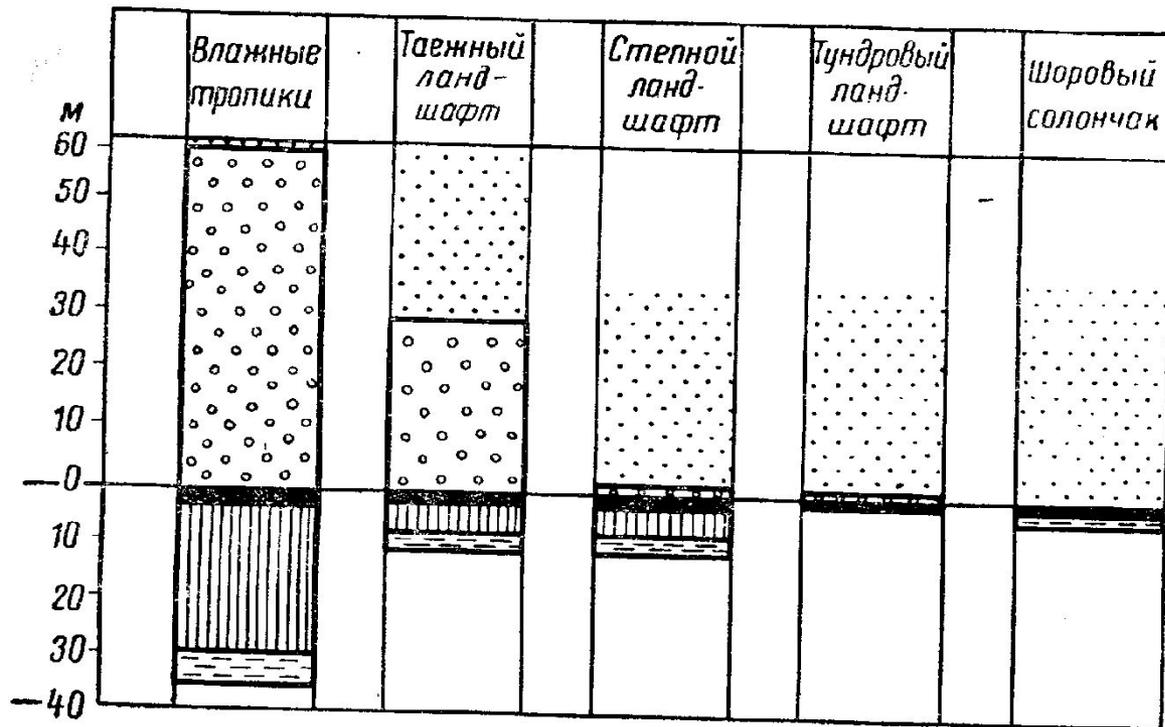


Геохимия ландшафтной оболочки

- **Ландшафт** – это природные комплексы – горные породы, воды, почвы, растительность, животный мир – особенно тесно взаимосвязанные между собой.
- С позиции геохимии **ландшафт** представляет часть земной поверхности, в которой за счёт солнечной энергии осуществляется миграция химических элементов атмосферы, гидросферы и литосферы.
- Каждый ландшафт по Б.Б. Польшину состоит из элементарных ландшафтов. **Элементарный ландшафт** – это определённый элемент рельефа, сложенный одной породой или наносом и покрытый в каждый момент своего существования определённым растительным сообществом.
- **Верхняя граница ландшафта** находится в тропосфере и определяется зоной распространения пыли земного происхождения, обитания птиц и насекомых.

- Нижней границей ландшафта в ряде случаев является первый от поверхности водоносный горизонт (включительно).
- В результате миграции химических элементов элементарный ландшафт приобретает неоднородность в вертикальном направлении, расчленяясь на ряд природных тел:
 - 1) надземная часть ландшафта (растительный покров и животный мир),
 - 2) почва,
 - 3) кора выветривания,
 - 4) водоносный горизонт.
- Не все эти природных тела имеются в каждом элементарном ландшафте – местами водоносный горизонт отсутствует (т. е. находится за пределами ландшафта, например, в некоторых пустынях), в других совмещён с почвой (поймы, некоторые болота), в третьих, кора выветривания совмещена с почвой.
- Каждое природное тело отличается от другого химическим составом. Нередко в верхних горизонтах преобладает кислая реакция, а в нижних – щелочная, в верхних горизонтах – окислительная среда, а в нижних – восстановительная.



Ярусы-горизонты:

-  Надземный растительный покров и животный мир
-  Почва
-  Кора выветривания
-  Горизонт грунтовых вод
-  Надземная атмосфера

Рис. 1. Строение элементарного ландшафта

По условиям миграции химических элементов формируются следующие **типы геохимически сопряжённых элементарных ландшафтов**:

- 1. Элювиальный тип** – это поверхности плоских водоразделов с глубоким залеганием грунтовых вод. Вещество и энергия поступают в ландшафт из атмосферы и через атмосферу. Происходит вымывание на некоторую глубину растворимых веществ и образование иллювиальных горизонтов почв. Если процессы выноса протекают длительно, то формируется мощная кора выветривания под почвой. С поверхности водораздела происходит некоторый смыв почв.
 - 2. Супераквальный тип** – поверхности, отличающиеся близким залеганием грунтовых вод. С грунтовыми водами в ландшафт поступают различные вещества, вымытые из коры выветривания и почв водоразделов. Возможны значительные аккумуляции элементов, вынесенных из коры выветривания.
-

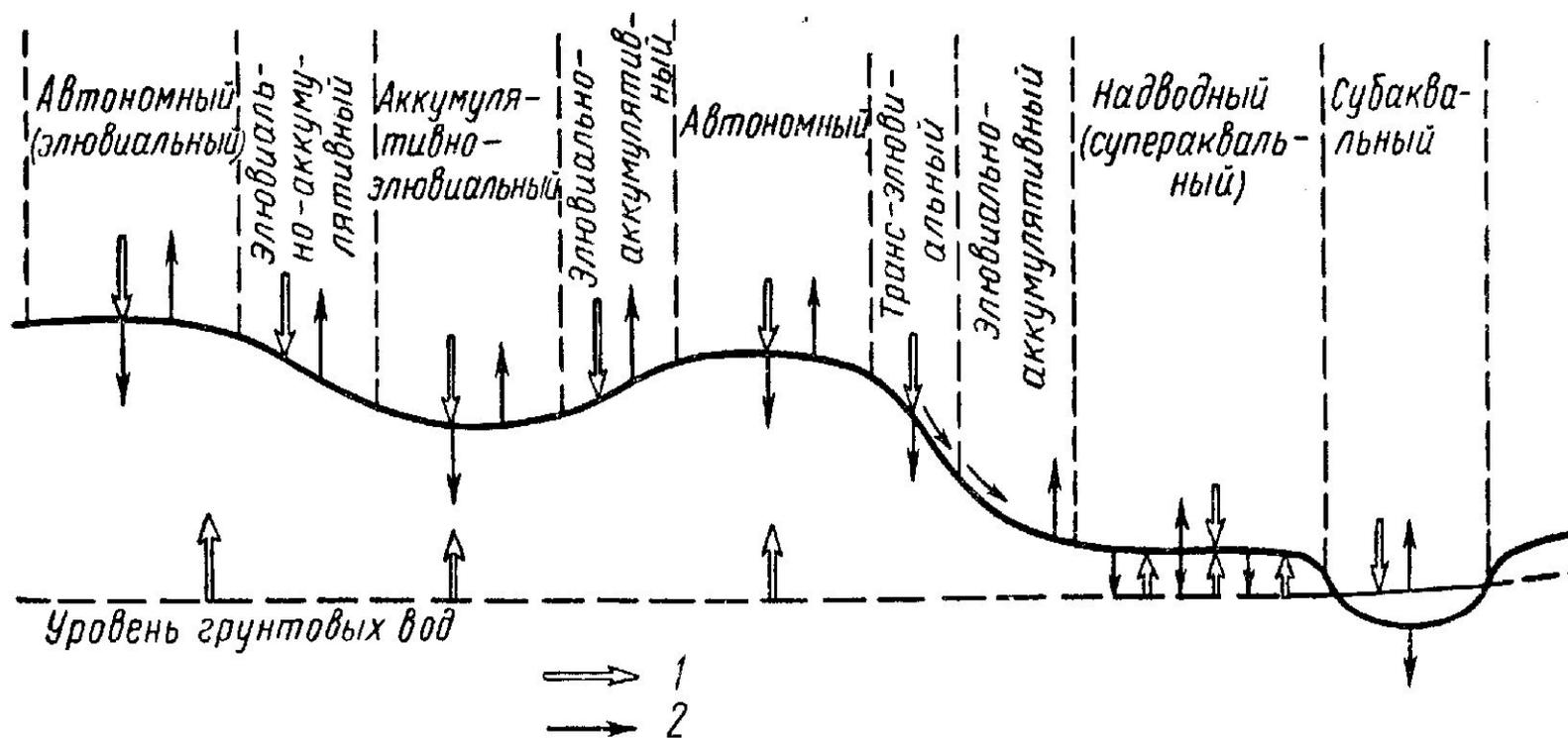


Рис. 2. Основные типы элементарных ландшафтов (по Б. Б. Полюнову с дополнениями М. А. Глазовской):

1 — поступление веществ в ландшафт (из атмосферы, грунтовых вод); 2 — удаление веществ из ландшафта в атмосферу, грунтовые и поверхностные воды

3. Субаквальный тип – поверхности, находящиеся под водой.

Характерен принос материала с жидким и твёрдым боковым стоком. Речной, озёрный осадок, ил растёт снизу вверх. В водоёмы поступают химические элементы и соединения, слагающие окружающие водораздельные пространства.

- **Геохимическое сопряжение проявляется в обмене веществ и энергии между типами ландшафта через миграцию элементов.**
 - В ландшафте преобладают те же элементы, что и в земной коре. Они имеют высокие кларки, и составляют основную массу горных пород, почв, вод и организмов, определяют геохимические особенности ландшафта и условия миграции других элементов.
-

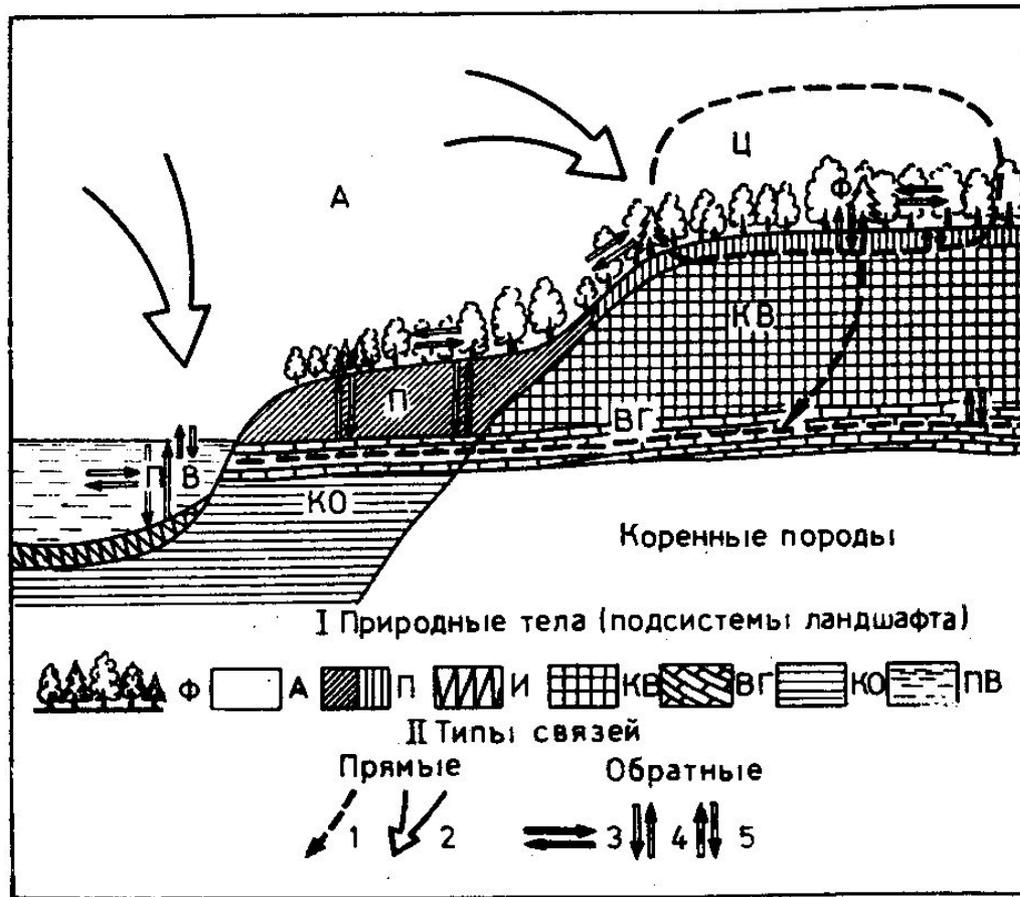


Рис. 90. Схема типов связей в лесном ландшафте:

биокосные тела: П — почва, КВ — кора выветривания, И — ил, ВГ — водоносный горизонт, КО — континентальные отложения, ПВ — поверхностные воды, А — приземная атмосфера, Ф — наземный биоценоз, Ц — структурный центр ландшафта; типы связей: 1 — прямые — водные, 2 — воздушные, 3 — обратные — биотические, 4 — биокосные, 5 — водные и воздушные

Геохимическая классификация ландшафтов А.И. Перельмана

1. Ряд ландшафтов выделяется в зависимости от ведущего вида миграции, биологического круговорота вещества.

1.1. Абиогенный – ландшафты с физико-химической и механической миграцией, не содержащие живого вещества. Вечные снега и ледники Арктики, Антарктиды, высокогорий.

1.2. Биогенный – ландшафты с ведущим значением биогенной миграции. Относится большая часть ландшафтов Земли. Биогенные ландшафты - это сложные биокосные системы, компонентами которых являются почва, коры выветривания, континентальные отложения, грунтовые и поверхностные воды, растительный и животный мир, приземной слой атмосферы. **Ведущее значение в биогенных ландшафтах имеет фотосинтез.**

1.3. Техногенный – ландшафты с ведущим значением техногенной миграции (солеотвалы, водохранилища, карьеры и др.).

- 2. Группа** выделяется по характеру фотосинтеза, т. е. особенностям растительного покрова, биомассе и годичной продукции. Группы характерны для ландшафтов биогенного ряда. Например, группы лесных, степных, луговых, тунд-ровых, пустынных ландшафтов, отличающиеся интенсивностью биологического круговорота атомов.
- 3. Тип** выделяется по количеству органического вещества накопленного в ландшафте. Это масса всех растительных и животных организмов. Например, в группе лесных ландшафтов выделяются типы: влажных тропиков, тайги, широколиственный.
- 4. Семейство** – признаком является отношение биомассы к годичной продукции. Например, в таёжном типе выделяются семейства северной тайги, средней тайги и южной тайги.
- 5. Класс** выделяется по особенностям водной миграции. Признаком является химический состав поверхностных и грунтовых вод. Например, сернокислый, кислый глеевый и т.д.

Геохимия биосферы

- **Биосфера – сфера жизни, вещественная геологическая оболочка самого высокого уровня организации. В её состав входят тропосфера, мировой океан, литосфера до слоев с температурой, ограничивающей деятельность бактерий. В качестве самостоятельной оболочки выделена австрийским геологом Э.Зюссом (1875 г.).**
- **Главный механизм, определяющий единство и целостность биосферы – это биологический круговорот атомов, являющийся главным агентом химической работы.**
- **Функции живого вещества:**
 - 1. Концентрационная** – концентрация биофильных элементов (C, H, P, Ca, Si и др.).
 - 2. Энергетическая** – аккумуляция солнечной и тепловой энергии.
 - 3. Трансформационная** – трансформация солнечной и тепловой энергии в геохимическую энергию соединений (белки, жиры, углеводы) и продуктов их минерализации (CO_2 , H_2O , NH_3 , CH_4).

4. Газообразующая – генерация растениями и животным миром газов (CO_2 , O_2 , NH_3 , CH_4).

5. Средообразующая – поступление в среду миграции газов, генерируемых растениями, и продуктов минерализации органического вещества определяет щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия.

- **Биосфера крайне неравновесная, динамичная система.** Это определяется действием противоположно направленных процессов, протекающих в биосфере: окисление – восстановление, растворение – кристаллизация, образование живого вещества – минерализация (разложение) органического вещества, рассеяние – концентрация.
 - **Биогенная миграция** обусловлена наличием живого вещества. Атомы включаются в пищевые цепочки и постоянно мигрируют, рассеиваясь в одном месте и концентрируясь в другом. Следствием последнего является образование простых и чистых соединений, состоящих из 2-3-х главных элементов. Например, толщи известняка (Ca, C, O).
-

- **Механическая миграция** обусловлена круговоротом воды, являющегося главным агентом механической работы, так как в биосфере не прекращается течение рек, перемещение водных масс в океанах, воздушных масс в атмосфере.
- **Физико-химическая миграция** обусловлена изменением параметров среды миграции (pH, Eh) при участии живых организмов. Основной средой миграции является вода. Атомы разделяются на воздушные и водные мигранты. Первые мигрируют как в газообразном состоянии, так и в составе водных растворов (O, H), вторые преимущественно в водных растворах в виде ионов, молекул, коллоидных частиц.
- Биосфера представляет единое целое по процессам разложения органического вещества и делится на верхнюю часть, где возможен фотосинтез и нижнюю часть, где невозможен. Соответственно, часть биосферы, которая играет ведущую роль, определяет своеобразие биосферы в целом, управляет этой сложной системой называется **центром биосферы**. Таким центром служат лесные ландшафты (верхние горизонты океана).

Геохимия техносферы

- Геохимическую деятельность человечества А.Е. Ферсман назвал **техногенезом**.
- **Часть планеты, которая охвачена техногенезом представляет особую систему – ноосферу (техносферу)**.
- Ноосфере свойственны механическая, физико-химическая и биогенная миграции, но её своеобразие и главную роль играет техногенная миграция.
- **Техногенная миграция атомов обусловлена социальной деятельностью общества, вызывающей грандиозное перемещение атомов и , как следствие, рассеяние, концентрацию и образование новых форм и ассоциаций атомов, несвойственных природе.**
- Первое существенное отличие техносферы от биосферы – **огромное ускорение миграции**. Многие процессы техногенеза по масштабам намного превышают природные. Например, ежегодно добывается около 100 млрд. т. минерального сырья.

Две группы процессов техногенеза

1. Процессы техногенеза при изучении которых можно использовать понятия и методы, разработанные для анализа природных процессов. Эти процессы унаследованы от биосферы, к ним относятся биологический круговорот, круговорот воды, рассеяние элементов при отработке месторождений, распыление вещества и др.

2. Процессы техногенеза, находящиеся в резком противоречии с природными условиями. Для характеристики этих процессов недостаточен существующий понятийный аппарат геохимии. Необходимы новые подходы к исследованию и объяснению процессов миграции элементов. Например, природе не свойственны химические соединения: искусственные полимеры, лекарства, краски, сплавы. Новым для земной коры является производство атомной энергии, радиоактивных изотопов, сверхчистых веществ.

Технофильность элемента T – это отношение ежегодной добычи элемента D к его кларку в земной коре.

- Например, химически родственные элементы Fe, Mn и Cu, Ag добываются в разных количествах, их кларки различны.

$$T_{\text{Fe}} = 3,1 \cdot 10^8 / 4,65 = 6,6 \cdot 10^7 \quad T_{\text{Mn}} = 6 \cdot 10^6 / 0,1 = 6 \cdot 10^7$$

$$T_{\text{Cu}} = 5,4 \cdot 10^6 / 4,7 \cdot 10^{-3} = 1,1 \cdot 10^9 \quad T_{\text{Ag}} = 8 \cdot 10^3 / 7 \cdot 10^{-6} = 1,1 \cdot 10^9$$

- Технофильность их одинакова. Следовательно, в единицах кларков человечество извлекает из недр Fe и Mn, Cu и Ag с равной интенсивностью, пропорционально их распространённости в земной коре.
- В будущем зависимость добычи от кларков, вероятно, станет ещё более тесной, так как богатые месторождения быстро обрабатываются и человечество будет использовать горные породы, в которых содержания элементов близки к кларкам.

Техногенные геохимические аномалии

- **Глобальные аномалии** охватывают весь земной шар (повышенное содержание CO_2 в атмосфере, накопление ^{90}Sr после ядерных взрывов).
- **Региональные аномалии** распространяются на материки, страны, зоны, области (применение минеральных удобрений).
- **Локальные аномалии** связаны с конкретным рудником, заводом, городом (повышенное содержание металлов в почвах, водах).
- Техногенные аномалии, как и природные, делятся на литохимические (в почвах, породах, строениях), гидрогеохимические (в водах), атмогеохимические (в атмосфере), биогеохимические (в организмах – фито-, зоо-, антропогеохимические).
- Совокупность техногенных аномалий от локального источника (завода, рудника, города), именуется техногенным ореолом и потоком рассеяния, которые, как правило, включают в себя все виды аномалий.

Природные и техногенные ореолы рассеяния

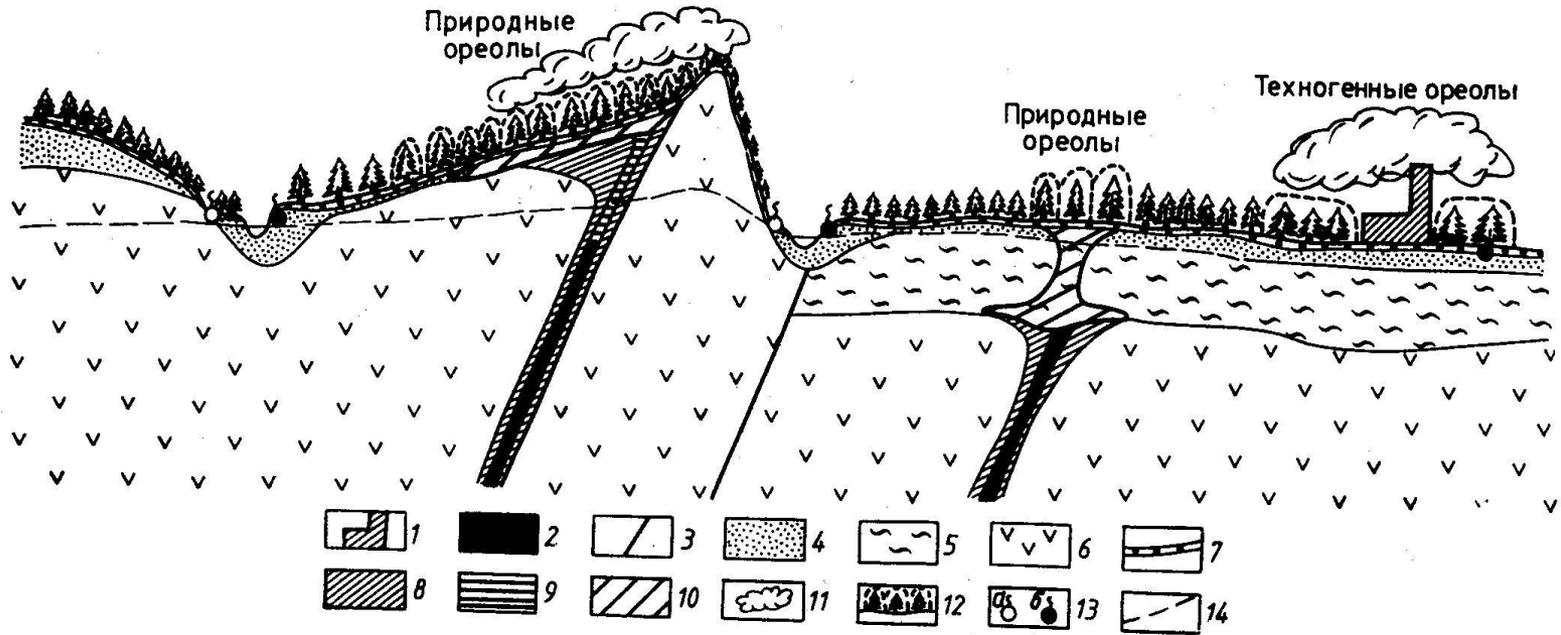


Рис. 1. Природные и техногенные ореолы рассеяния:

1 — локальный источник техногенного загрязнения, 2 — рудное тело, 3 — разлом, 4 — пески, супеси, суглинки, 5 — глины, 6 — рудовмещающие формации, 7 — почва, 8 — ореол в коренных породах (первичный, вторичный), 9 — зона окисления, 10 — вторичный литохимический ореол в рыхлых отложениях и почвах; 11 — атмосферический ореол, 12 — биогеохимический ореол, 13 — источник (а — с фоновым содержанием, б — с аномальным содержанием индикаторных элементов — гидрогеохимический ореол), 14 — уровень грунтовых вод

По влиянию на окружающую среду техногенные аномалии делятся на три типа.

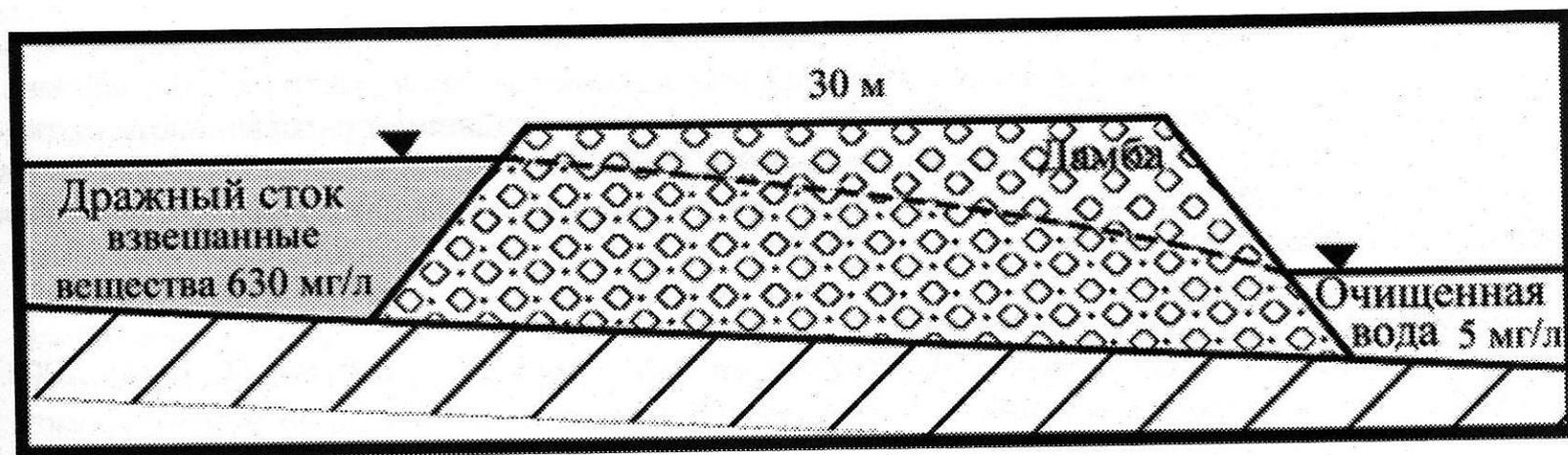
- **Полезные аномалии**, улучшающие окружающую среду. Например, повышенное содержание Са в районах известкования кислых почв, добавка NaI и KI к поваренной соли в районах развития эндемического зоба, фторирование питьевой воды в городах с распространением кариеса и др.
 - **Вредные аномалии**, ухудшающие (загрязняющие) окружающую среду. Например, увеличение содержания Hg, Cd, Pb в почвах городов.
 - **Нейтральные аномалии**, не оказывающие влияния на качество окружающей среды.
 - **Техногенный геохимический барьер** – это участок, где происходит резкое уменьшение интенсивности техногенной миграции и как следствие концентрация элементов. Как и в биосфере, на них образуются аномалии.
-

По влиянию на окружающую среду техногенные барьеры могут быть:

- 1. Полезные техногенные барьеры.** Например, закачивание промышленных стоков в водоносные горизонты, при инъекционном закреплении (цементации) грунтов, в результате рыхлая масса превращается в твёрдый монолит, размещение карбонатного материала (известняк, доломит) на пути миграции сернокислых шахтных вод, в результате на щелочном барьере задерживаются вредные соединения кислой природы TR, Ra, Cd, Pb и др.
 - 2. Вредные техногенные барьеры.** Например, вторичное засоление почв в орошаемых районах, строительство плотин для ГЭС.
 - 3. Нейтральные техногенные барьеры.**
-

Полезный техногенный барьер – очистка дражных стоков от взвешенных частиц.

Для снижения концентрации взвешенных веществ в речной воде создаются грунтовые фильтры из дражных отвалов в русле реки. В зависимости от длины пути фильтрации и материала фильтра, концентрация взвешенных веществ снижается в десятки и сотни раз.



В результате деятельности процессов техногенеза формируются техногенные системы от техногенных почв, илов, кор выветривания, водоносных горизонтов до техногенных ландшафтов, стран, океанов и всей ноосферы.

- ***Теория оптимизации ноосферы, т.е. установление оптимальных техногенных систем для различных природных районов. Техногенные системы по своей сущности более управляемы, чем биокосные системы.***
 - ***Задача общества заключается в наблюдении (мониторинге) над развитием геологических процессов, подвергающихся влиянию техногенеза, управления техногенезом, при котором не будет негативных воздействий на окружающую среду.***
 - ***Одна из проблем геохимического мониторинга – определение того содержания элементов в окружающей среде, которое было до техногенного загрязнения, т.е. установление «фона».***
-