

ГЕОХИМИЯ ТЕХНОГЕНЕЗА

Геохимическую деятельность человечества А.Е.Ферсман назвал **техногенезом**. Ученый анализировал его с общих методологических позиций геохимии, выяснял, как зависит использование элементов от их положения в периодической системе, размеров атомов и ионов, кларков. Та часть планеты, которая охвачена техногенезом, представляет собой особую систему – **ноосферу**.

Термин введен в науку в 1927 г. французским ученым и философом Е. Леруа, который развивал учение о ноосфере совместно с геологом и палеонтологом Тейяр де Шарденом. Теоретической основой данной концепции послужили лекции В.И. Вернадского о биосфере в Сорбонне в 1922–1923 гг. Он создал учение о **ноосфере**, как оболочке Земли, результате развития биосферы.

Изучение геохимии ноосферы и техногенеза составляет теоретическую основу рационального использования природных ресурсов, охраны природы и борьбы с загрязнением окружающей среды.

Согласно О.П.Добродееву, по масштабам многие процессы техногенеза намного превышают природные. Так, например, ежегодно из недр извлекается много больше металлов, чем выносятся с речным стоком.

В ноосфере происходит грандиозное перемещение атомов, их рассеяние и концентрация. Ежегодно в мире перемещаются миллиарды тонн угля, нефти, руд и стройматериалов. В течение немногих лет рассеиваются месторождения полезных ископаемых, накопленные природой за миллионы лет.

Ноосфере свойственны и механическая, и физико-химическая, и биогенная миграция, но не они определяют ее своеобразие: главную роль играет техногенная миграция.

В первобытном обществе ее эффект был незначительным, но уже в государствах античного мира, коренным образом изменивших природу долин Нила (Египет), Амударьи (Хорезм), Тигра и Евфрата (Вавилония), Хуанхэ (Китай), техногенез стал важным геохимическим фактором. Поэтому этап геологической истории, начавшийся около 8000 лет назад, В.А.Зубков предложил называть *технозойским* или *техногеом*.

В XX в. техногенез стал главным геохимическим фактором на поверхности земли. Ежегодно добывается около 100 млрд. т минерального сырья и каустобиолитов, горные и строительные работы перемещают не менее 1 км³ горных пород, что соизмеримо с денудационной работой рек (Е. М.Сергеев). Мощность производства удваивается каждые 14-15 лет. Следовательно, первое существенное отличие ноосферы от биосферы - огромное ускорение миграции.

В последние десятилетия интерес к геохимии техногенеза и ноосферы связан преимущественно с проблемой загрязнения окружающей среды. Соответствующий раздел геохимии А. А. Крист предложил именовать *ноохимией* (геохимией ноосферы).

ДВЕ ГРУППЫ ПРОЦЕССОВ ТЕХНОГЕНЕЗА.

Первая группа унаследована от биосферы, к ней относятся биологический круговорот, круговорот воды, рассеяние элементов при отработке месторождений, распыление вещества и многие другие. При их изучении можно использовать понятия и методы, разработанные для анализа природных процессов.

Техногенная миграция **второй группы** находится в резком противоречии с природными условиями. Так, характерное для ноосферы металлическое состояние Fe, Ni, Cr, V и многих других элементов не соответствует физико-химическим условиям земной коры. Во все большем количестве в ноосфере изготавливаются химические соединения, никогда в биосфере не существовавшие и обладающие свойствами, неизвестными у природных материалов (искусственные полимеры, лекарства, краски, сплавы и т.д.). Новым для земной коры является и производство атомной энергии, радиоактивных изотопов, сверхчистых веществ.

ТЕХНОФИЛЬНОСТЬ И ДРУГИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОГЕНЕЗА

Количество добываемых элементов неодинаково. Так, например, мировая ежегодная добыча С измеряется миллиардами тонн, Fe - сотнями миллионов, Си - миллионами, Hg - тысячами, Се - десятками тонн. Эти различия обусловлены многими причинами:

1. Свойства элементов и технология получения. Алюминий и титан, например, практически не использовались до XX в., так как технология их извлечения из минералов была слишком сложной и дорогой.

2. Способность элемента к концентрации в земной коре - образованию месторождений. Так, ртуть образует месторождения с большими запасами, и этот редкий металл использовался еще в древности. У In кларк выше, чем у ртути, но он рассеян и его практическое применение началось лишь в XX в.

3. Распространенность элементов. Например, как бы золото ни было ценно для человечества, его добыча никогда не сравняется с добычей железа, так как кларк золота $4,3 \cdot 10^{-7}$, а железа - 4,65, т.е. в 10 миллионов раз больше. Si и Ge - химические аналоги, Ge похож на кремний. Но кремний - второй по распространенности элемент, а Ge редок (кларки 29,5 и $1,4 \cdot 10^{-4}$). Поэтому кремний - основа строительства (кирпич, бетон, цемент и др.), а Ge добывается в ничтожном количестве. Исключительная роль железа (XIX столетие - "железный век") связана не только с его свойствами, но и с большим кларком.

Отсюда появилось понятие **технофильность (Т)**. Она равна отношению ежегодной добычи элемента D к его кларку в земной коре K:

$$T = D/K$$

Например:

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

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

Как видно из приведенных расчетов, человечество извлекает из недр Fe и Mn, Cu и Ag с равной интенсивностью, пропорционально их распространенности в земной коре. Следовательно, технофильность их одинакова.

Многие химические элементы-аналоги с разными кларками и размерами добычи обладают одинаковой или близкой технофильностью: Cd и Hg, Ta и Nb, U и Mo, Ti и Zr и т.д. Но есть и различия: Cl и F, K и Na, Ca и Mg и др.

В будущем зависимость добычи от кларков, вероятно, станет еще более тесной, так как богатые месторождения быстро отрабатываются, и со временем, человечество перейдет к эксплуатации горных пород, в которых содержания элементов близки к кларкам.

Технофильность можно рассчитывать для отдельной страны, группы стран, всего мира. Естественно, технофильность со временем меняется

Анализ технофильности позволяет прогнозировать и добычу элементов. Наименее технофильны Y, Ga, Cs, Th. Кроме того, например Mg по технофильности сильно отстает от других элементов - Ca, Ba, Na, Cl, Pb, Cu, Zn, Sn, Ni, Mo, Hg и т.д. Это свидетельствует о слабом использовании магния и в ближайшем будущем оно, возможно, возрастет.

Технофильность элементов колеблется в миллионы раз - от $1,1 \cdot 10^{11}$ у C до $1 \cdot 10^3$ у Y, в то время как контрасты кларков составляют миллиарды ($n \cdot 10^1$ - $n \cdot 10^{-10}$ и менее). Следовательно, техногенез ведет к уменьшению геохимической контрастности ноосферы (по сравнению с биосферой и земной корой).

При техногенезе в биосфере накапливаются наиболее технофильные элементы: человечество "перекачивает" на земную поверхность из глубин элементы рудных месторождений. В результате по сравнению с природным культурный ландшафт обогащается Pb, Hg, Cu, Sn, Sb и другими элементами.

ТЕХНОГЕННЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ

Их размеры колеблются в широких пределах. **Глобальные аномалии** охватывают весь земной шар. **Региональные аномалии** распространяются на материки, страны, зоны, области, провинции. **Локальные аномалии** связаны с конкретным рудником, заводом, городом и т.д.

Техногенные аномалии делятся на литохимические (в почвах, по родах, строениях), гидрогеохимические (в водах), атмогеохимические (в атмосфере) и биогеохимические (в организмах - фито-, зоо- и антропогеохимическое).

Совокупность техногенных аномалий от локального источника (завода, рудника, города, дороги и т.д.) именуется **техногенным ореолом и потоком рассеяния**, которые, как правило, включают в себя все виды аномалий.

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

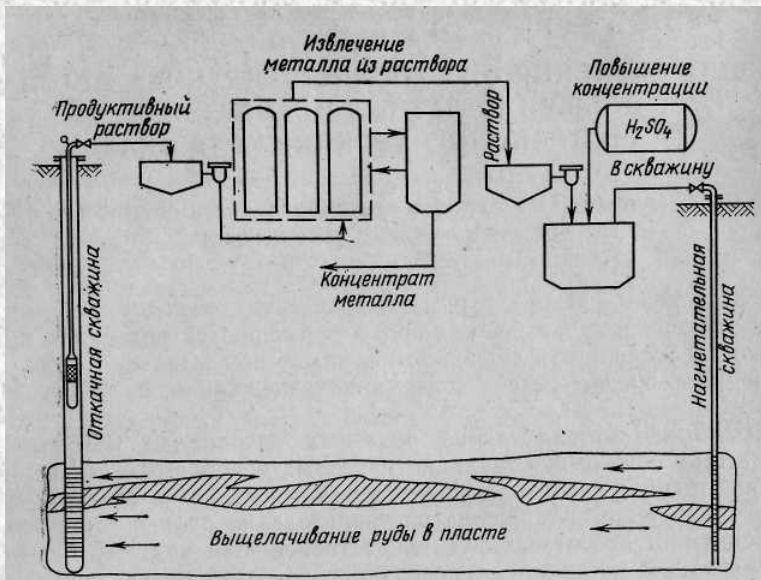
1. **Полезные аномалии**, улучшающие окружающую среду.
2. **Вредные аномалии**, ухудшающие ("загрязняющие") окружающую среду.
3. **Нейтральные аномалии**, не оказывающие влияния на качество окружающей среды.

ТЕХНОГЕННЫЕ ЗОНЫ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ

Известны зоны сернокислого, кислого и прочего техногенного выщелачивания. Выщелачивание приобрело большое значение при добыче металлов.

Применяется выщелачивание под землей ("подземное выщелачивание"), из руды, извлеченной на поверхность, из отвалов "былой добычи" - хвостохранилищ ("кучное выщелачивание").

Вопросы выщелачивания изучает особая прикладная наука - **геотехнология**, которая во многом основана на данных геохимии.



Техногенный геохимический барьер - это участок, где происходит резкое уменьшение интенсивности техногенной миграции и, как следствие, концентрация элементов. **Техногенные барьеры могут быть полезными, нейтральными и вредными.** На техногенных барьерах происходит техногенное минералообразование.