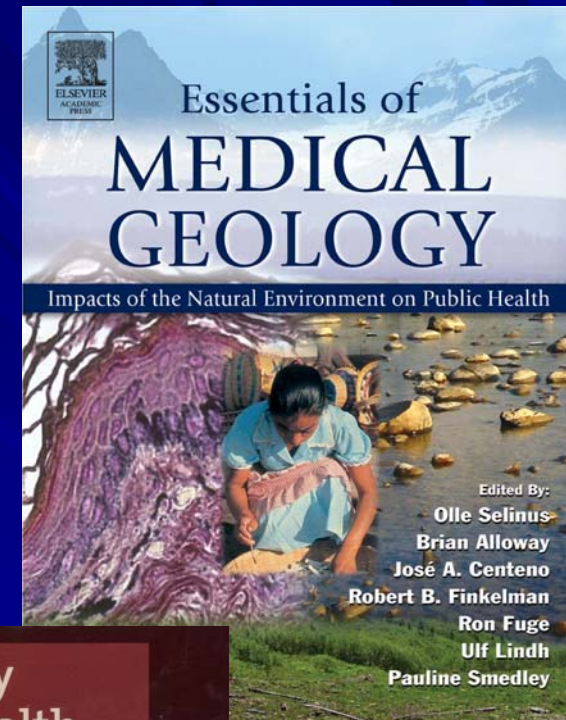
Именно на этом постулате ОСНОВАНЫ:

Биогеохимические
методы поисков
месторождений
полезных ископаемых
(Н.И.Сафронов,
А.П.Соловов,
А.А.Сауков,
Д.П.Малюга,
С.М.Ткалич,
Т.Т.Тайсаев,
А.Левинсон), создано
учение о
биогеохимических
провинциях
(А.П.Виноградов,
В.В.Ковальский).

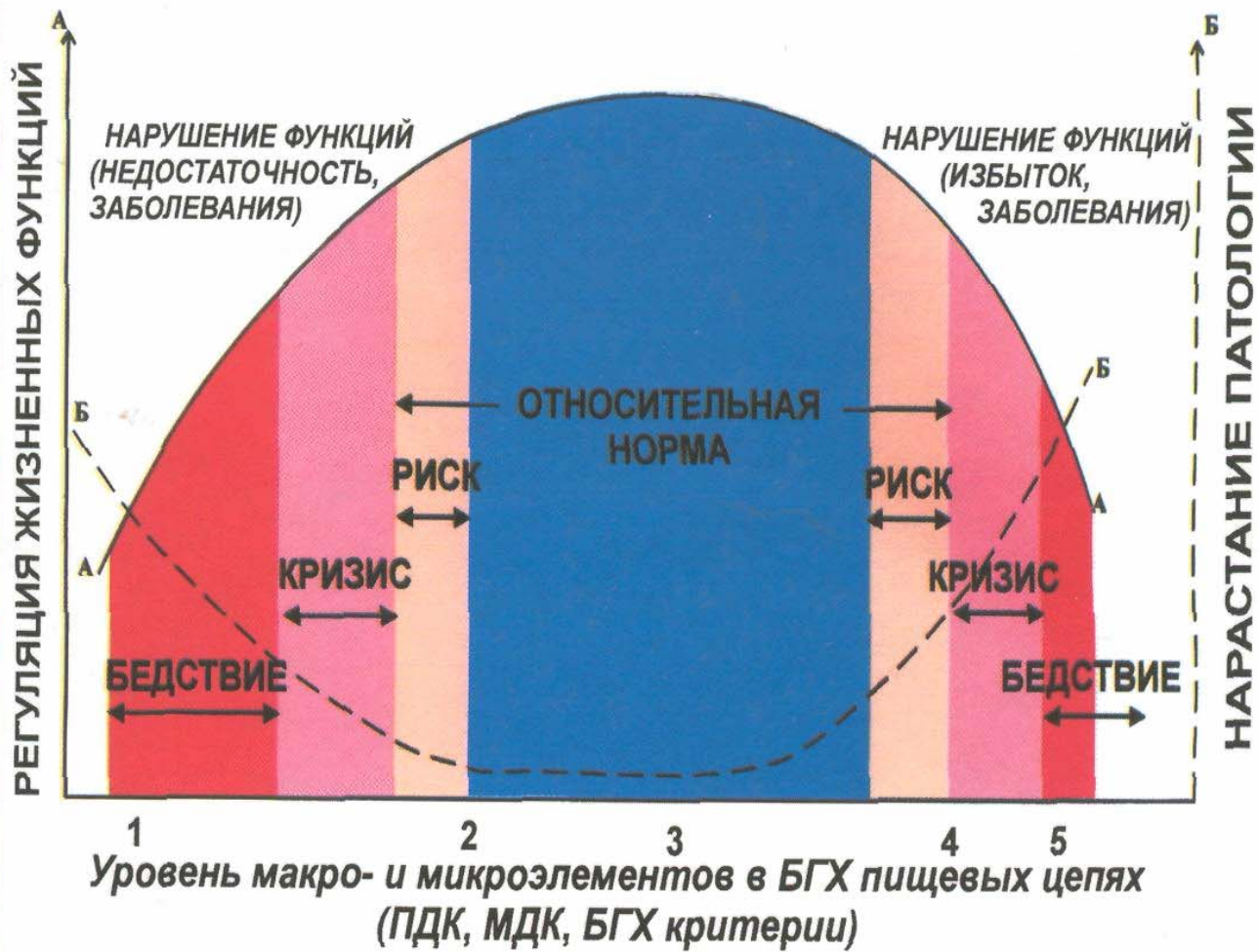


Биогеохимические провинции СССР
(по В.В. Ковальскому, 1974)

О взаимосвязи этих провинций с появлением эндемических заболеваний (А.П.Авцын, В.В.Ковальский, В.В.Ермаков, В.А.Ковда), что способствовало становлению нового научного направления *«Медицинская геология»*, активно развиваемого в настоящее время Olle Selinus (Швеция) и другими, появлению учения об *микроэлементозах* (Авцын, 1991, Ю.А.Москалёв)



При этом ярко наблюдается **зависимость реакции организмов от концентрации и соотношения** макро- и микроэлементов в среде, графическое представление которой стало широко известно благодаря публикации Н.Д.М Bowen (1966) со ссылкой на Р.Е. Smith (1962), приводится практически во всех современных публикациях, в которых обсуждается проблема взаимосвязи химического состава природной среды и реакций ЖВ.



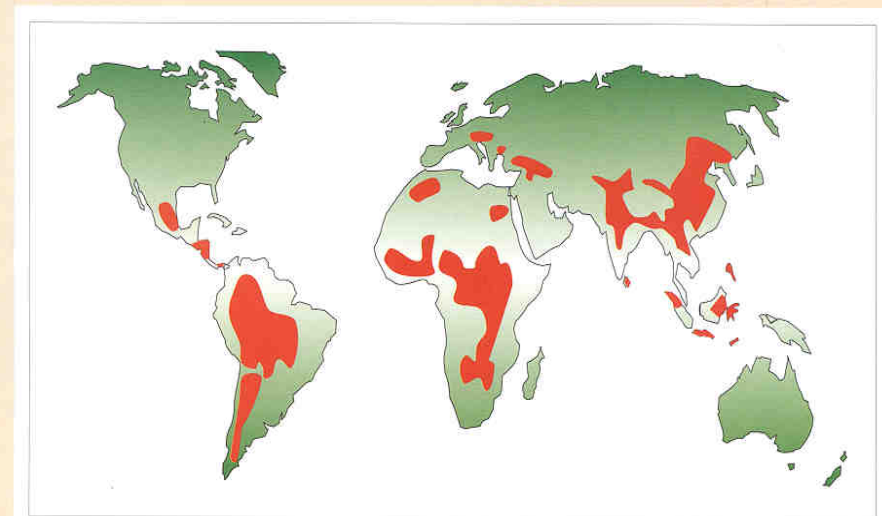
ЗАВИСИМОСТЬ РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМОВ ОТ КОНЦЕНТРАЦИЙ И СООТНОШЕНИЙ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СРЕДЕ

Сегодня во многих регионах закартированы йодные и безйодные, селеновые и безселеновые, мышьяковые и безмышьяковые области и др. провинции, где ЖВ, в том числе человек, чувствует себя дискомфортно

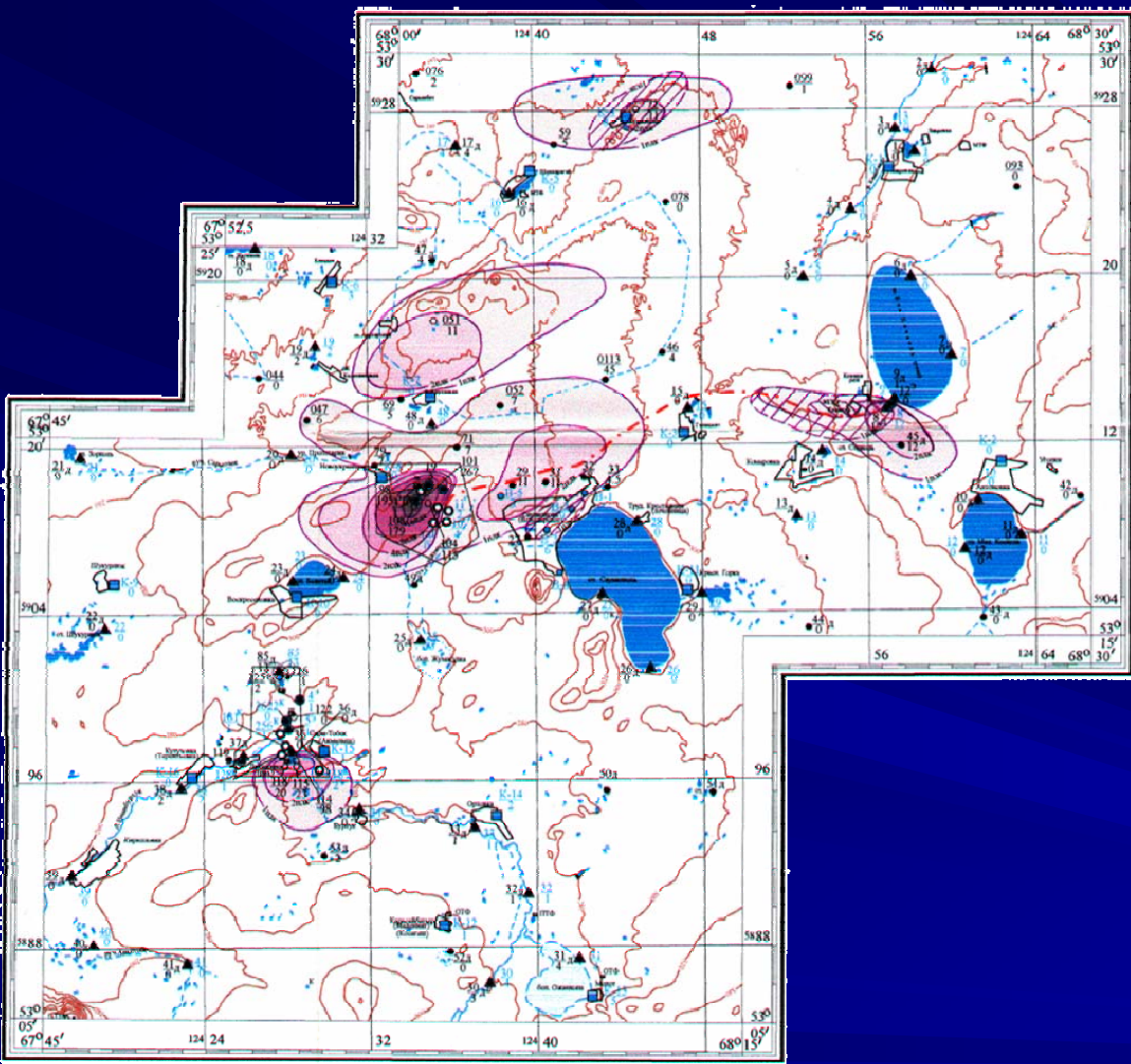


FIGURE 8 Distribution of the incidence of KD in China. (Adapted with permission from Tan, 198

Element deficiency - Iodine



Карта содержания урана по данным РГСС



Условные обозначения:

Шкала интенсивности
загрязнения почвогрунтов U, $\mu\text{г/т}$







0-5 ($<1\text{пдк}$)	5-10 (1-2пдк)	10-20 (2-4пдк)	20-40 (4-8пдк)	40-80 (8-16пдк)	80-160 (16-32пдк)	>160 ($>32\text{пдк}$)
---------------------------	------------------	-------------------	-------------------	--------------------	----------------------	-----------------------------

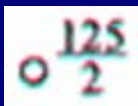
Шкала интенсивности загрязнения
поверхностных и грунтовых вод U, $\mu\text{г/т}$

0-5 ($<1\text{пдк}$)	5-10 (1-2пдк)	10-20 (2-4пдк)
---------------------------	------------------	-------------------

Ореолы ПД

Ореолы ПДК по природным водам;

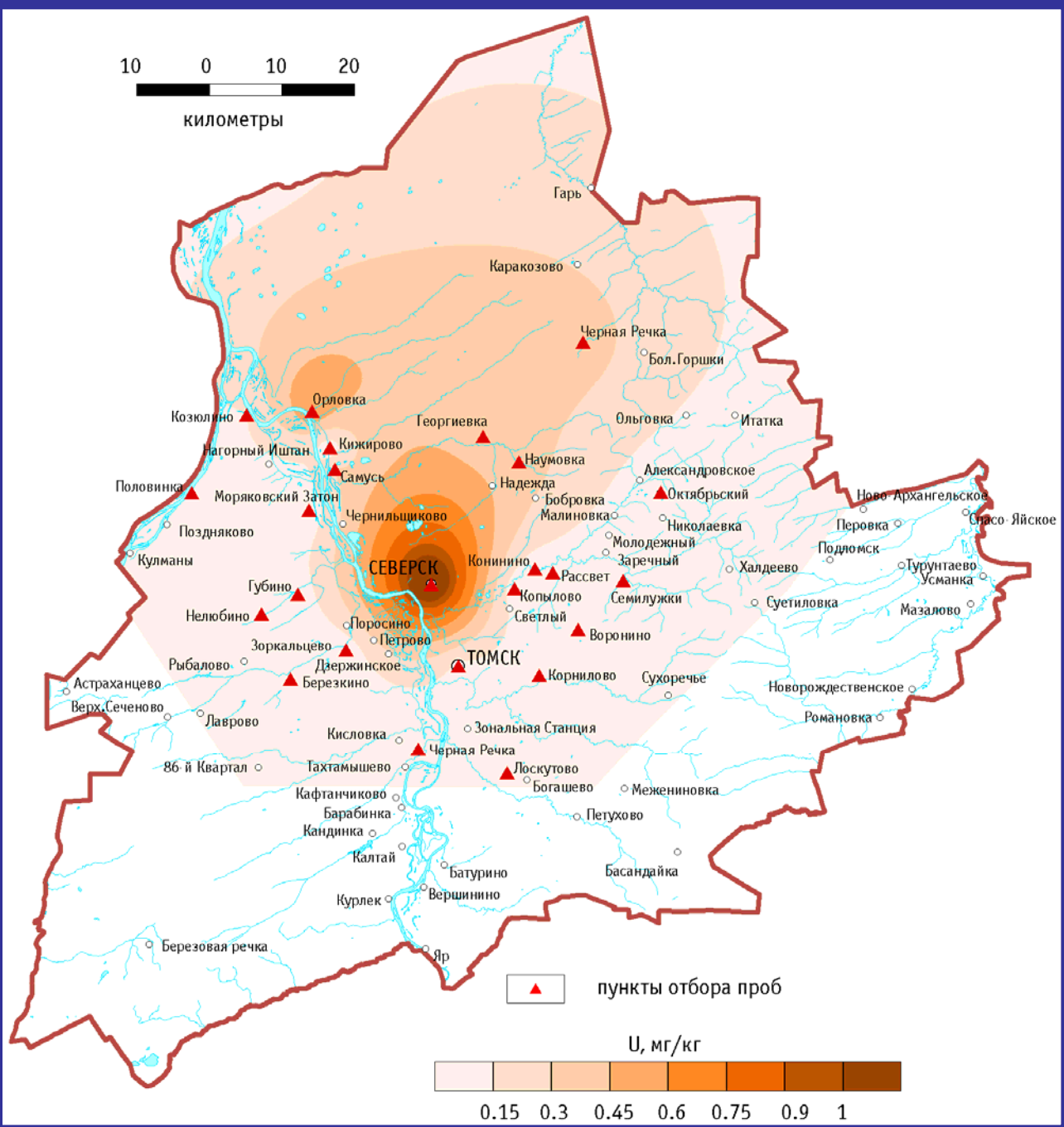
-  Донные осадки;
-  Почвогрунты;
-  Экогидрогеологические скважины;
-  Скважины сторонних организаций;
-  Поверхностные воды и донные осадки;
-  Колодцы;



Цифры: в числителе – номер водопrodukта; в знаменателе – содержание урана $\mu\text{г/т}$ в почвогрунтах, донных осадках.

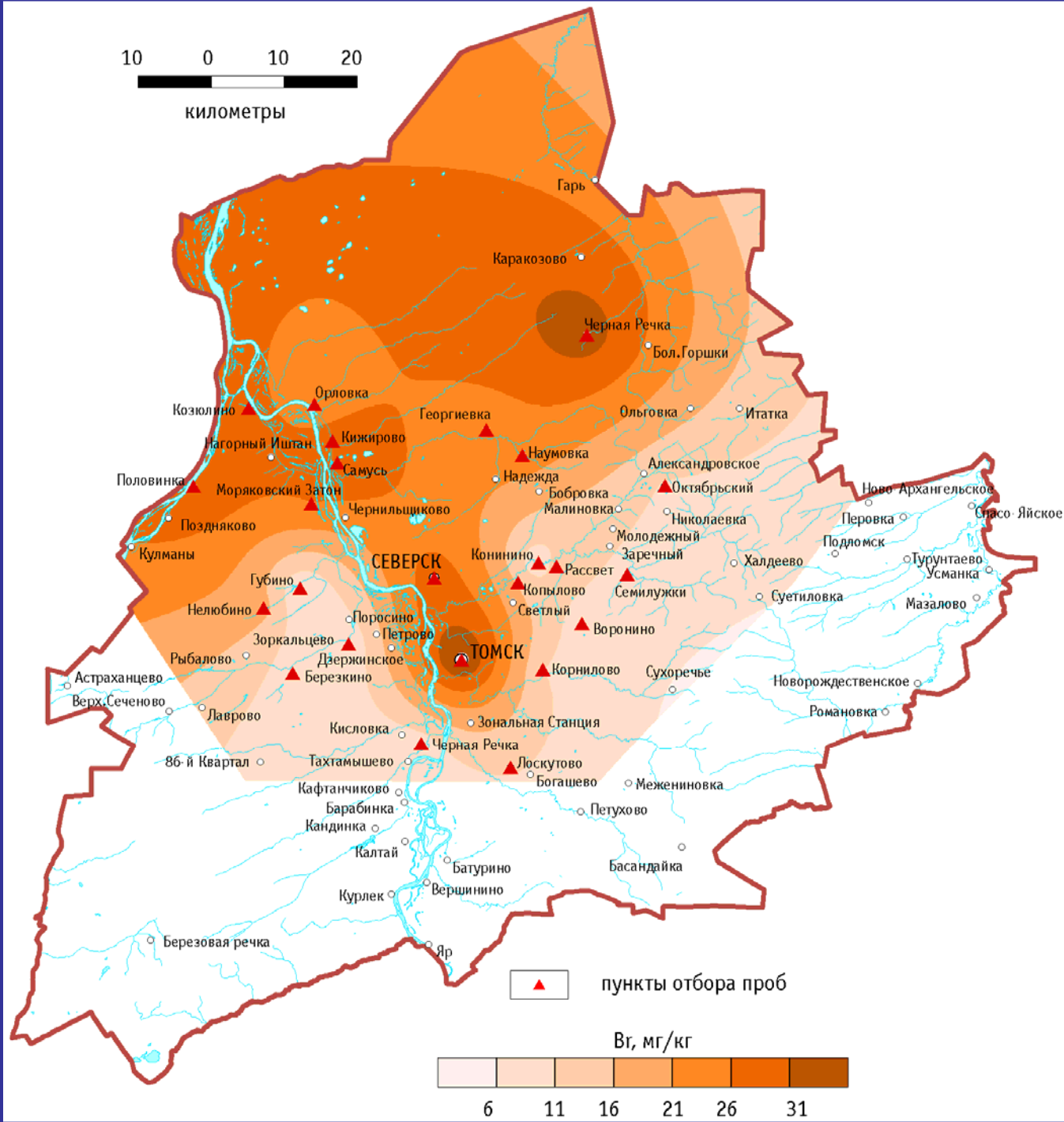


Цифры: в числителе – номер водопrodukта; в знаменателе – содержание урана $\mu\text{г/т}$ в почвогрунтах, донных осадках.

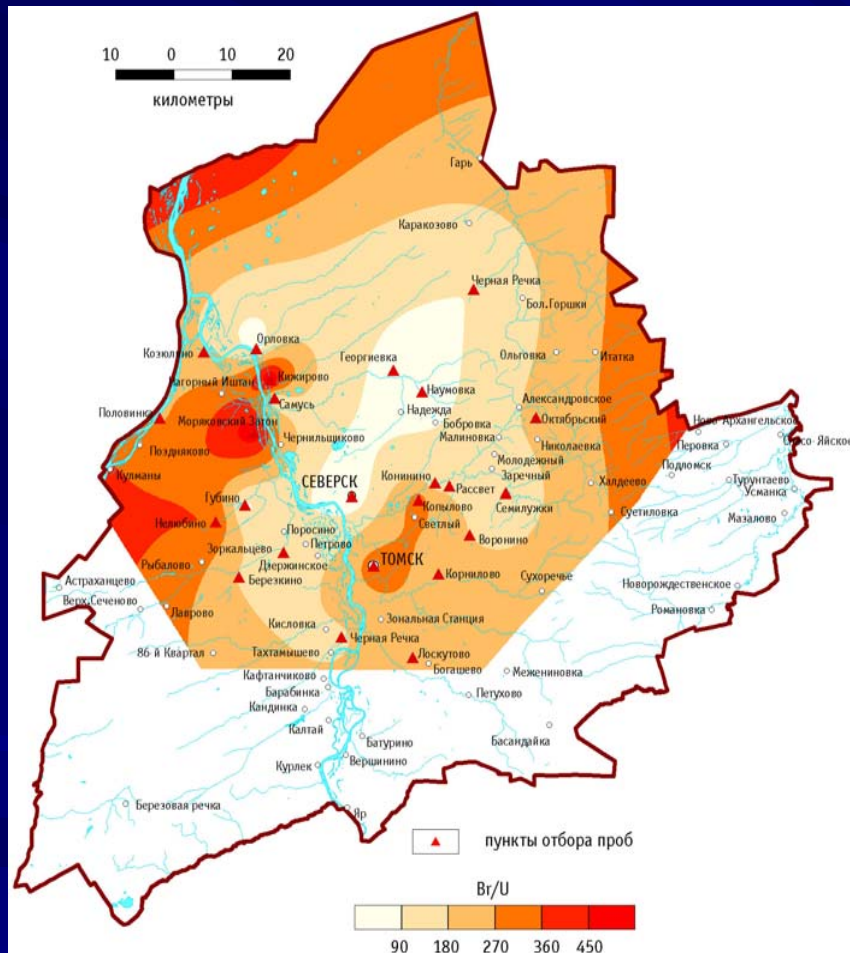


Уран в волосах детей Томского района

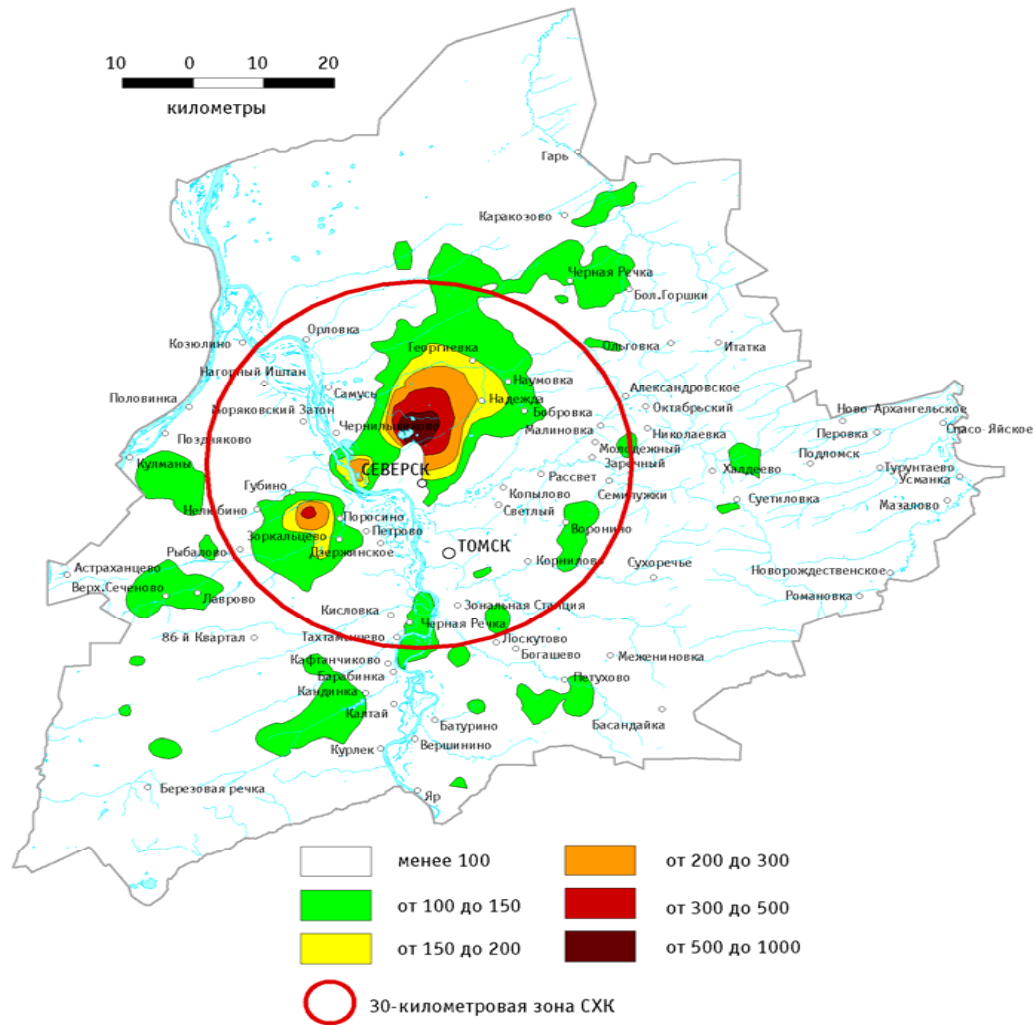
Бром в волосах детей Томского района



Zone of Br/U ratio in the human hair of the southern part of Tomsk region



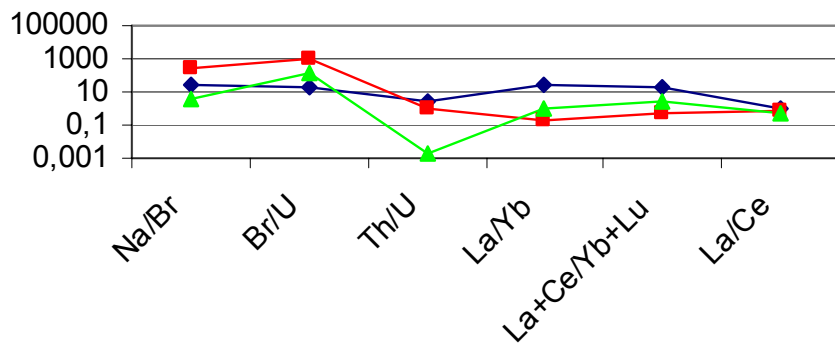
Low levels of this ratio correlate well with other indexes, for example, with ^{137}Cs in the zone of SCC.



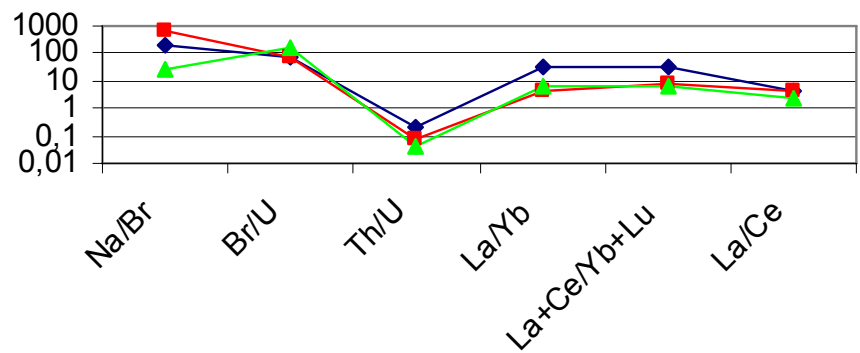
Цезий-137 в почвах Томского района (по данным Госгидромета РФ)

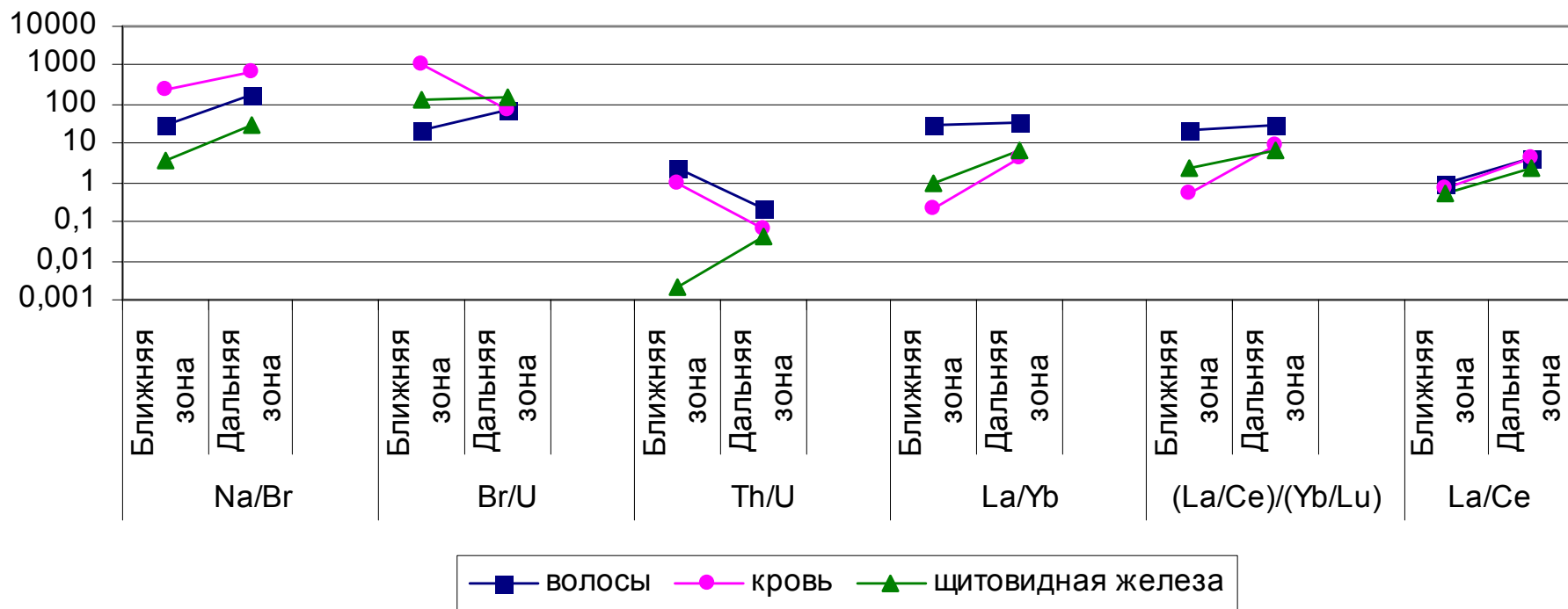
Индикаторные показатели отношений элементов

Ближняя зона



Дальняя зона





Зависимость химического состава от несовершенства используемых аналитических методов определения элементов в ЖВ

Этот фактор может быть **ОДНОЙ** из основных причин существенных колебаний содержания элементов.

Данная проблема касается не только анализа ЖВ, но и всех природных объектов, характеризующихся крайне неоднородным строением и распределением химических компонентов, их слагающих.

Достаточно вспомнить несколько афоризмов известного канадского геохимика Дэни М.Шоу (1969), таких как: **«всякая аналитическая методика даёт хорошие результаты лишь в той лаборатории, где она была разработана»**, или **«Геохимия это компиляция анализов неточных, невоспроизводимых и не согласующихся»**, чтобы понять, что проблема **воспроизводимости, точности и достоверности** применяемых аналитических методов анализа всегда была сложной проблемой и получение достоверных результатов всегда является мечтой каждого исследователя.

Рассмотренные выше
причины сильной
изменчивости содержания
элементов в ЖВ
соответственно
предъявляют **особые**
методические подходы к
отбору, подготовке и
анализу проб ЖВ.

Всё разнообразие химических элементов в ЖВ требовало систематизации и анализа.

Так, В.И.Вернадский все известные в ЖВ химические элементы (39) сгруппировал по декадам в зависимости от уровня их накопления.

В I-III декады им включены 10 химических элементов, встречающихся в человеке в концентрациях от 10^{-1} до 10% :O, C, H, Na, Ca, P, K, Na, Cl, S, позднее В.В.Ковальским эти элементы были включены в число, так называемых, **незаменимых элементов**, в число которых им были включены и другие 10 элементов, встречающихся в концентрациях 10^{-1} - 10^{-2} %- Mg, 10^{-2} - 10^{-3} -Zn, Fe. Перечень этих элементов весьма сходен с таковым, состоящим из 19 элементов, выделенных Н.М.Бовен (1966)

${}^1_1\text{H}$																		${}^2_2\text{He}$
${}^3_3\text{Li}$	${}^4_4\text{Be}$											${}^5_5\text{B}$	${}^6_6\text{C}$	${}^7_7\text{N}$	${}^8_8\text{O}$	${}^9_9\text{F}$	${}^{10}_{10}\text{Ne}$	
${}^{11}_{11}\text{Na}$	${}^{12}_{12}\text{Mg}$											${}^{13}_{13}\text{Al}$	${}^{14}_{14}\text{Si}$	${}^{15}_{15}\text{P}$	${}^{16}_{16}\text{S}$	${}^{17}_{17}\text{Cl}$	${}^{18}_{18}\text{Ar}$	
${}^{19}_{19}\text{K}$	${}^{20}_{20}\text{Ca}$	${}^{21}_{21}\text{Sc}$	${}^{22}_{22}\text{Ti}$	${}^{23}_{23}\text{V}$	${}^{24}_{24}\text{Cr}$	${}^{25}_{25}\text{Mn}$	${}^{26}_{26}\text{Fe}$	${}^{27}_{27}\text{Co}$	${}^{28}_{28}\text{Ni}$	${}^{29}_{29}\text{Cu}$	${}^{30}_{30}\text{Zn}$	${}^{32}_{32}\text{Ga}$	${}^{32}_{32}\text{Ge}$	${}^{33}_{33}\text{As}$	${}^{34}_{34}\text{Se}$	${}^{36}_{36}\text{Br}$	${}^{36}_{36}\text{Kr}$	
${}^{37}_{37}\text{Rb}$	${}^{38}_{38}\text{Sr}$	${}^{39}_{39}\text{Y}$	${}^{40}_{40}\text{Zr}$	${}^{41}_{41}\text{Nb}$	${}^{42}_{42}\text{Mo}$	${}^{43}_{43}\text{Tc}$	${}^{44}_{44}\text{Ru}$	${}^{45}_{45}\text{Rh}$	${}^{46}_{46}\text{Pd}$	${}^{47}_{47}\text{Ag}$	${}^{48}_{48}\text{Cd}$	${}^{49}_{49}\text{In}$	${}^{50}_{50}\text{Sn}$	${}^{51}_{51}\text{Sb}$	${}^{52}_{52}\text{Te}$	${}^{53}_{53}\text{I}$	${}^{54}_{54}\text{Xe}$	
${}^{55}_{55}\text{Cs}$	${}^{56}_{56}\text{Ba}$	${}^{57-71}$	${}^{72}_{72}\text{Hf}$	${}^{73}_{73}\text{Ta}$	${}^{74}_{74}\text{W}$	${}^{75}_{75}\text{Re}$	${}^{76}_{76}\text{Os}$	${}^{77}_{77}\text{Ir}$	${}^{78}_{78}\text{Pt}$	${}^{79}_{79}\text{Au}$	${}^{80}_{80}\text{Hg}$	${}^{81}_{81}\text{Tl}$	${}^{82}_{82}\text{Pb}$	${}^{83}_{83}\text{Bi}$	${}^{84}_{84}\text{Po}$	${}^{85}_{85}\text{At}$	${}^{86}_{86}\text{Rn}$	
${}^{87}_{87}\text{Fr}$	${}^{88}_{88}\text{Ra}$	${}^{89-103}$	${}^{104}_{104}\text{Db}$	${}^{105}_{105}\text{Jo}$	${}^{106}_{106}\text{Rf}$	${}^{107}_{107}\text{Bh}$	${}^{108}_{108}\text{Hn}$	${}^{109}_{109}\text{Mt}$	110	111	\bullet							
		${}^{57}_{57}\text{La}$	${}^{58}_{58}\text{Ce}$	${}^{59}_{59}\text{Pr}$	${}^{60}_{60}\text{Nd}$	${}^{61}_{61}\text{Pm}$	${}^{62}_{62}\text{Sm}$	${}^{63}_{63}\text{Eu}$	${}^{64}_{64}\text{Gd}$	${}^{65}_{65}\text{Tb}$	${}^{66}_{66}\text{Dy}$	${}^{67}_{67}\text{Ho}$	${}^{68}_{68}\text{Er}$	${}^{69}_{69}\text{Tm}$	${}^{70}_{70}\text{Yb}$	${}^{71}_{71}\text{Lu}$		
		${}^{89}_{89}\text{Ac}$	${}^{90}_{90}\text{Th}$	${}^{91}_{91}\text{Pa}$	${}^{92}_{92}\text{U}$	${}^{93}_{93}\text{Np}$	${}^{94}_{94}\text{Pu}$	${}^{95}_{95}\text{Am}$	${}^{96}_{96}\text{Cm}$	${}^{97}_{97}\text{Bk}$	${}^{98}_{98}\text{Cf}$	${}^{99}_{99}\text{Es}$	${}^{100}_{100}\text{Fm}$	${}^{101}_{101}\text{Md}$	${}^{102}_{102}\text{No}$	${}^{108}_{108}\text{Lr}$		

FIGURE 1 Periodic table illustrating major elements (pink), minor elements (blue), trace elements (yellow), and noble gases (gray) in the biosphere. Those in green are essential trace elements. Known established toxic elements are shown in red.

На существование взаимосвязи химии и медицины, как при возникновении заболеваний, так и их лечении обращал внимание уже великий врач **Парацельс** (Paracelsus, настоящее имя Филипп Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм, 1493-1541), который утверждал, **что все вещества яд и нет ничего чтобы не было ядом, но всё определяет доза, которая делает вещество ядом или лекарством**



Выделение токсичных элементов безусловно важно, но также важно помнить и другое, что очень чётко сформулировал Парацельс: *«ядовитыми могут быть любые вещества. Различие между ядом и лекарством состоит лишь в дозе»*

На наш взгляд для типизации химических элементов в ЖВ можно использовать подходы, реализуемые в кристаллохимии. Так, все известные в ЖВ химические элементы могут быть подразделены в зависимости от их роли в образовании стереохимических структур органических и неорганических соединений на следующие основные группы:

➤ **Главные структурообразующие (конституционные) химические элементы** простых молекул, участвующих в биохимических процессах.

К ним относятся такие элементы как H, C, O, N, S, P.

Так элементарный состав основных белков представлен: C- 50,6-54,5%; O- 21,5-23,5%; H-6,5-7,3%; N-15-17,6%; S- 0,3-2,5%.

➤ *Сопутствующие структурообразующие химические элементы*, которые могут входить или не входить в структуру некоторых специфических белков, например, ферментов, а также пигментов, витаминов, гормонов.

К химическим элементам этой группы следует отнести: Mg, Ca, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, также V, Cr, Ni, Mo, Cd.

➤ *Неструктурообразующие химические элементы*, к которым относится большинство химических элементов, не попадающих в 1 и 2 группы.

Формы нахождения этих химических элементов в ЖВ, как и в твёрдых телах самые разнообразные.

Они могут присутствовать в форме

- **Истинных**
- **Коллоидных**
- **Комплексных**

соединений, растворённых в H_2O

Вспомним, что на её долю в ЖВ приходится от 60 до 99% от веса организма.

В.И.Вернадский отмечал, что все организмы представляют собой полужидкие, а иногда жидкие водные системы.

Вода необходима для всех клеточных биохимических реакций и она является главным транспортирующим средством.

H_2O в ЖВ схожа с H_2O океана

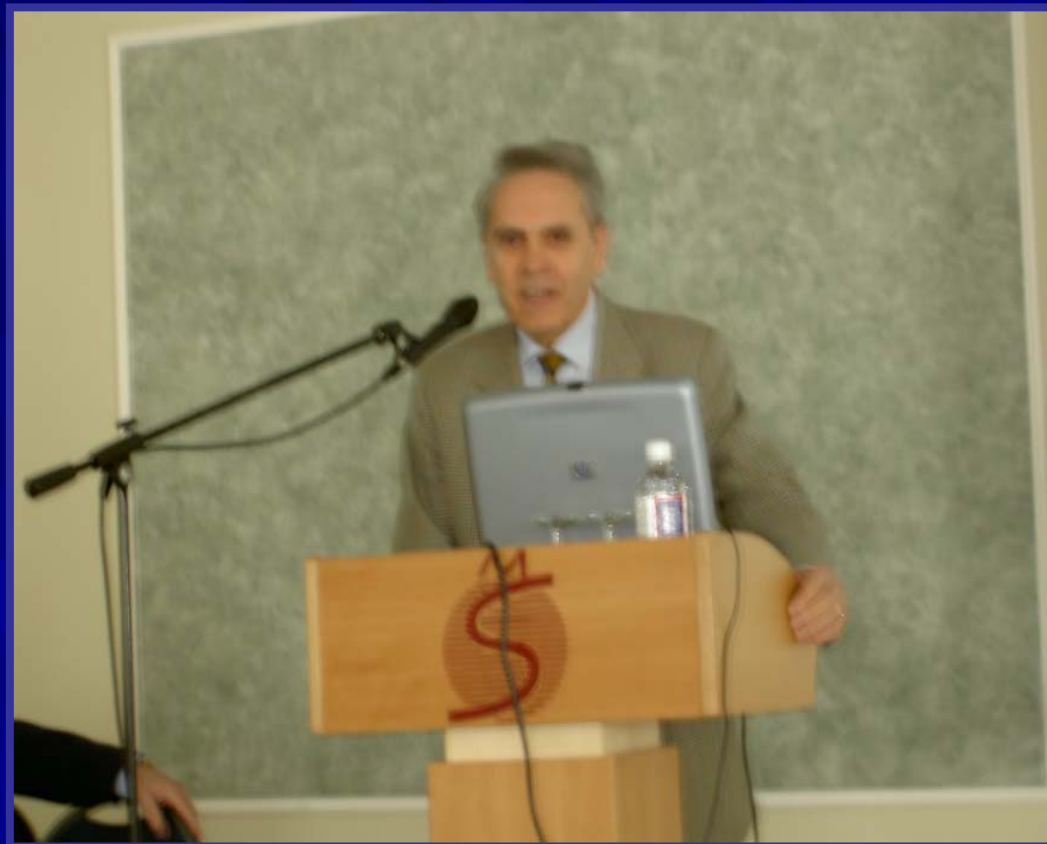
*На это также обращал внимание
В.И.Вернадский*

Кроме того,
неструктурообразующие химические элементы могут находиться в адсорбированном рассеянном состоянии на клеточных мембранах, кровеносных и лимфатических сосудах и т.д.

Они могут находиться в форме собственных минеральных образований, в том числе микронных и наномикронных размеров, формирующихся в процессе биохимических реакций в ЖВ.

**Современные методы исследования
вещественного состава (электронная
микроскопия и др.) позволяют
диагностировать нахождение многих
элементов в виде отдельных минералов
и наноминералов.**

Так, профессор Энрико Саббиони (Италия), неоднократно демонстрировал нахождение тех или иных наноминералов в клетках живых организмов, в том числе урана, карбонатов и др. при изучении «балканского синдрома» (как следствие использования в войне с Югославией боеголовок из уран-238)

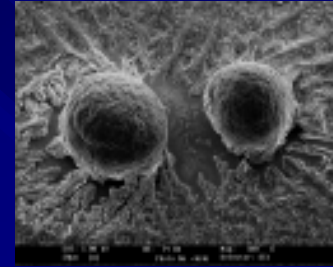


Enrico Sabbioni
Task Leader «Nanotoxicology»

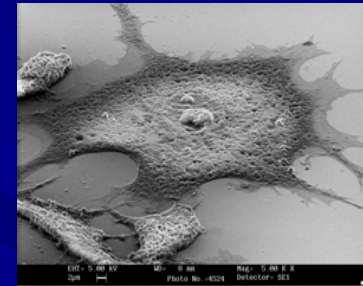
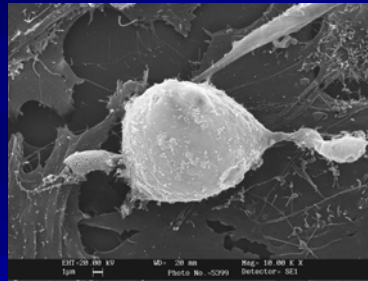
Внутриклеточные минеральные образования

IMETOX project: some typical *in vitro* models
currently used

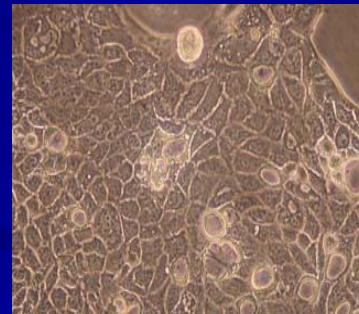
**Brain
aggregates
(neurotoxicity)**

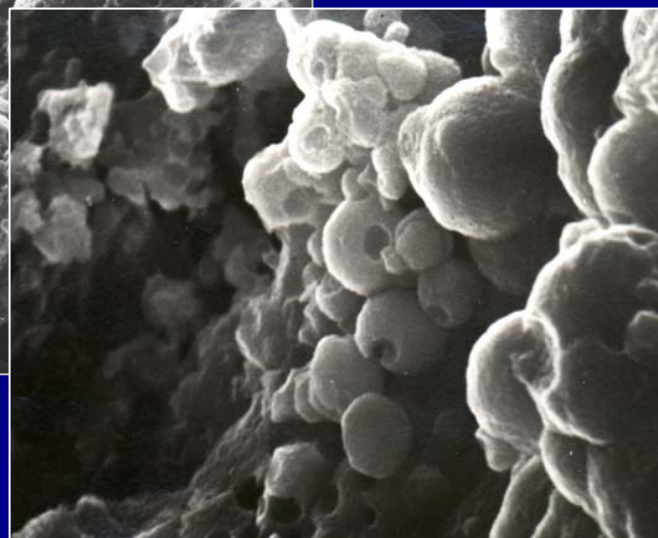
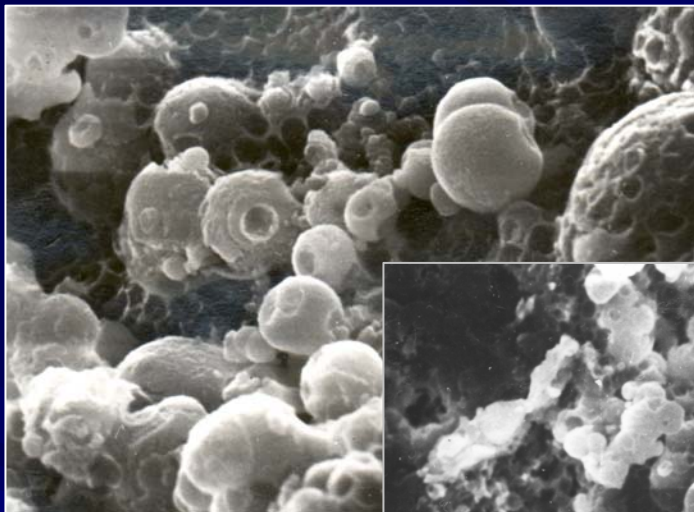


**Balb/3T3
(carcinogenic
potential)**



**Caco2
(epithelial
barrier)**



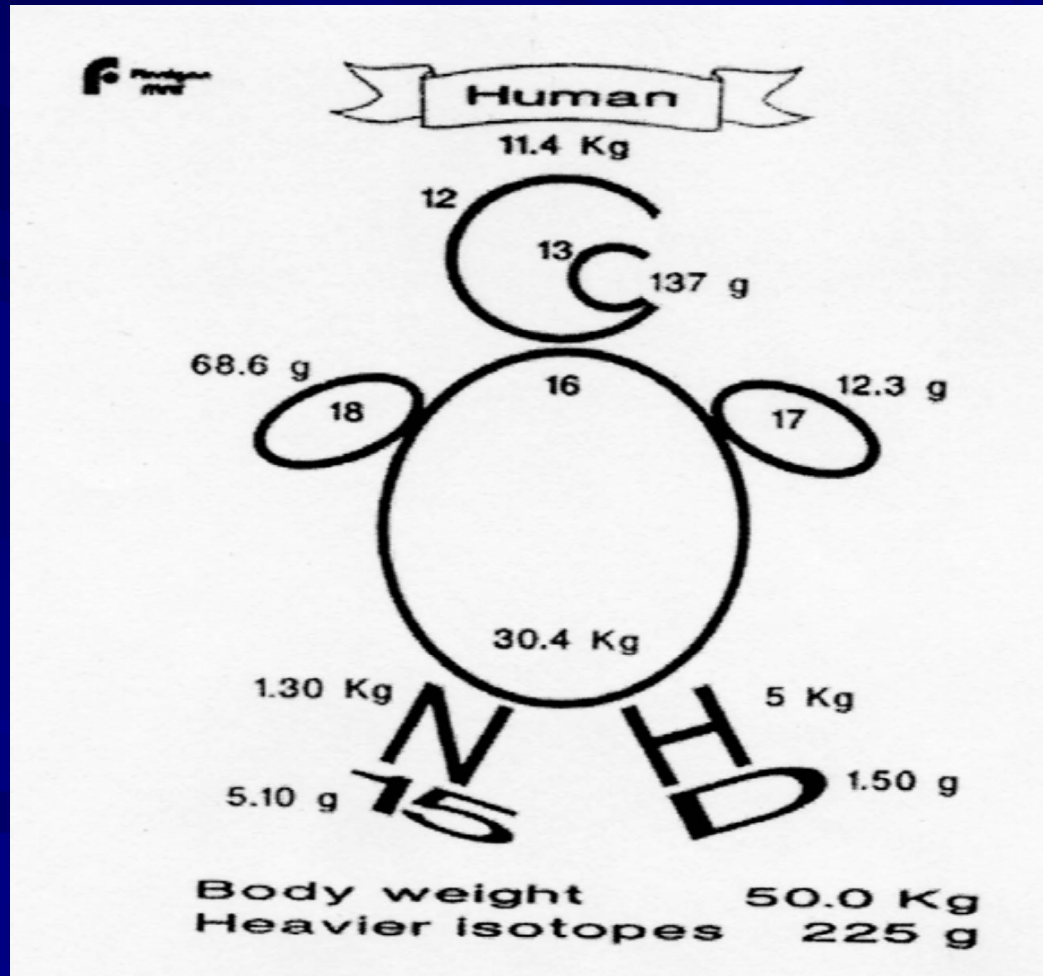


**Минеральные образования при различных заболеваниях
(по В.Т.Волкову и др.)**

Провести чёткую границу между элементами 2-ой и 3-ей групп бывает крайне затруднительно. Например, соединение U^{+6} , который образует уранильную группировку UO_2^{+2} и, который, в силу своих физико-химических свойств, казалось бы не должен входить в какие-либо структуры ЖВ как структурообразующий элемент 2-ой группы, обнаруживает, что в ряде случаев он обладает этим свойством.

**ЖВ, как отмечал
В.И.Вернадский, состоит
из чистых изотопов и
что оно способно
разлагать смеси
изотопов и избирать из
них некоторые.**

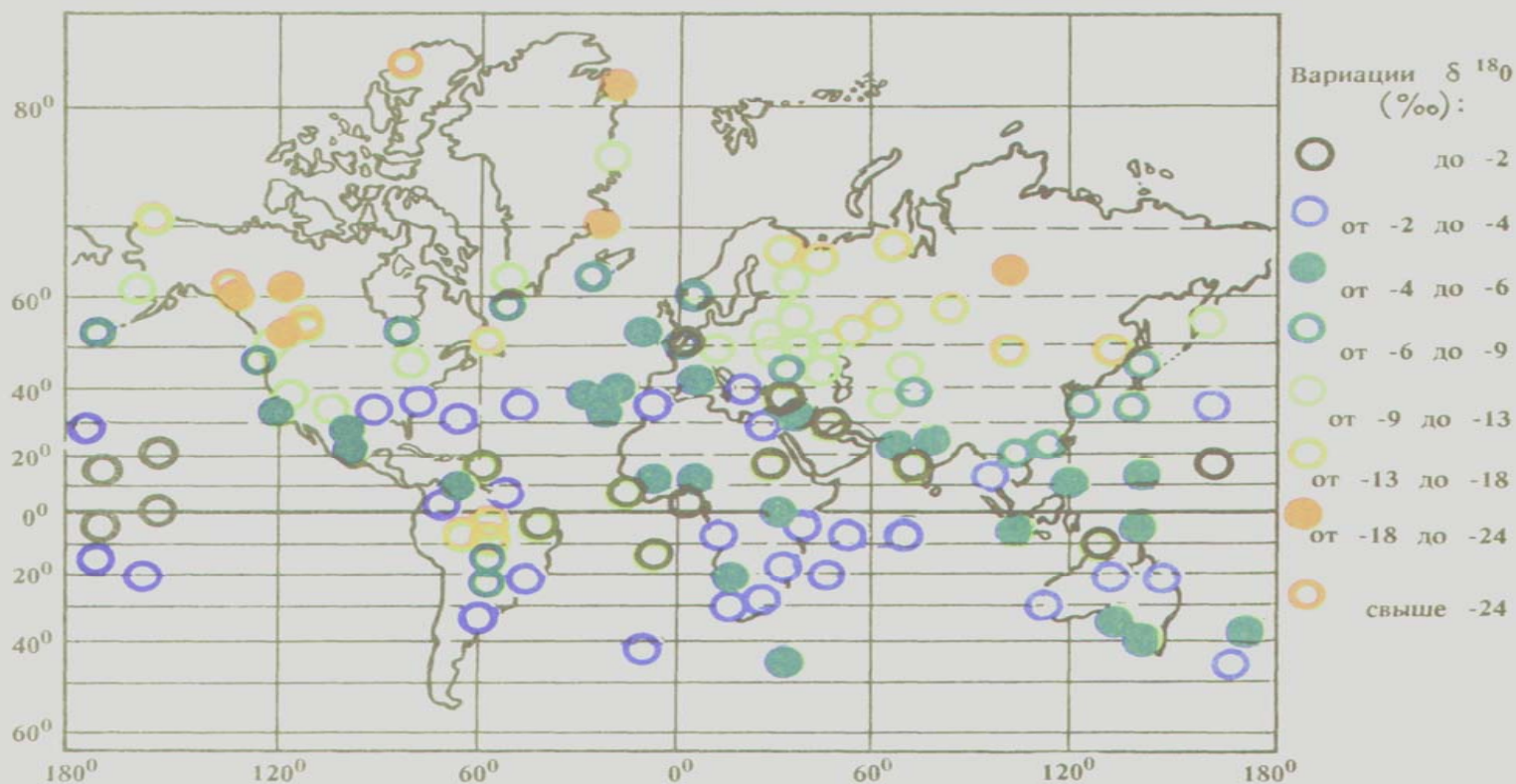
ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ЧЕЛОВЕКА (по Г.Кроузу, 1990)



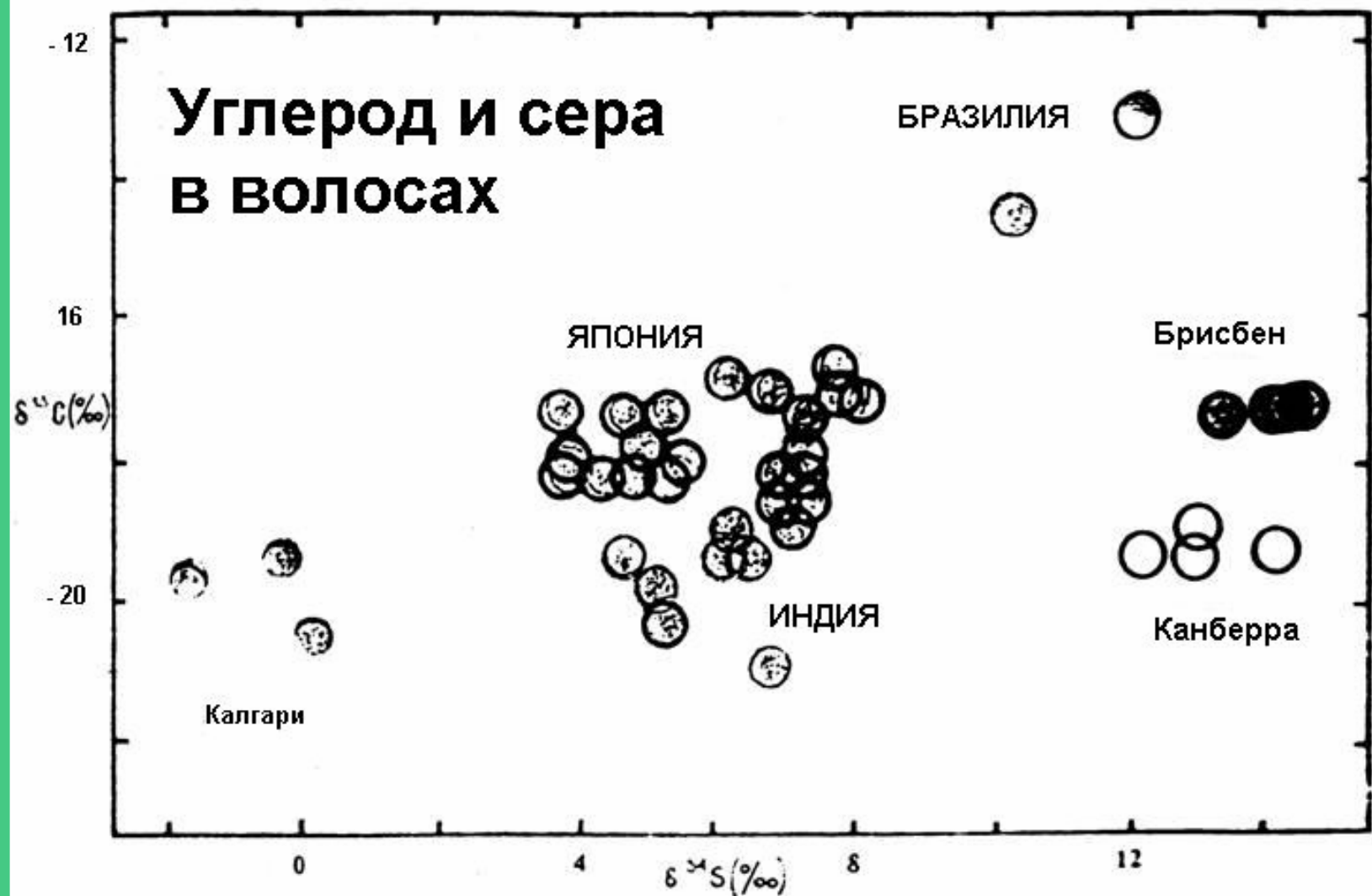
Изотопный состав атмосферных осадков в различных регионах планеты (по Г. Кроузу 1990)

Стабильные изотопы и живые существа

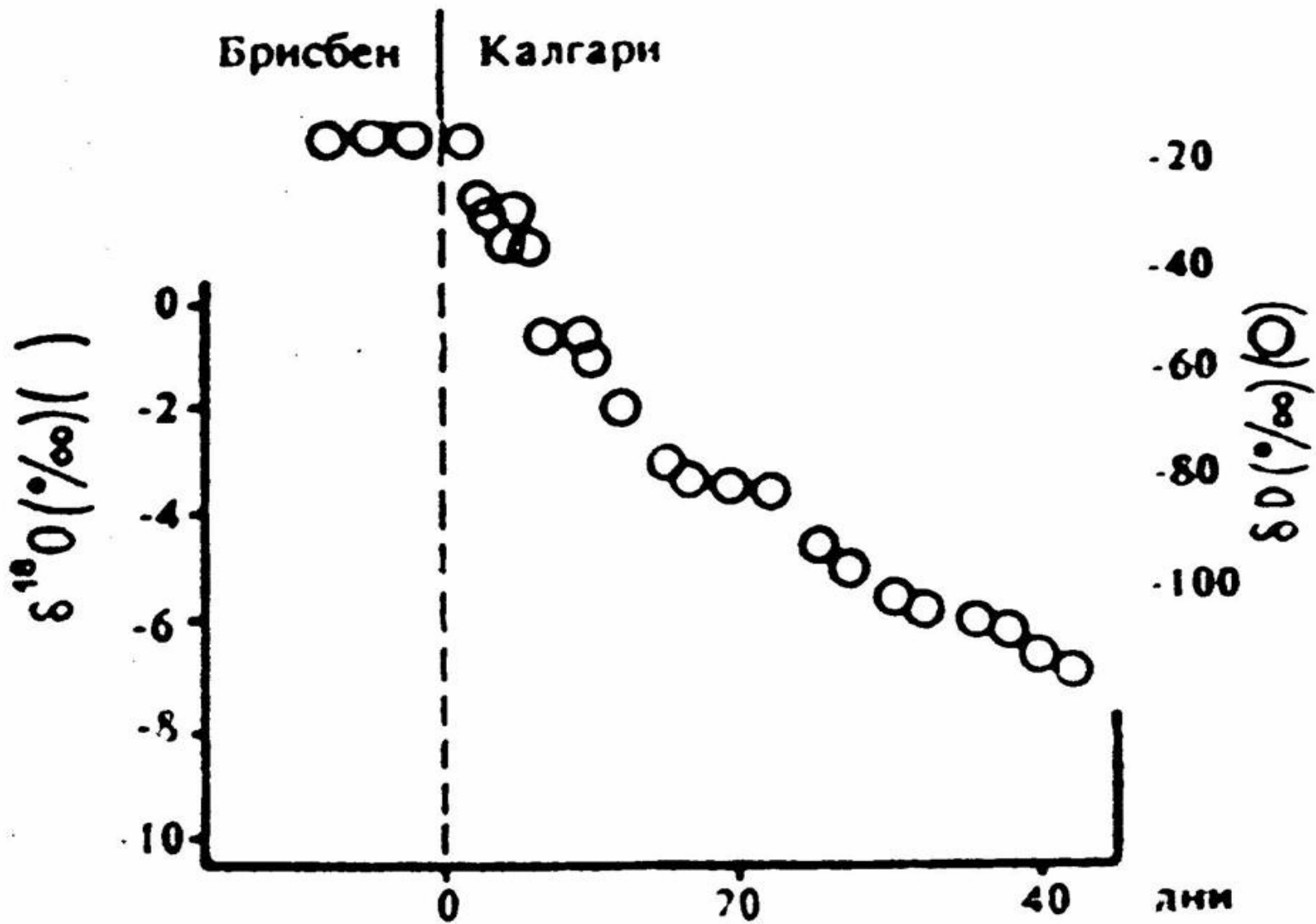
35



Углерод и сера в волосах



**Удивительную
реакцию по изменению
изотопного состава
демонстрирует
человеческий
организм на смену
места проживания
(Кроуз, 1990)**



Реакция организма человека на перелет из Австралии в Канаду. Изменение изотопного состава водорода и кислорода (по Г.Р. Кроузу, 1998 г.)

В.П.Казначеев многократно в своих работах показывал, что соотношение в клетках человека ^{12}C и ^{13}C за 8-12 лет проживания его на Севере изменяются в сторону ^{12}C , после чего организм резко стареет.

За 80 лет со дня публикации В.И.Вернадским своего фундаментального труда «Биосфера» и статей, посвящённых химическому составу живого вещества, многие вопросы, поставленные великим естествоиспытателем, так и остались далеки от своего решения.

Прежде всего, это касается вопроса о **количественной оценке** содержания элементов в ЖВ. **«Главным недостатком является отсутствие полного элементарного анализа живого вещества...Мы не имеем их даже, например, для такого организма, каким является человек, организм которого изучается уже целые столетия...»**, писал В.И.Вернадский 84 года назад.

ВЫВОДЫ

- Отсутствие полноценных данных об элементном составе человека с учетом региональных условий его проживания ставят под сомнение возможность использования индикаторной роли химических элементов для установления нарушения минерального обмена и развития патологий у человека.
- Решение этого одного из краеугольных камней биогеохимии является чрезвычайно актуальной и реализуемой задачей. Этому будут способствовать появление новых аналитических возможностей (развитие методов масс-спектрометрии, в том числе JCP-MS, электронной микроскопии), а также активного развития международного сотрудничества , в том числе в рамках реализации комплексных международных программ. Одной из таких программ могла бы стать программа «Геохимия живого вещества».
- Представляется важным и необходимым изучение химического состава ЖВ разных царств: бактерий, протоктист, грибов, растений, животных и на разных структурных уровнях их организации и здесь необходимо тесное сотрудничество биологов, микробиологов, аналитиков и геохимиков.
- Чрезвычайно важно изучение геохимических особенностей патологически измененных тканей и органов животных и человека, исследование динамики изменения элементного состава на разных стадиях развития болезни. Это может стать одним из возможных диагностических признаков развития патологий, их профилактики и лечения.