



ХИМИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

***Лекция 4
1 курс_МБФ_Биология***

И создал Господь Бог человека из **праха земного** и вдунул в лицо его дыхание жизни, и стал человек с душою.....

Библия, Ветхий завет

Мы создали человека из **пыли и грязи**, отлитой в форме.

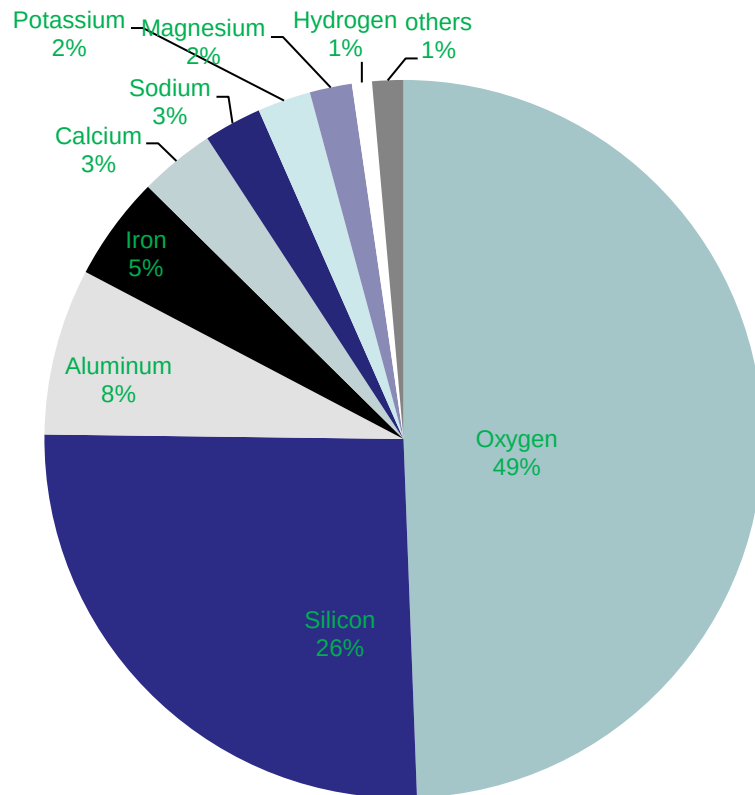
Коран

Разгадка жизни не может быть получена путем изучения только живых организмов. Для решения проблемы необходимо обратиться к первоисточникам жизни – **земной коре**, т.е. к свойствам **химических элементов**, составляющих ее...

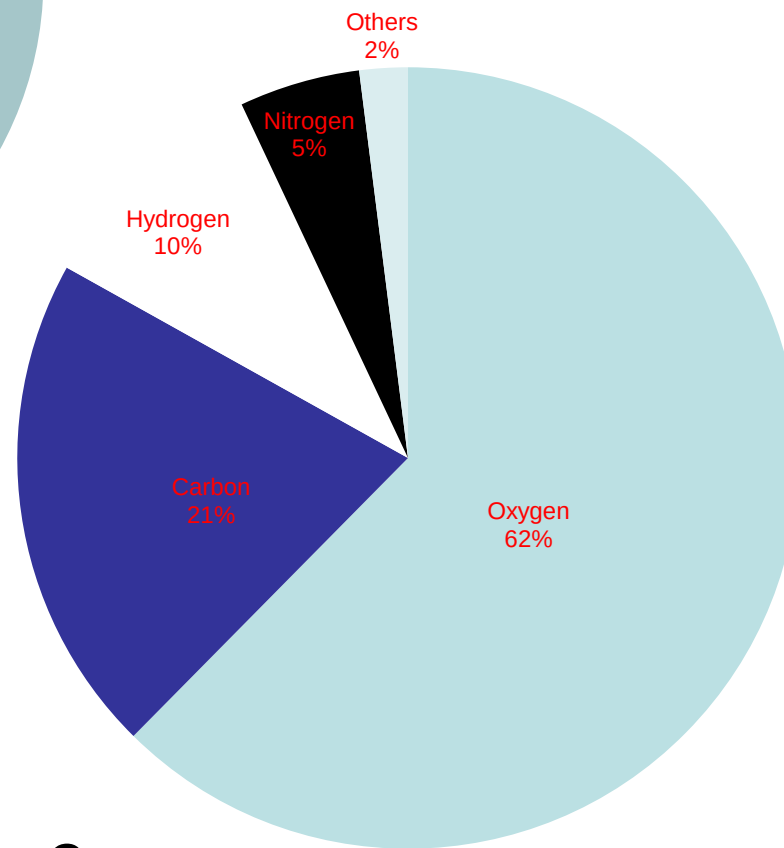
В.И.Вернадский

ЦЕЛЬ

- получение современных знаний о роли микроэлементов в диагностике, профилактике, лечении заболеваний и укреплении здоровья



Распространенность в земной коре



Содержание в теле человека

Учение о биосфере

(австр. геолог Зюсс Э., 1875)

По Вернадскому:



Владимир Иванович
Вернадский

Биосфера (от греч. *bios*-жизнь и *sphàira*-шар) - часть земной оболочки, занятой растительными и животными организмами и переработанная ими и космическими излучениями и приспособленная к жизни.

Современные представления:

Биосфера — область существования и функционирования ныне живущих организмов, охватывающая нижнюю часть атмосферы, всю гидросферу, поверхность суши (террабиосфера) и верхние слои литосферы.

Важным этапом необратимой эволюции биосферы Вернадский считал её переход в стадию **ноосферы** ("**ноос**" - **разум**). Под **ноосферой** понимают **сферу взаимодействия природы и общества**. Ноосфера - новое эмоциональное состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится решающим фактором ее развития.

- **БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ** - элементы, необходимые для построения и жизнедеятельности различных клеток и организмов.
- **ОРГАНОГЕНЫ** - C, H, O, N, P, S – эти элементы составляют 97,4% . Органогеном №1 является – углерод

Элемент	O	C	H	N	P	S
Массовая доля в организме, %	62	21	10	3	1	0,1

Критерии биогенности

- **Растворимость соединений элемента в воде** (чем лучше растворимость природных соединений элемента в воде, тем выше массовая доля этого элемента в организме).
- **Размеры атомов** (чем меньше порядковый номер элемента, тем больше его массовая доля в организме, т.к. тем меньше заряд ядра и радиус атома и тем легче элементу внедряться в живые системы)
- **Способность приобретать устойчивую электронную конфигурацию** - эта способность является причиной прочности связей элемента в соединении и устойчивости образующейся биохимической структуры.

Элементы 1-3-й групп ПСЭ отдают 1-3 электрона:



Элементы 4-7-й групп ПСЭ принимают 4-1 электрона:



- **Способность к образованию прочных полярных ковалентных связей, кратных связей, созданию сопряженных систем**
- **Склонность к комплексообразованию** (максимальна для d-элементов, имеющих большой заряд ядра и значительное количество вакантных орбиталей. Катионы “металлов жизни”- Fe, Zn, Cu, Co, Mn, Mo – in vivo соединяются с биолигандами, образуя жизненно необходимые комплексы, например, гемоглобин (Fe^{2+}), витамин B_{12} (Co^{3+}), карбоангидразу (Zn^{2+}) и др.

Организм человека состоит из:

60 % воды

34 % органические вещества

6 % неорганические вещества

Десять металлов, жизненно необходимых для организма, получили название «**металлы жизни**». Так, установлено, что в организме человека массой 70 кг содержание «металлов жизни» составляет (в г):

- кальция – 1700;
- калия - 250;
- натрия – 70;
- магния – 42;
- железа – 5;
- цинка – 3;
- меди – 0,2;
- марганца, молибдена и кобальта, вместе взятых – менее 0,1.



В неорганических веществах организма человека **ОБЯЗАТЕЛЬНО** присутствуют **22** химических элемента: Ca, P, O, Na, Mg, S, B, Cl, K, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cr, Si, I, F, Se

Россия, Южный ФО, Волгоградская область, г. Волгоград

В воде этого района присутствует микробное загрязнение:

Неудовлетворительные бактериологические пробы говорят о наличии в вашей воде микробов, способных вызвать острые кишечные инфекции. Это может быть связано с фекальным загрязнением (например, сбросом канализации в воду) или с другими причинами, приводящими к тому, что вода оказывается загрязнена микробами.

 **Общие колиформы** неудовлетворительные пробы – **16.70 %** 

 **Термотолерантные колиформные бактерии** неудовлетворительные пробы – **8.30 %** 

 **Другие** неудовлетворительные пробы – **8.30 %** 

В воде этого района превышено содержание химических элементов:

 **Железо** – **0.9000 мг/л**  что в 3.00 раз выше нормы. (Норма: 0.3000 мг/л)

 **Хлориды** – **830.0000 мг/л**  что в 2.37 раз выше нормы. (Норма: 350.0000 мг/л)

Наличие в воде данных элементов повышает риски для здоровья:

-  [Риск развития болезней пищеварительной системы](#)
-  [Риск развития болезней крови](#)
-  [Риск снижения иммунитета](#)
-  [Риск развития болезней кожи и выпадения волос](#)

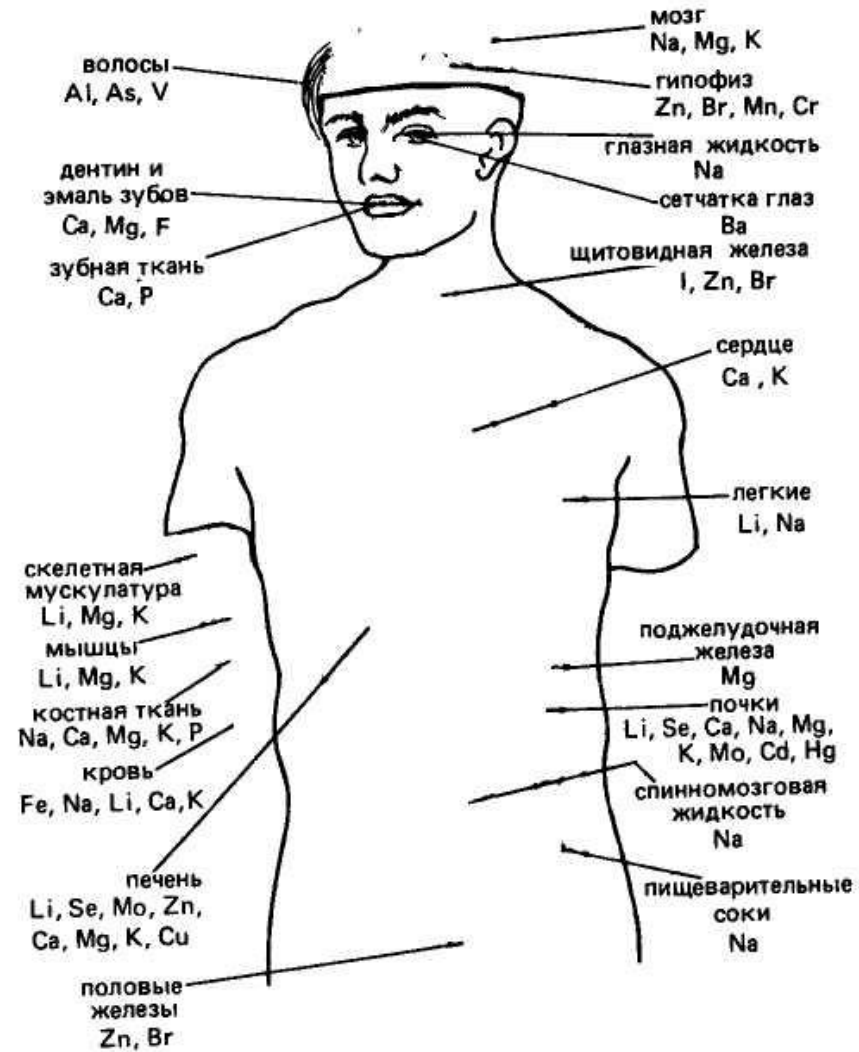
В воде этого района не превышено содержание химических элементов:

 **Алюминий** – **0.0500 мг/л**  (Норма: 0.2000 мг/л)

 **Фтор** – **0.2700 мг/л**  (Норма: 1.2000 мг/л)



ТОПОГРАФИЯ



Классификация элементов

В зависимости от массовой доли в организме человека
(В. И. Вернадский)

1. Макроэлементы (10^{-2} %) – H, O, C, N, P, S, Ca, Na, Mg, K, Cl
2. Микроэлементы (от 10^{-3} до 10^{-5} %) - I, Cu, As, F, Br, Sr, Ba, Co
3. Ультрамикроэлементы (ниже 10^{-5} %) – Hg, Au, U, Th, Ra

Исходя из значимости для жизнедеятельности (В.В.Ковальский)

1. Незаменимые (жизненно необходимые) элементы – H, O, C, P, N, S, Ca, K, Na, Mg, F, Cl, I, Mn, Cu, Co, Fe, Zn, Mo, V + Ni, Se
2. Примесные элементы, постоянно содержащиеся в организме – Ga, Br, Li, Al, As, Pb, Bi, Cr, Ag и пр.
3. Примесные элементы, обнаруженные в организме – Sc, Tl, La, Sm, и пр

Типы элементов и их соединений в зависимости от их поведения в организме человека:

1. Необходимые – при их недостатке возникают функциональные нарушения, устраняемые путем введения в организм этого элемента.
2. Стимуляторы - проявляют избирательное активирующее действие на функции организма.
3. Терапевтические агенты – лекарственные препараты
4. Инертные – не оказывают никакого воздействия
5. Токсичные – причиняют вред организму, иногда – необратимый, что ведет к функциональным нарушениям, деформациям, смерти.

В зависимости от концентрации и времени контакта элемент может действовать по одному из пяти указанных типов (в одном и том же организме).

Жизненно необходимые элементы

- **Постоянно присутствует в организмах в количествах, сходных у разных индивидуумов**
- **Ткани по содержанию данного элемента всегда располагаются в определенном порядке**
- **Синтетический рацион, не содержащий этого элемента, вызывает у животных характерные симптомы недостаточности и определенные биохимические изменения в тканях**
- **Эти симптомы и изменения могут быть предотвращены или устранены путем добавления данного элемента в пищу**

15 жизненно необходимых элементов

- 9 Катионов Ca^{2+} , Na^{+} , K^{+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+}
- 6 Анионов Cl^{-} , I^{-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , MoO_4^{2-} и SeO_3^{2-}

Биологический ответ



«Все есть яд, и ничто не лишено ядовитости, одна лишь доза делает яд незаметным»

Условно элементы можно разделить на токсичные и нетоксичные.

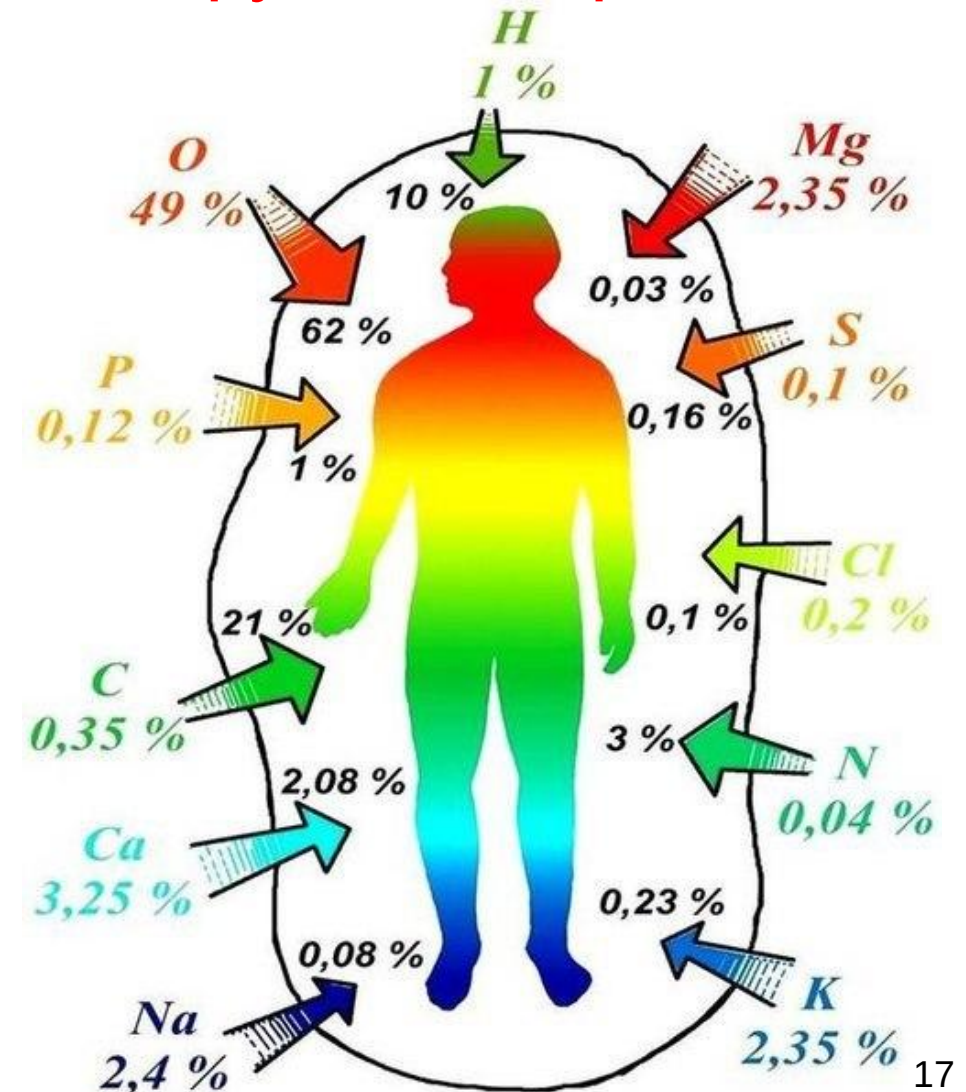
Токсичные элементы – химические элементы, оказывающие отрицательное влияние на живые организмы, которое проявляется только при достижении некоторой концентрации, определяемой природой организма.

Потенциально опасные металлы, наличие которых даже в следовых количествах подвергает риску отравления: Li (I), **Be (II)**, Al (III), V (V), **Cr (III)**, Mn (II), Te (II), Co (II), **Ni (II)**, **Cu (II)**, Zn (II), Sr (II), Mo (VI), Ag (I), **Cd (II)**, Sn (IV), Sb (III), Cs (I), **Hg (II)**, **Pb (II)**, U (VI), Pu (III).

Group	1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Period																			
1	1 H																		2 He
2	3 Li	4 Be												5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg												13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca		21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr		39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	*	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	**	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Re	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
*Lanthanoids		*	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb			
**Actinoids		**	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No			

Стабильность химического статуса организма – важнейшее и обязательное условие нормального функционирования

- Причины отклонений:
 - Экологические
 - Профессиональные
 - Климатографические
 - Заболевания

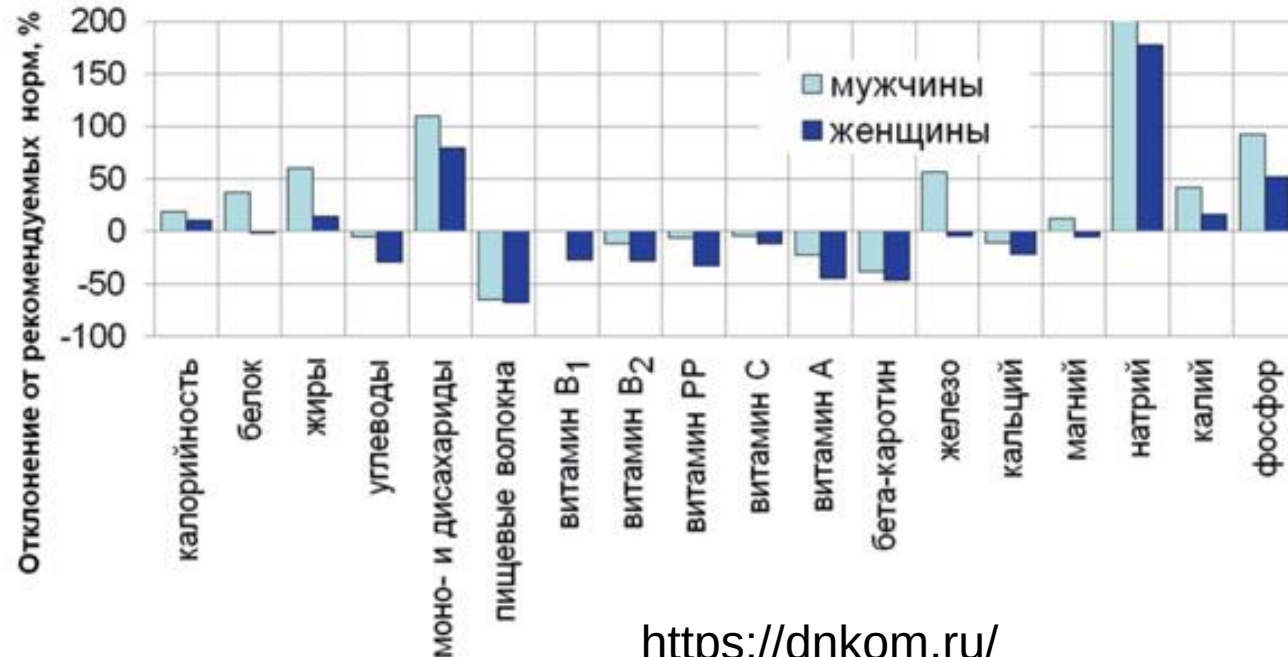


Поступление в организм и выведение из него:

- Поступление:
 - Пища и вода
 - Ингаляционным путем (Si, I)
- Выведение:
 - Моча (Fe, I, Co, Br и т.д.)
 - Пот (Se, Pb, F)
 - Волосы и кожа (Hg)
 - Кал

От нехватки витаминов и микроэлементов страдает около 80% россиян.

- Сердце и сосуды +19% (Cr, Cu, Mg, K, Se)
- Хронический бронхит +56% (Cu, I, Fe, Mg, Se, Zn)
- Астма +88% (Mg, Co, Mn)
- Костные деформации +47% (Ca, Cu, Mg, F, Si, B)



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА

- ПУТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ:
 - Прямой
 - Косвенно – изучение биохимических реакций, в которые вовлечены элементы
-
- НАИБОЛЕЕ ИНФОРМАТИВНЫ:
 - Ткани и органы «депонирования»
 - Ткани и органы «аккумуляции»

**Информативность определения химических элементов в крови,
моче и волосах (Krause C. et al., 1989; Sabbioni E. et al., 1992)**

Элемент	Кровь	Моча	Волосы	Элемент	Кровь	Моча	Волосы
As	+	+	+	Fe			+
Al			+	Pb	+		+
Ba			+	Mg			+
Bi	+			Hg	+	+	
B			+	P			+
Cd	+	+	+	Se	+		
Ca	+	+	+	Ag	+		
Cr	+	+		Sr			+
Co	+			Tl	+		
Cu	+	+	+	Zn	+		+

Пример (прямое определение, кровь)

№ направления:	1026764242	дата:	2023-08-12	Фамилия:	Лисина
ЛПУ:	8482 - г. Волгоград, бульвар 30-летия Победы, д. 70	Имя:	Светлана Викторовна		
В:	3000	Дата рождения:	1975-08-06		
Адрес пациента:				Пол:	женский

Наименование исследования	Результат	Ед. изм.	Нормальные значения
МИКРОЭЛЕМЕНТЫ			
Бор в крови, спектрометрия (B)	123.8	мкг/л	50.0-210.0
Натрий в крови, спектрометрия (Na)	3281	мг/л	2900-3588
Магний в крови, спектрометрия (Mg)	24.2	мг/л	16.0-26.0
Алюминий в крови, спектрометрия (Al)	<10.00	мкг/л	0.00-15.00
Кремний в крови, спектрометрия (Si)	195.4	мкг/л	30.0-900.0
Калий в крови, спектрометрия (K)	147	мг/л	136-210
Литий в крови, спектрометрия (Li)	13.43	мкг/л	1.00-35.00
Кальций в крови, спектрометрия (Ca)	103.8	мг/л	92.0-110.0
Титан в крови, спектрометрия (Ti)	<3.00	мкг/л	0.00-5.00
Хром в крови, спектрометрия (Cr)	1.37	мкг/л	0.00-3.10
Марганец в крови, спектрометрия (Mn)	<1.00	мкг/л	0.00-3.00
Железо в крови, спектрометрия (Fe)	675	мкг/л	300-1700
Кобальт в крови, спектрометрия (Co)	0.454	мкг/л	0.000-1.000
Медь в крови, спектрометрия (Cu)	999	мкг/л	570-1550
Никель в крови, спектрометрия (Ni)	<0.50	мкг/л	0.00-10.00
Цинк в крови, спектрометрия (Zn)	911	мкг/л	600-1200
Мышьяк в крови, спектрометрия (As)	0.72	мкг/л	0.00-12.00
Селен в крови, спектрометрия (Se)	128.6	мкг/л	23.0-190.0
Молибден в крови, спектрометрия (Mo)	1.18	мкг/л	0.30-2.00
Кадмий в крови, спектрометрия (Cd)	0.18	мкг/л	0.00-5.00
. Кадмий Cd (K)(M76-12): Некурящие: 0,1 - 0,5 мкг/л;\X0D\ Курящие: 0,6 - 3,9 мкг/л;\X0D\ Токсичность: 100 - 3000 мкг/л;			
Сурьма в крови, спектрометрия (Sb)	1.64	мкг/л	0.00-10.00
Ртуть в крови, спектрометрия (Hg)	0.10	мкг/л	0.00-5.00
Свинец в крови, спектрометрия (Pb)	6.47	мкг/л	0.00-49.00

КОСВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ

	Кинетический индикатор	Динамический индикатор
Al	Плазма	Щелочная фосфатаза
As	Моча, волосы, ногти	Аминолевулиновая кислота, фетальный эритропротеин
Pb	Цельная кровь, моча	Аминолевулиновая кислота, нервно-мышечная проводимость
Cd	Цельная кровь, моча	Микроглобулин
Cr	Эритроциты	Гиалуронидаза, тест на толерантность к глюкозе, насыщенность трансферрина хромом
Fe	Плазма	Ферритин, насыщенность железом трансферрина
I	Моча и плазма	Иод, связанный с белком
Cu	Плазма, волосы	Церулоплазмин, дофамин-гидроксилаза
Se	Моча, волосы и плазма	Глутатион-пероксидаза
Zn	Моча, плазма и волосы	Ретинолсвязывающий белок, активность карбоангидразы, изменения вкуса и обоняния

Что влияет?

- Термическая обработка
- Место произрастания
- Потребление сахара (сладкие газированные напитки) – требуется больше Cu, Zn, Cr. Россия-потребление сахара на душу населения превысило 120 г в день (норма 25 г/сут).
- Консервирование продуктов (горошек Cu -50%, Zn -40%, Mg -45%)

	Фрукты	Овощи
Кальций	-18%	-38%
Магний	-37%	-55%
Железо	-53%	-42%
Медь	-57%	-99%

Искусственное обогащение продуктов питания
БАДами, витаминными комплексами



Учение о биотиках

(А.И.Венчиков)

- **БИОТИКИ** — химические вещества экзогенного происхождения, входя в биохимические структуры и системы организма способны **не только участвовать** в качестве жизненно необходимых агентов в ходе физиологических процессов, **но и нормализовать** их, а так же **повышать сопротивляемость** организма действию на него вредных агентов.

Учение о биотиках (А.И.Венчиков)

- Биоэлементология и медицинская элементология
- Принципы воздействия на живые организмы:
 - Прямое влияние (антибиотики – токсичны)
 - Косвенное влияние – повышение защитных свойств организма (витамины, макро, микро, ультрамикроэлементы)



Российский учёный, доктор медицинских наук, профессор, основатель научной школы биоэлементологии *Анатолий Викторович Скальный*: **«30% всех нарушений биоэлементов у людей обусловлены неправильным лечением и самолечением»**



Микроэлементозы

(акад. РАМН А. П. Авцын)

- **Микроэлементоз** – патологический процесс, вызванный дефицитом, избытком или дисбалансом макро- и микроэлементов.
 - Техногенные
 - Ятрогенные
 - Эндогенные
 - Экзогенные

➤ **Природные эндогенные**

- Врожденные (от матери)
- Наследственные (патология хромосом и генов)

➤ **Природные экзогенные** (связанные с местом проживания)

- Вызванные дефицитом МЭ
- Вызванные недостатком МЭ
- Вызванные дисбалансом МЭ

- Зоны, в пределах которых животные и растения характеризуются определенным химическим элементарным составом, называют **биогеохимическими провинциями**. Биогеохимические провинции - это территории различных размеров в составе субрегионов биосферы с постоянными характерными реакциями организмов (например эндемические заболевания).
- **Эндемические заболевания** - заболевания и синдромы, в этиологии которых главную роль играет недостаток биогенных (эссенциальных) элементов или избыток как биогенных, так и токсических микроэлементов, а также их дисбаланс, в том числе аномальные соотношения микро- и макроэлементов.

Fe (изб) – сидероз (Урал)

Mo (изб) – молибденовая подагра (Армения)

Cu (изб) – болезнь Вильсона, синдром Мениеса

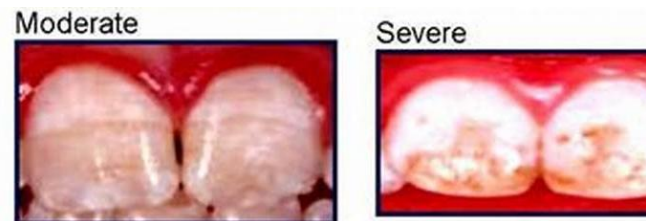
I (недостаток) – Базедова болезнь, гипотериоз (Урал, Волгоградская обл.)

Sr (изб) – Уровская болезнь (Забайкалье, Китай, Корея)

K (нед) – гипокалиемия

Ba (изб) – Па-пинг

F (изб) – флюороз



Enamel Fluorosis

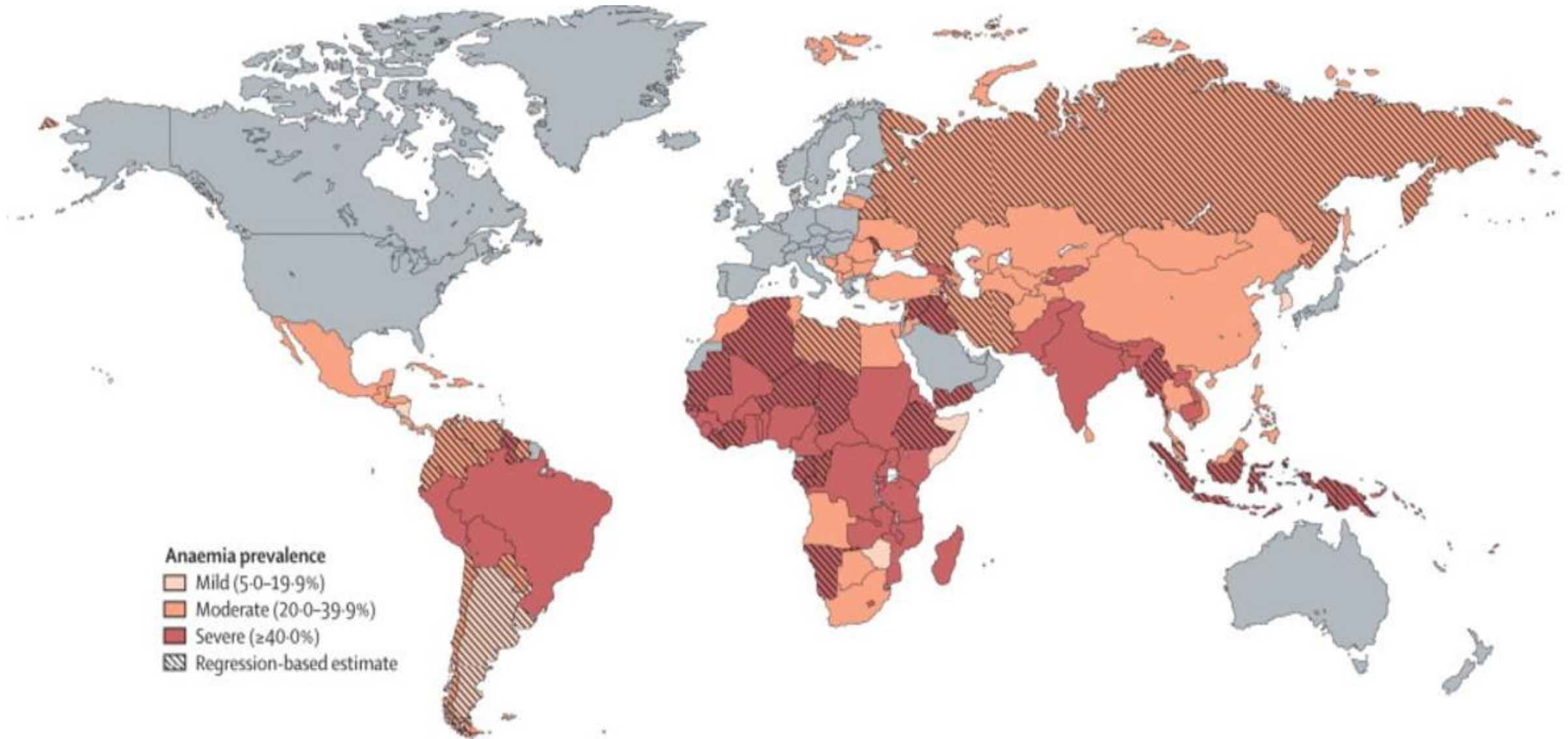
▶ **Техногенные** – антропогенные загрязнения

- Промышленные или профессиональные (в зоне самого предприятия)
- Соседские (по соседству с предприятием)
- Трансгрессивные (в отдалении за счет воздушного и водного переноса)

▶ **Ятрогенные** (связанные с интенсивной терапией и лечебными процедурами)

- Вызванные дефицитом МЭ
- Вызванные недостатком МЭ
- Вызванные дисбалансом МЭ

- Fe-дефицитная анемия



Микроэлементозы и эндемический Covid-19



- Дефицит микроэлементов может иметь решающее значение в прогрессировании таких заболеваний, как Covid-19.
- Было проведено несколько исследований, предоставляющих прямые доказательства связи между цинком Zn, селеном Se и витамином D и COVID-19.
- Было рекомендовано начать прием адекватных добавок в районах высокого риска и/или вскоре после момента подозрения на заражение SARS-CoV-2.

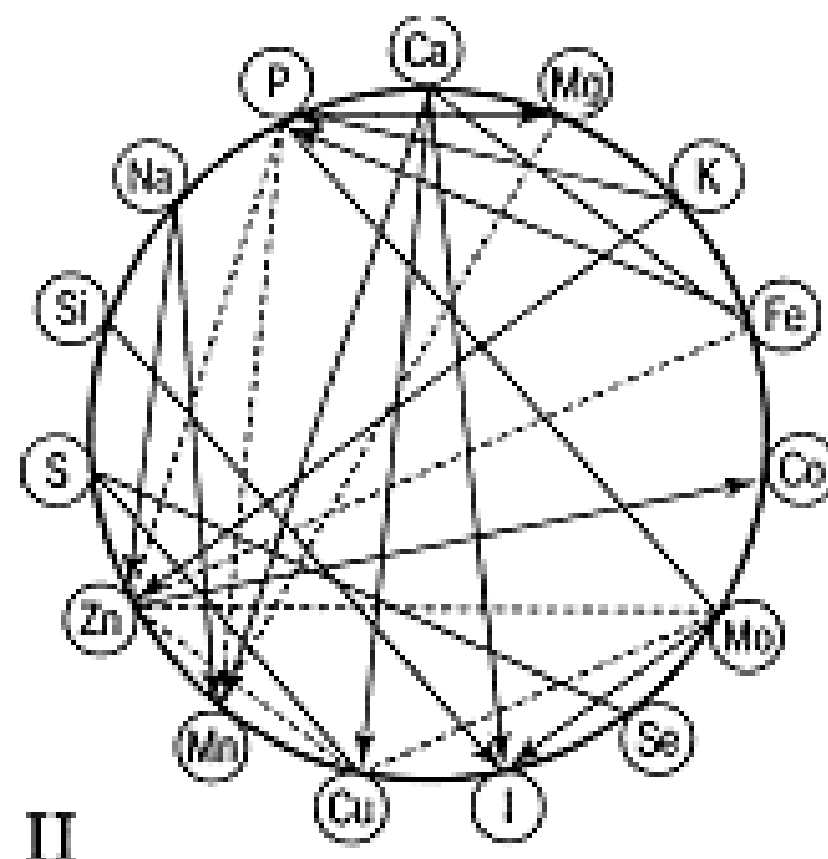
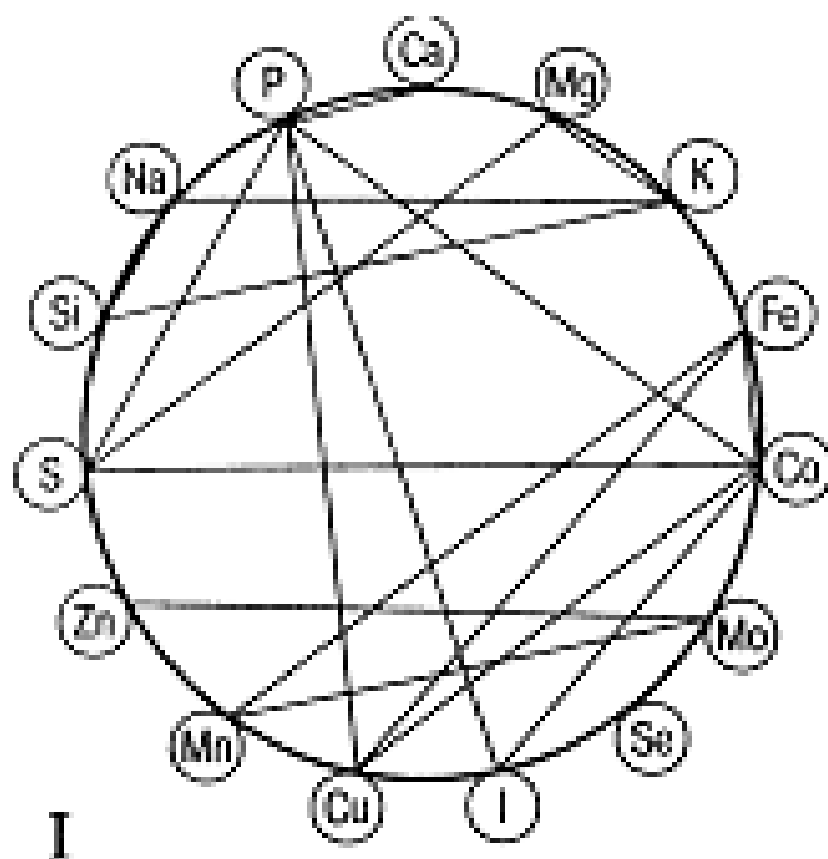
1. Alexander, J.; Tinkov, A.; Strand, T.A.; Alehagen, U.; Skalny, A.; Aaseth, J. Early Nutritional Interventions with Zinc, Selenium and Vitamin D for Raising Anti-Viral Resistance Against Progressive COVID-19. *Nutrients* **2020**, *12*, 2358. <https://doi.org/10.3390/nu12082358>

2. Renata, R.B.N., Arely, G.R.A., Gabriela, L.M.A. et al. Immunomodulatory Role of Microelements in COVID-19 Outcome: a Relationship with Nutritional Status. *Biol Trace Elem Res* **2023**, *201*, 1596–1614 . <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03290-8>

Микроэлементозы

- Патологические состояния, вызванные недостатком, избытком или дисбалансом макро- и микроэлементов называется **микроэлементозами**.
1. Гипомикроэлементозы.
 2. Гипермикроэлементозы.

Отклонения в элементном статусе организма обнаруживаются у подавляющего большинства (около 80 %) детского и взрослого населения (военнослужащие, ликвидаторы техногенных аварий, рабочие вредных производств, проф.спортсмены).



Метаболические взаимосвязи жизненно необходимых элементов:

*I — синергизм; II — антагонизм; — односторонний, ···· — взаимный
(по: В. И. Георгиевский, Б. И. Анненков, В. Г. Самохин, 1979)*

Взаимодействия химических элементов

- **Антагонисты:**

- Тормозят адсорбцию друг друга (P и Mg, Zn и Cu)
- Оказывают противоположное влияние на какую-нибудь биохимическую функцию в организме (Ca и Mg)

- **Синергисты:**

- Взаимно способствуют адсорбции друг друга (витамин Д и Ca)
- Взаимодействуют в осуществлении какой-либо обменной функции на тканевом или клеточном уровне (Ca и P)

Атомовиты («атом жизни»)и атомовитозы (акад. В.Л.Сусликов)

•Химические элементы - так называемые «атомовиты» - делятся:

а) по количественному содержанию в теле человека (стабильные, постоянные, временные),

б) по «анатомо-физиологическим» свойствам

-**структурные** (принимающие непосредственное участие в обмене веществ - H, Sr, Ca, K, Si, C, Cl, Na, Mg, P, O, N),

-**биокаталитические** (они входят в структуру пигментов, ферментов, витаминов –Zn, Mn, Cu, Se, Co, Si, Sr),

-**эндокринные** (Cr, F, Br, I),

-**гематоатовиты** (принимающие участие в кроветворении – As, Cu, Fe),

в) по «витальному значению» для организма человека (незаменимые, взаимозаменяемые, недостаточно изученные),

г) по интенсивности всасывания в желудочно-кишечном тракте.

Атомовитоз – заболевание, связанное с недостатком, избытком₃₆ или дисбалансом атомов элемента

Вирусные заболевания и микроэлементы

В развитии вирусной инфекции:

- существенно снижены концентрации селена Se и цинка Zn (прогрессирующе снижались с утяжелением течения заболевания)
- выявлено увеличение концентрации тяжелых металлов: свинец Pb и кадмий Cd, а также ртуть Hg, мышьяк As – предрасположенность к инфекционным заболеваниям, к их тяжелому течению и развитию рака.
- Вывод 1. Целенаправленное укрепление иммунной системы макро- и микроэлементами, витаминами и иммуномодуляторами снижает риск осложнений при любых вирусных инфекциях, в том числе и коронавирусной.
- Комбинация шести микроэлементов I, Zn, Mn, Fe, Cu, Co – уничтожают вирус в клетке
- Вывод 2. Помимо непосредственного поствирусного (в том числе, постковидного) синдрома, значительная часть населения приобретает дефициты магния, кальция, калия, цинка, селена, железа, витаминов аминокислот и антиоксидантов.