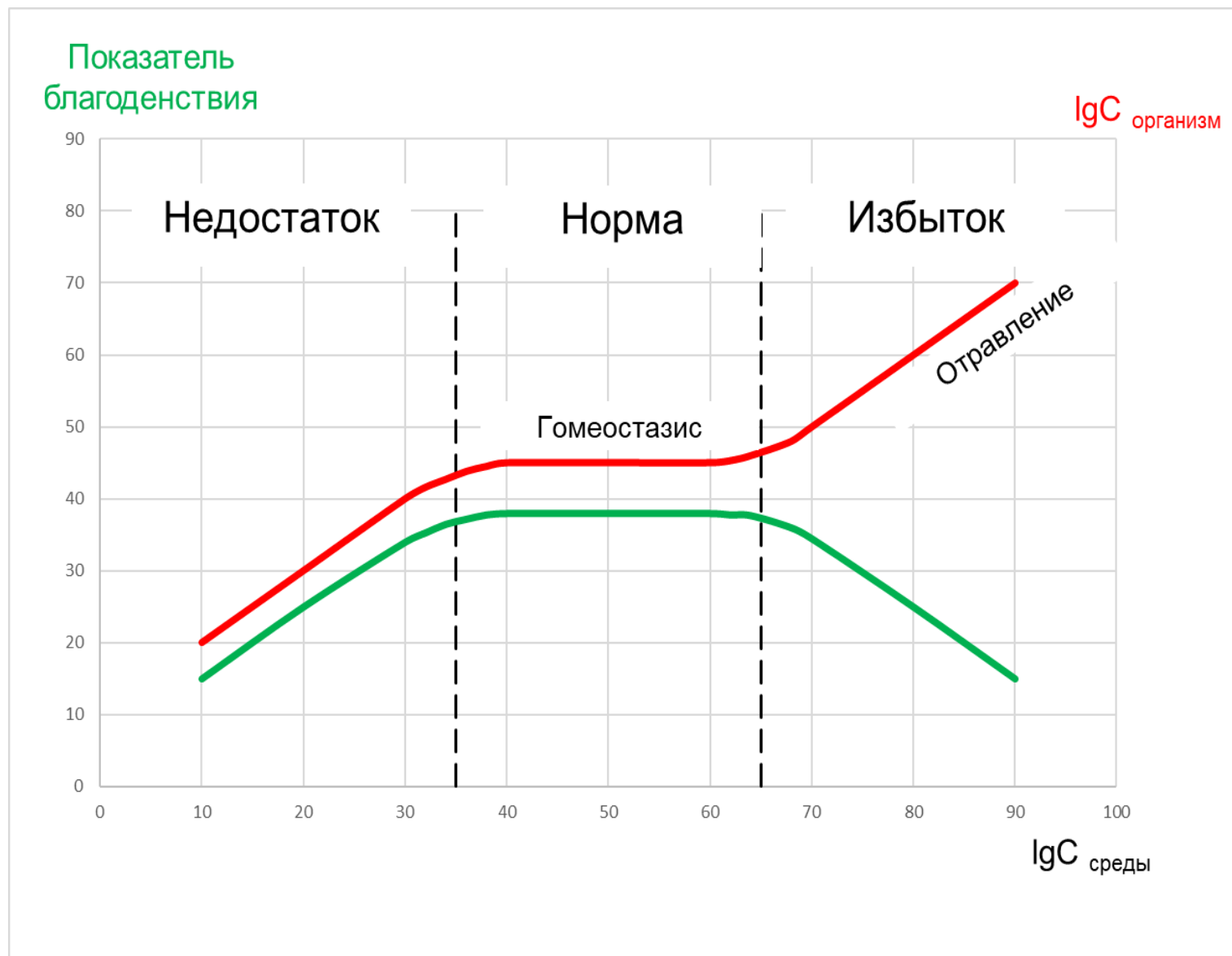


Тема 21. Взаимоотношения организма и среды. Биогеохимические провинции

Связь организма с составом среды



«Жизненно-необходимые» элементы

(По Кабата-Пендиас) Микроэлементы, жизненно важные для растений, - это такие, которые не могут быть заменены другими элементами в их специфической биохимической роли и которые имеют прямое влияние на организм, т. е. без них он не может ни расти, ни завершить некоторые метаболические циклы.

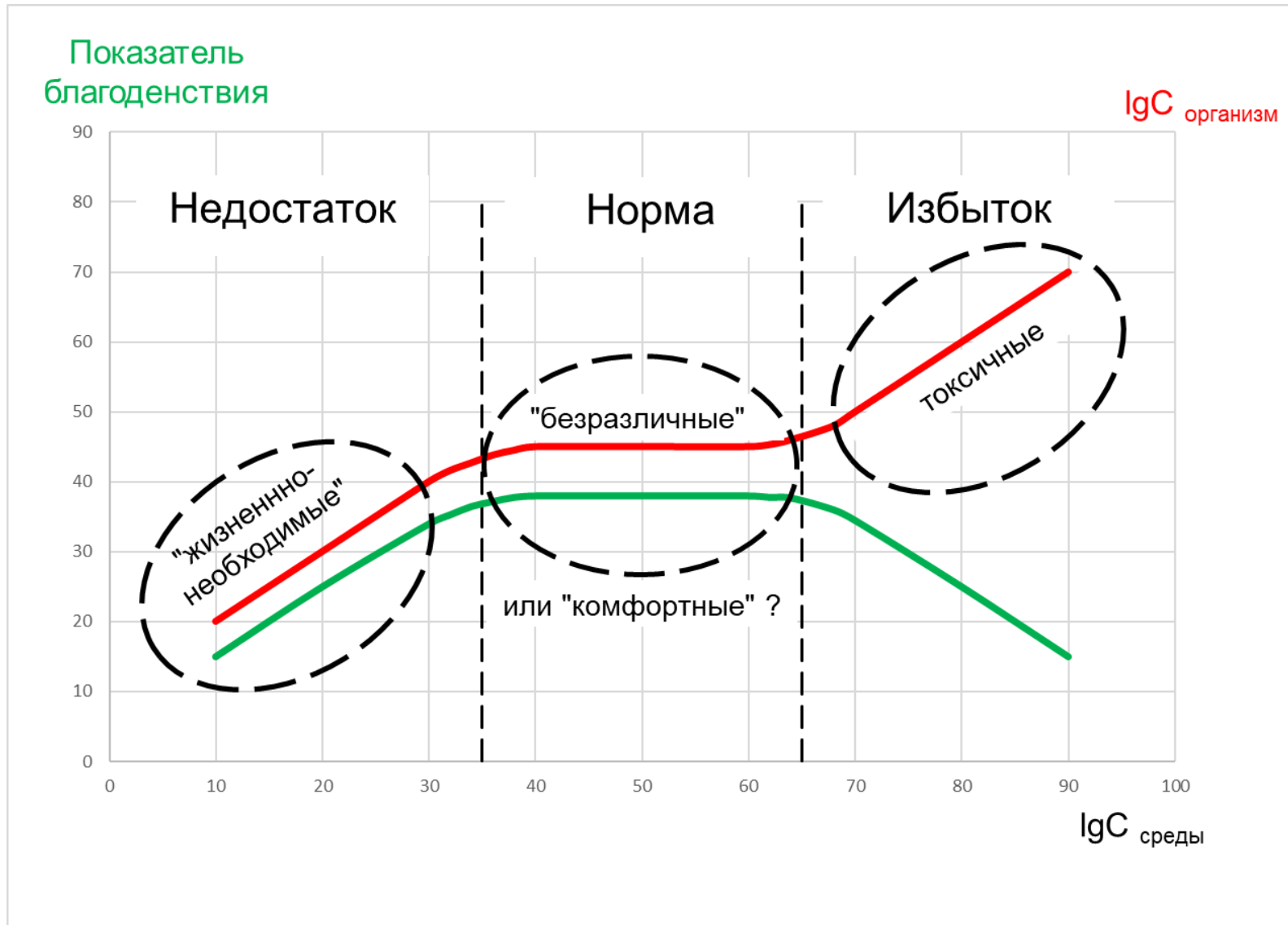
Есть элементы, для доказательства необходимости которых нужны дополнительные данные; обычно это элементы, требующиеся, по-видимому, в малых количествах (на уровне мкг/кг или нг/кг) или жизненно необходимые только для определенных групп или отдельных видов растений

(По Боуэну)

Классификация микроэлементов по функциям в организмах растений:

1. Входящие в несущий скелет - Si, Fe.
2. Связанные в антибиотики и порфирины - As, B, Br, Cu, Co, F, Fe, Hg, I, Se, Si, V.
3. Связанные с протеинами, в том числе энзимы, обладающие каталитическими свойствами - Co, Cr (?), Cu, Fe, Mn, Mo, Se, Ni (?), Zn.
4. Фиксированные в больших молекулах, включая накопление, перенос или неизвестные функции - Cd, Co, Cu, Fe, Hg, I, Mn, Ni, Se и Zn.
5. Связанные с органеллами (например, митохондриями и хлоропластами) - Cu, Fe, Mn, Mo, Zn.

«Жизненно-необходимые» элементы в свете общего характера связи организм со средой



Токсичность. Толерантность. Адаптация. Антагонизм и синергизм

Токсичность.

Главные механизмы токсичного действия избытка элементов:

1. Изменение проницаемости клеточных мембран - Ag, Au, Br, Cd, Cu, F, Hg, I, Pb, UO_2 .
2. Реакции тиольных групп с катионами - Ag, Hg, Pb.
3. Конкуренция с жизненно важными метаболитами - As, Sb, Se, Te, W, F.
4. Сродство к фосфатным группам и активным центрам в АДФ и АТФ - Al, Be, Y, Zr, PЗЭ, TMe.
5. Замещение жизненно важных ионов (главным образом макрокатионов) - Cs, Li, Rb, Se, Sr.
6. Захват в молекулах позиций, занимаемых жизненно важными функциональными группами (фосфат и нитрат) - арсенат, фторид, борат, бромат, селенат, теллурат, вольфрамат.

Метаболические нарушения в растениях вызываются не только недостатком микрокомпонентов питания, но и их избытком.

В целом растения более устойчивы к повышенным, нежели к пониженным концентрациям элементов.

Токсичность. Толерантность. Адаптация. Антагонизм и синергизм

Толерантность

Сопrotивляемость растений действию тяжелых металлов имеет важное значение в связи со многими научными и практическими проблемами:

- 1) геоботанические методы поисков полезных ископаемых: использование толерантных (исследование состава) и чувствительных (появление / отсутствие) растений для поиска рудных месторождений);
- 2) микробиологическая экстракция металлов из бедных руд;
- 3) выращивание растений на токсичных отходах;
- 4) микробиологическая очистка сточных вод;
- 5) [негативный фактор] развитие сопротивляемости микроорганизмов к используемым в сельском хозяйстве и строительстве металлсодержащим фунгицидам и пестицидам.

Токсичность. Толерантность. Адаптация. Антагонизм и синергизм

Адаптация.

(На уровне организмов.) Физиологическая адаптация через специфические и неспецифические защитные реакции, направленные на сохранение гомеостаза.

(На уровне популяций.) Адаптация через естественный отбор.

Пример: при длительном произрастании на почвах с повышенными содержаниями определенных микроэлементов в сообществах растений появляются формы, устойчивые к этим содержаниям. Эта способность может быть развита путем селекции.

Токсичность. Толерантность. Адаптация. Антагонизм и синергизм

Взаимодействие. Антагонизм и синергизм.

Сбалансированность химического состава живых организмов - основное условие их нормального роста и развития. Антагонизм возникает, когда совместное физиологическое действие одного или более элементов оказывается меньше суммы действия элементов, взятых по отдельности, а синергизм - когда совместное действие больше. Такие взаимодействия можно связать со способностью одного элемента ингибировать или стимулировать поглощение других элементов организмами.

Взаимодействия между макро- и микроэлементами показывают, что Са, Р и Mg - главные антагонистические элементы в отношении поглощения и метаболизма многих микроэлементов. Антагонистические эффекты чаще всего реализуются двумя путями: макрокомпонент может ингибировать поглощение микроэлемента, или, наоборот, микроэлемент ингибирует поглощение макрокомпонента (особенно часто для фосфатов).

Для практического применения наиболее важно антагонистическое действие Са и Р на такие опасные для здоровья человека тяжелые металлы, как Be, Cd, Pb и Ni.

Синергическое взаимодействие между микроэлементами наблюдается реже (установлен, например, синергизм Se и I).

(По Кабата-Пендиас)

Таблица 31. Взаимодействие между макро- и микроэлементами в растениях [251, 381, 531, 554, 663]

Макро-элемент	Антагонизм с микроэлементами	Синергизм
Ca	Al, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, F, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sr, Zn	Cu, Mn, Zn
Mg	Al, Be, Ba, Cr, Mn, F, Zn, Ni ^a , Co ^a , Cu ^a , Fe ^a	Al, Zn
P	Al, As, B, Be, Cd, Cr, Cu, F, Fe, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Rb, Se, Si, Sr, Zn	Al, B, Cu, F, Fe, Mo, Mn, Zn
K	Al, B, Hg, Cd, Cr, F, Mo, Mn, Rb	-
S	As, Ba, Fe, Mo, Pb, Se	F ⁶ , Fe
N	B, F, Cu	B, Cu, Fe, Mo
Cl	Br, I	

^a Данные для микроорганизмов. ⁶ Совместное загрязнение вызывает существенные повреждения растений.

Характер взаимодействия может оказаться различным в зависимости от видового состава и условий произрастания.

Биогеохимические провинции

Биогеохимические провинции – это области на поверхности Земли, в которых в ответ на геохимические факторы (недостаток или избыток определенных химических элементов во внешней среде) у живых организмов возникают соответствующие биологические реакции.

Практическое значение выделения биогеохимических провинций – в них могут проявляться специфические **эндемические** заболевания растений и животных (в т.ч. – человека), вызванные избытком или недостатком определенных микроэлементов в среде обитания.

Концепция биогеохимических провинция разработана В.И.Вернадским и его учениками А.П.Виноградовым и В.В.Ковальским. Районирование территории СССР по принципу биогеохимических провинций имело большое значение для развития сельского хозяйства и здравоохранения страны.

Эндемические заболевания растений, животных и человека – проявления природных биогеохимических провинций.

Центральная нечерноземная зона – недостаток в подзолистых почвах многих переходных металлов (Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Mo) – развитие разнообразных заболеваний растений и животных (хлороза, анемии, гипокобальтоза и др.), снижение урожайности.

Предуралье – недостаток I в воде и почве – эндемический зоб (гипертрофия щитовидной железы) у человека и сельскохозяйственных животных.

Китай – недостаток Se в воде и почве – болезнь Кешана (кардиомиопатия, в сочетании с вирусной инфекцией).

Малый Кавказ – избыток Mo – эндемическая подагра человека.

Забайкалье – недостаток Ca при избытке Sr – урвовская болезнь (эндемический рахит).
[По другой версии – дефицит Se при избытке P и Mn.]

Заболевания, связанные с дефицитом или избытком микроэлементов объединяются в медицине названием **микроэлементозы**.

Выделение биогеохимических зон и провинций

Выделены биогеохимические зоны биосферы, представляющие собой, как правило, совокупности нескольких биогеохимических провинций:

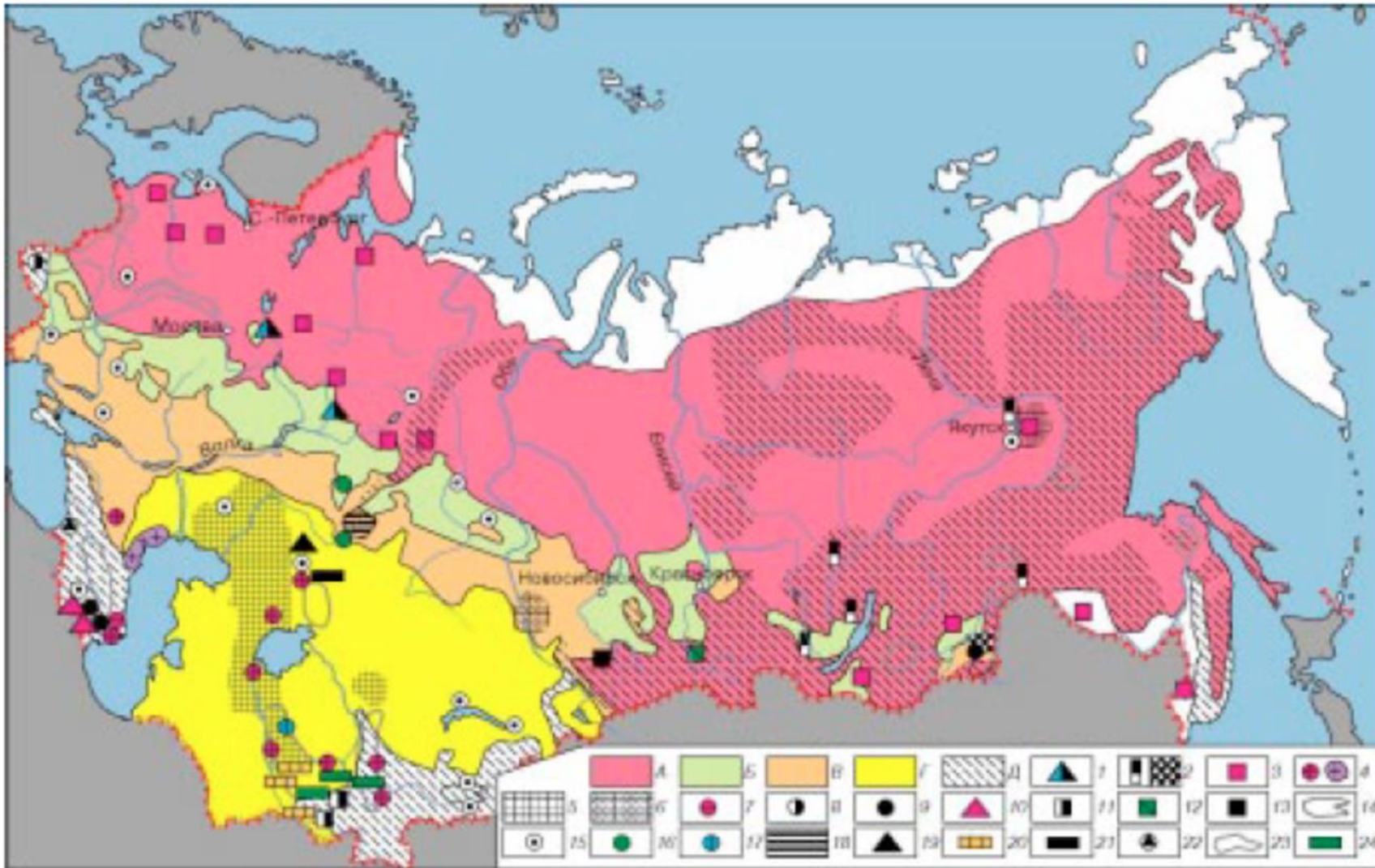
1) **таежно-лесная нечерноземная** — биологические реакции организмов обусловлены недостатком Ca, P, Co, Cu, I, B, Mo, Zn.

2) **лесостепная, степная черноземная** — биологические реакции организмов определяются достаточным количеством Ca, Co, Cu, I, иногда - недостатком K и P. Оптимальные условия для растительности.

3) **сухостепная, полупустынная, пустынная** — биологические реакции организмов связаны с повышенным содержанием Na, Ca, Cl, SO₄, B, недостатком Cu, J, Mn.

4) **горные зоны** — биологические реакции организмов разнообразны и определяются изменяющимися концентрацией и соотношением многих геохимических элементов.

Схематическая карта биогеохимических зон и провинций (по В.В.Ковальскому).



А – таежно-лесная зона, провинции: 1 – бедные I и Co; 2 – бедные Ca, обогащенные Sr; 3 – с недостатком Se; Б – лесостепная зона; В – степная черноземная зона; Г – сухостепная, полупустынная и пустынная зоны, провинции: 4 – с недостатком Cu, избытком Mo и сульфатов; 5 – с избытком В; 6 – с недостатком Cu, Co, избытком Mo и В; Д – горные зоны.

Азональные биогеохимические провинции:

7 – богатые Co; 8 – богатые I и Mn; 9 – богатые Pb; 10 – обогащенные Mo; 11 – с избытком Sr и Ca; 12 – обогащенные Se; 13 – с неблагоприятным соотношением Cu, Mo и Pb; 14 – обогащенные U; 15 – с избытком F; 16 – обогащенные Cu; 17 – с нарушенным обменом Cu; 18 – богатые Ni, Mg, Sr, бедные Co, Mn; 19 – богатые Ni; 20 – обогащенные Li; 21 – обогащенные Cr; 22 – обогащенные Mn; 23 – с недостатком F; 24 – с избытком Zn.

Причины возникновения биогеохимических провинций

Климат → преобладающий почвообразующий процесс.

Пример: подзолы Центральной нечерноземной зоны (альтернатива – Черноземная зона, оптимальный баланс микроэлементов, высокая урожайность)

Подпочвенный субстрат.

Примеры: Предуралье, недостаток I - эндемический зоб; Малый Кавказ, избыток Mo - эндемическая подагра.

Антропогенное региональное загрязнение.

Пример: Япония - болезнь Минамата, следствие загрязнение Hg.

Практическое значение выделения биогеохимических провинций

Если известен негативно действующий природный геохимический фактор, вызывающий эндемические заболевания, его можно попытаться компенсировать соответствующими агротехническими или медико-санитарными (в случае заболеваний человека) мероприятиями.

Примеры:

- внесение микроудобрений с Co, Mn, Cu, Mo и другими микроэлементами в Центральной нечерноземной зоне;
- использование йодированной поваренной соли.

Проблема легко решается, если заболевание связано с недостатком микроэлемента. В случае избытка простых решений нет.

Что можно сделать?

Использование грунта, загрязненного тяжелыми металлами, для получения экологически безопасной продукции возможно при применении агротехнических приемов, снижающих биологическую доступность этих элементов для растений.

Эффективные приемы такой обработки – внесение суперфосфата и/или известкование почв. При этом поступающие в почву фосфаты и карбонаты образуют с тяжелыми металлами труднорастворимые соединения, менее доступные для корневой системы растений.

По сути – это проявление антагонизма элементов во внешней среде растений.

