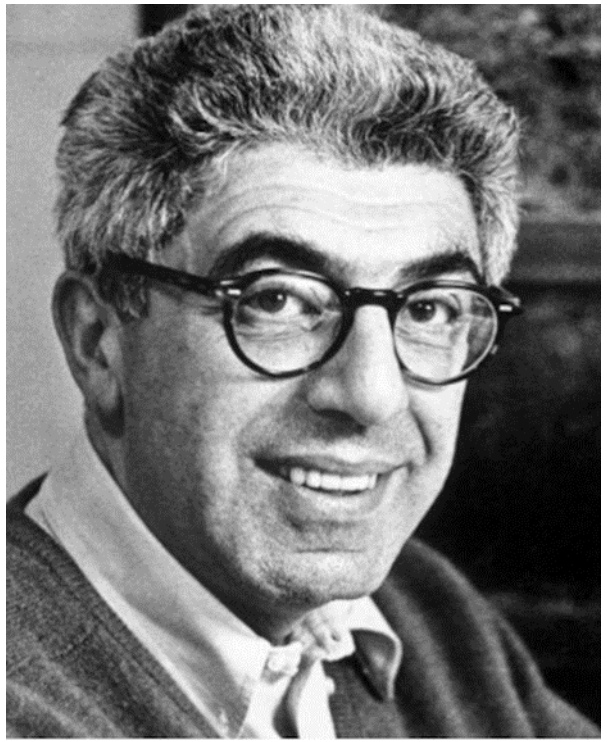
Тема 5. Химико-экологические проблемы гидросферы
Ч. 2. Техногенные илы



Б.Коммонер (1917-2012)

Законы экологии Барри Коммонера

1. Всё связано со всем.

2. Всё должно куда-то деваться.

3. Природа знает лучше.

4. Ничто не даётся даром.

Коммонер Б. Замыкающийся круг. 1971.

Оборотная сторона самоочищения водоемов – накопление **техногенных илов**.

Техногенные илы (по Янину, 2018) - особый вид аллювиальных отложений, возникающих в природно-техногенных системах.

Внешний облик – темно-серый или черный цвет, специфический (химический, фекальный, сероводородный) запах, вязкотекучая или мягкопластичная консистенция, высокие содержания тонких частиц и органического вещества.

Техногенные илы

- сходны с природными аллювиальными отложениями по распределению на акваториях и по форме образующихся тел;
- отличаются от природных минеральным и химическим составом, гранулометрией и темпами накопления.

Отличия техногенных илов от естественных

Морфологические особенности:

Техногенные илы формируются при более высоких скоростях осадконакопления.

Поступление в водотоки значительных объемов техногенного осадочного материала и накопление их в русле меняют режим наносов, условия аллювиального седиментогенеза и сказываются на развитии русловых процессов.

Механический состав:

Техногенные отложения представляют собой песчанистые или мелкоалевритовые илы, отличающиеся плохой сортировкой слагающих их частиц. Относительно естественного аллювия в них повышена доля алевритовых фракций (до 25–50%) и глинистых фракций (до 8–26%).

Вещественный состав:

Техногенные илы характеризуются присутствием значительного количества рентгеноаморфного вещества (до 30% и более при фоновом уровне около 10%). Аморфное вещество в илах, играет важную геохимическую роль, увеличивает их коллоидальную активность, набухание, липкость, гидрофильность, способность к концентрированию загрязняющих веществ. Происходит значительный рост количества минеральных новообразований – карбонатов и гидроксидов железа.

В техногенных илах встречаются такие минералы, как *тальк*, *асбестовые минералы*, *портландит*, *муллит* и разнообразные *искусственные частицы*, типичные для различных отходов и выбросов (угольной золы, промышленной пыли, промышленных шламов).

Органические загрязнения:

Техногенные илы, формирующиеся в зонах влияния городов, отличаются более высоким содержанием ОВ ($C_{орг}$ 1,26–2,60%), причем наиболее резко в них увеличиваются удельные концентрации липидов и нерастворимого ОВ. В целом ОВ техногенных илов характеризуется средней и высокой степенью гумификации, что указывает на преобладание в условиях загрязнения восстановительных процессов.

В формировании свойств илов важную роль играют нефтепродукты, содержания которых в зонах интенсивного загрязнения может достигать нескольких сотен мг/кг. Типичными органическими поллютантами в донных отложениях являются также ПАУ (включая бенз(а)пирен – маркер техногенного воздействия), ПХБ и другие соединения.

Часть ОВ техногенного происхождения, являясь исходно относительно безопасными для живых организмов, способна в условиях речной среды трансформироваться в более токсичные соединения, что увеличивает общую экотоксичность илов.

Микроорганизмы и их деятельность:

Техногенные илы характеризуются специфическим составом микробиоты, включая присутствие в них патогенных микроорганизмов. Это определяет их повышенную микробиологическую опасность.

Высокое содержание ОВ в илах обусловливает развитие консорциума сапротрофных микроорганизмов, расходующих кислорода на его окисление. Это способствует формированию в техногенных илах анаэробных условий (глеевых на континенте и сероводородных в прибрежных акваториях). При этом усиливается миграционная подвижность многих микроэлементов и их способность к обмену между донными отложениями и водой.

Геохимические особенности техногенных илов

Все виды промышленного, сельскохозяйственного и горнорудного производства создают в малых реках, принимающих сточные воды и поверхностный сток, интенсивные полиэлементные геохимические аномалии.

При этом наблюдаются отчетливые различия в характере техногенных геохимических ассоциаций в донных отложениях в зависимости от источника загрязнений.

Качественные параметры геохимических ассоциаций **сельскохозяйственных районов** определяются спецификой хозяйственного использования водосборных территорий, в первую очередь – за счет применения минеральных и органических удобрений, ядохимикатов, поступление сточных вод и отходов животноводства. Наибольшая степень санитарно-токсикологической вредности (опасная) установлена для воздействия животноводческих комплексов.

В **горнорудных районах** техногенное воздействие приводит, в первую очередь, к увеличению доли взвешенных форм металлов в водотоках.

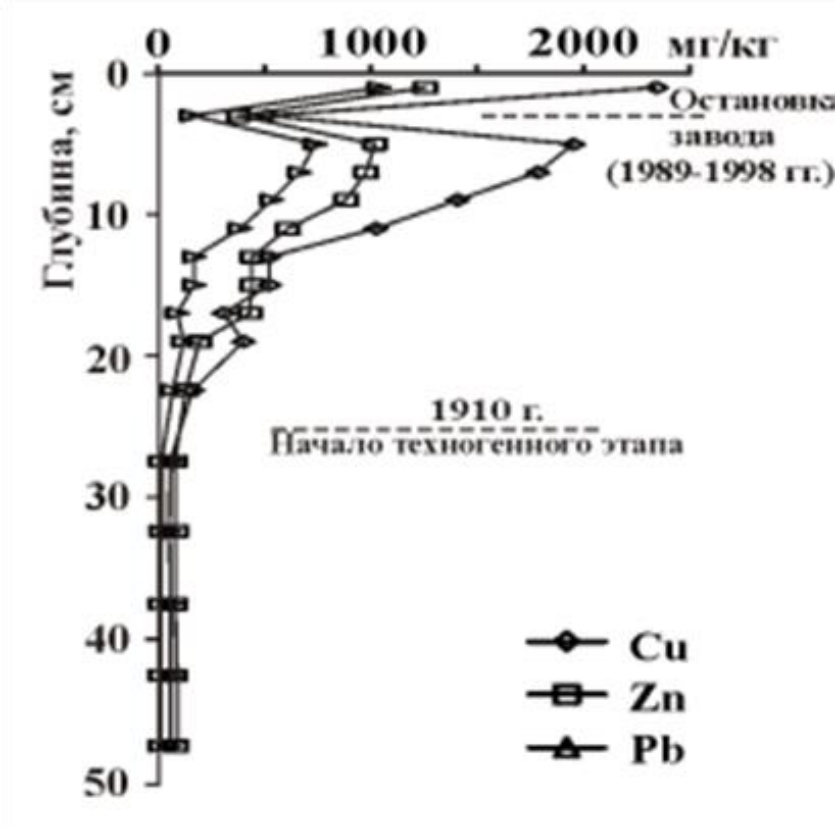
Степень концентрирования химических элементов в образующихся донных техногенных отложениях превышает таковую в природных (рудогенных) аномалиях.

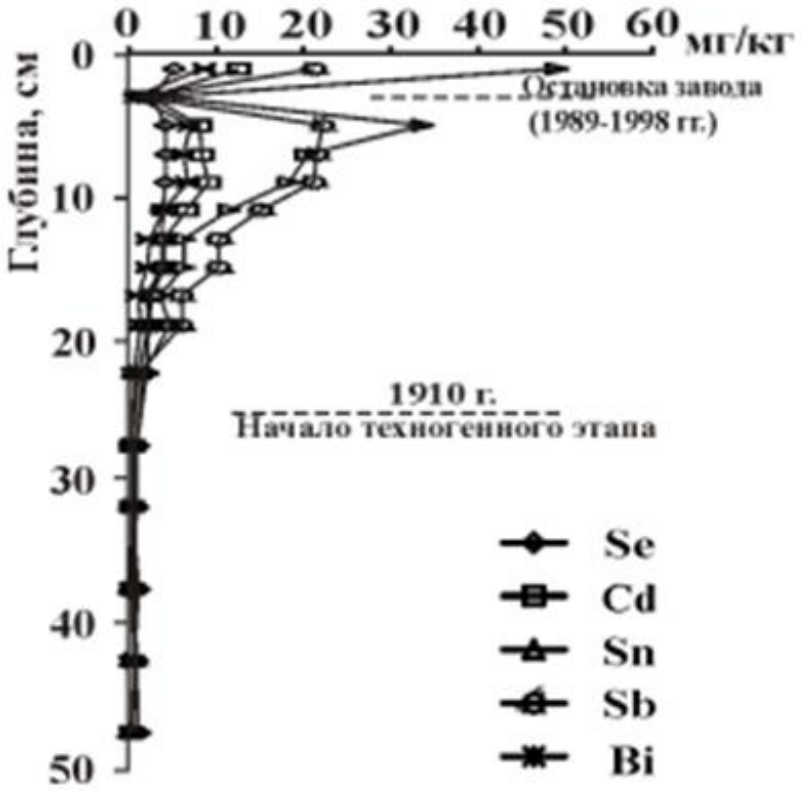
При этом количественные соотношения между химическими элементами в техногенных геохимических ассоциациях могут отличаться от природных (рудогенных). Концентрирование элементов-примесей в техногенно загрязненных донных отложениях часто выше, чем главных компонентов добываемых руд.

Воздействие **промышленно-урбанизированных объектов** (городов, промышленных зон, заводов) отражается в техногенных илах качественно сходной геохимической ассоциацией. Практически повсеместно в ней присутствуют **Hg, Ag, Cd, Co, Cu, Ba, Zn, Cr, P**.

Наиболее интенсивные и комплексные по составу аномалии типичны для предприятий (промышленных зон), использующих в технологическом цикле различные физико-химические процессы, осуществляющие получение и переработку цветных металлов. Степень разделения химических элементов в илах невелика, распределение их обычно отличается высокой степенью корреляции, и резкой пространственной дифференциации геохимических ассоциаций в техногенных илах обычно не наблюдается.

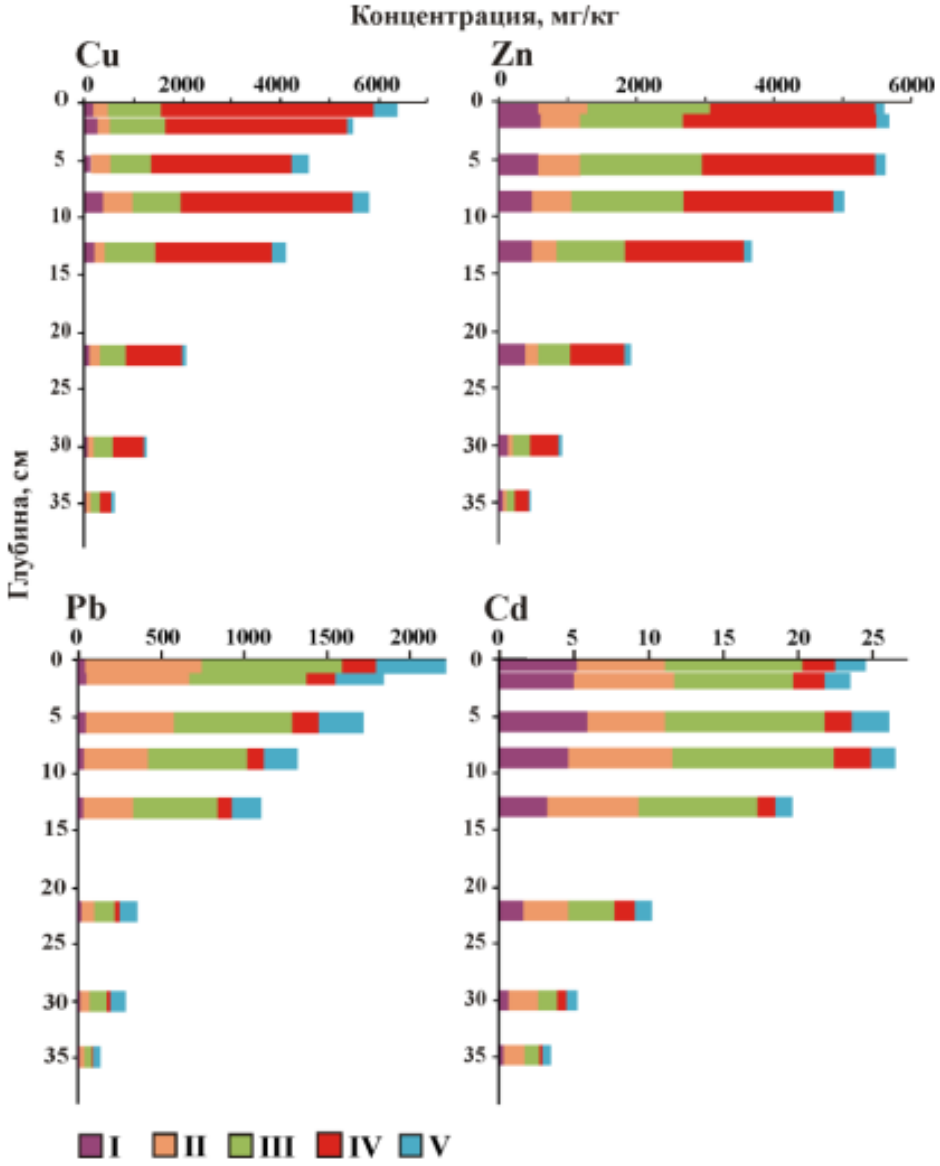
Техногенные илы, накапливающиеся в **озерах**, аналогичны по свойствам речным, но характеризуются более отчетливой вертикальной стратификацией из-за отсутствия динамического перемешивания осадков.





Вертикальное распределение халькофильных элементов в донных отложениях озера Уфимское (источник эмиссии – Карабашский медеплавильный завод). (Удачин, 2012)

Формы нахождения элементов в техногенных илах



Формы нахождения тяжелых металлов в составе донных отложений озер при горнопромышленном техногенезе (Удачин, 2012)
(I – обменные, II – связанные с карбонатами, III – с гидроксидами Fe и Mn, IV – с органикой, V – силикатные).

Диагенетические изменения техногенных илов

Техногенные илы в целом являются образованиями геохимически незрелыми и характеризуются способностью к активным диагенетическим изменениям слагающего их вещества.

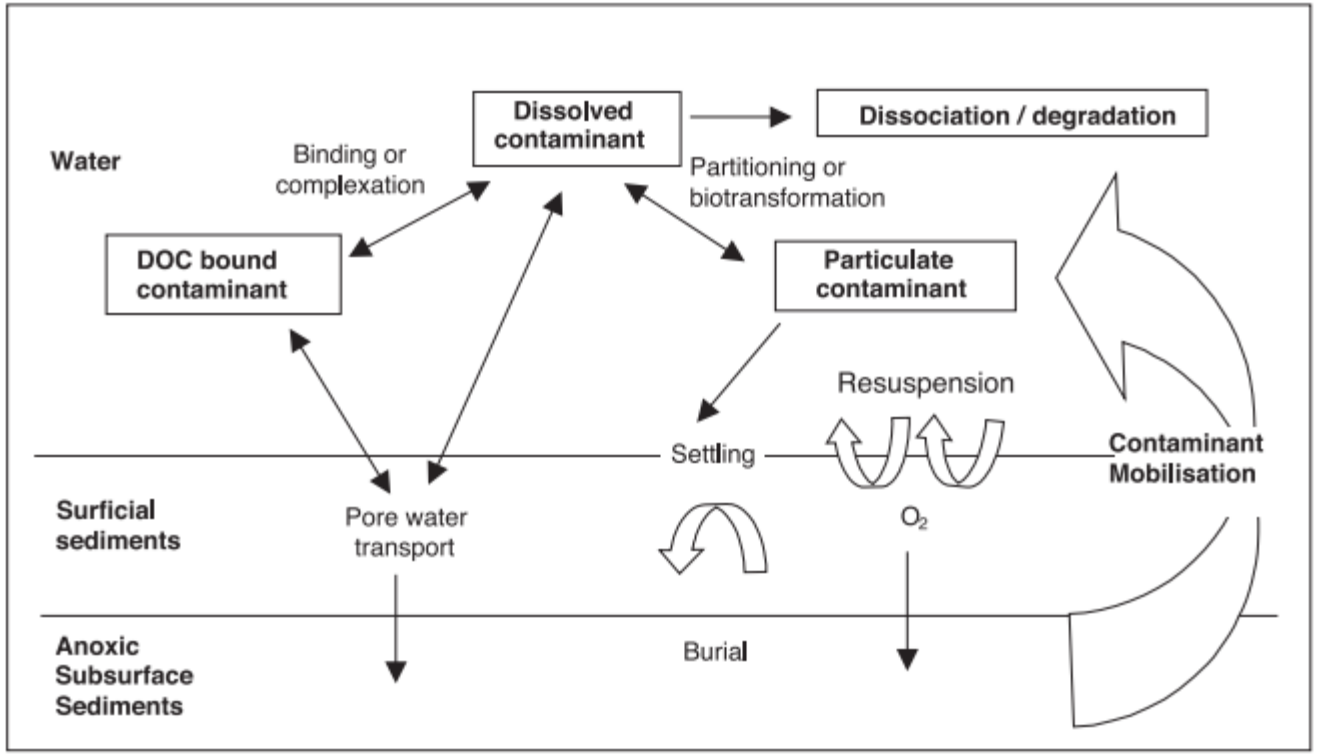
В верхнем слое осадков, находящемся в окислительной обстановке, происходит трансформация органического вещества и новообразование гидроксидов Fe, Mn и Al, являющихся накопителями микроэлементов.

Диагенетические изменения техногенных илов

На большей глубине обстановка становится восстановительной, гидроксиды Fe и Mn растворяются с высвобождением их микроэлементной «нагрузки». При этом тяжелые металлы частично перераспределяются в другие связанные формы (ионообменную, органическую, сорбированно-карбонатную), содержание токсичных элементов в поровой воде существенно растет .

В бескислородной среде развиваются процессы брожения и связанного с ним метилирования ряда элементов (Hg, S, Se и др.). Образование органических форм элементов (например, $Hg(CH_3)_2$ – диметил-ртути) приводит к резкому увеличению их миграционной способности и выделению из донных отложений в водоток.

Ремобилизация токсичных загрязнений из техногенных илов



Transport and transformation of contaminants in sediments (Eggleton, Thomas, 2004)

Техногенные илы представляют большую эколого-геохимическую опасность при проведении дноуглубительных и рекультивационных работ.

Взмучивание илов может приводить к выбросу в водотоки накопленных в илах токсичных элементов и соединений.

Прогноз их поведения при смене условий от восстановительных (в толще илов) на окислительные (взвесь в водной толще) представляет собой сложную геохимическую задачу из-за смены преобладающих форм нахождения токсичных элементов.

Техногенные грунты ≠ Техногенные илы

Показатель	**Техногенные грунты**	**Техногенные илы**
Способ образования	Техногенный механический (преим.)	Естественный гидродинамический
Сортировка	Отсутствует (локальная)	Слабая
Среда образования	Субаэральная	Субаквальная
Пути вторичной эмиссии загрязнений	Ветровой разнос Поверхностный смыв Фильтрация грунтовых вод с образованием дренажных вод	Размыв и переотложение Диффузия в придонную воду
Газовыделение	Конвективный поток подпочвенного газа	Диффузия в водной среде Барботаж

Техногенные илы – естественные по способу образования, и антропогенные по источникам вещества.