

## Как исследуют миграцию металлов в природных водах

Тяжелые металлы играют важную роль в жизни водоемов. Некоторые металлы являются микроэлементами, которые необходимы всем живым организмам. В качестве примера можно привести: медь, цинк, железо, кобальт и марганец. Когда содержание этих металлов становится слишком высоким, из полезных микроэлементов они превращаются в опасные загрязнители. Повышенное содержание тяжелых металлов в природных водах часто обусловлено деятельностью человека. Именно благодаря антропогенным загрязнениям в реки и озера попадают большие количества никеля, свинца, хрома, кадмия, ртути, которые обычно содержатся в природных водах в очень небольших количествах.

Кроме растворенных солей, в пресных природных водах содержится много органических веществ, а также органических и минеральных коллоидов (т.е. частиц очень маленького размера). Основная часть органических веществ в пресных водоемах представлена гуминовыми и фульвокислотами. Эти кислоты способны связывать тяжелые металлы в очень прочные комплексы. Такие комплексы могут быть настолько стойкими, что катионы металлов невозможно обнаружить обычными методами анализа – до тех пор, пока не будет разрушен органический лиганд.

Некоторые ученые пытались моделировать природную воду, растворяя в дистиллированной воде различные соли. Разумеется, эти попытки не принесли положительных результатов, поскольку в модельных растворах отсутствовали природные органические вещества. С другой стороны, в природных водах происходит постоянный обмен металлами между растворенной формой, частицами коллоидов и донными отложениями. Коллоиды способны активно сорбировать тяжелые металлы. Со временем коллоидные растворы коагулируют, в результате чего загрязнения оседают на дно. Если поступление тяжелых металлов прекращается, поверх загрязненного ила образуется свежий слой «чистых» донных отложений. В результате тяжелые металлы изолируются и выводятся из экосистемы. Вода самоочищается. Именно так водоемы справляются с последствиями антропогенных аварий.

К сожалению, процесс перехода загрязнителей в донные отложения может быть обратимым. При некоторых условиях, тяжелые металлы опять попадают в воду. Это

приводит к серьезным экологическим катастрофам. Например, в Днепровских водохранилищах содержится много марганца. При обычных условиях марганец быстро окисляется кислородом и оседает на дно в виде  $MnO_2 \cdot nH_2O$ . Однако если возникает дефицит кислорода в придонном слое (т.е. создаются анаэробные условия), марганец восстанавливается до катиона  $Mn^{2+}$  и переходит в раствор. Этот процесс может происходить довольно быстро и приводит к массовому замору рыбы.

Чтобы предотвратить такие катастрофы, необходимо знать поведение тяжелых металлов в системе природная вода – коллоиды – донные отложения. Для этого проводят моделирование природных систем в специальных аквариумах. На дно кладут необходимое количество ила, наливают воду и вводят заданное количество исследуемого металла. В зависимости от задачи в аквариумах создают аэробные (свободный доступ кислорода) или анаэробные (доступ кислорода закрыт или ограничен) условия. Остается только определить, как изменяется содержание металла в воде со временем.

Задача это довольно непростая. Для начала нужно отделить металлы, которые растворены в воде от тех, что содержится в коллоидной форме (в виде взвесей). Коллоидные частицы очень малы, поэтому они легко проходят через поры обыкновенных фильтров (бумажных или стеклянных). Для отделения коллоидных частиц применяют специальные мембранные фильтры с очень малым диаметром пор. При исследовании природных вод принято использовать фильтры с диаметром пор  $0.45 \text{ мкм}^1$ . Такие фильтры создают значительное сопротивление потоку жидкости, поэтому необходима специальная установка для фильтрования под давлением. Давление создается с помощью обыкновенного компрессора. Такой процесс называется ультрафильтрацией.

После фильтрования в воде содержатся только истинно растворенные металлы и органические вещества. Чтобы можно было проанализировать металлы, органические вещества необходимо разрушить. Для этого используют так называемое «мокрое озонирование». К раствору добавляют перекись водорода и облучают его ультрафиолетовым светом. В результате органические вещества окисляются, после чего катионы металлов анализируют обыкновенными физико-химическими методами.

Читателям, которые желают более подробно узнать о процессах миграции микроэлементов в природных водах, рекомендуем книгу: **П.Н. Линник, Б.И. Набиванец. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л. Госметеиздат. 1986 г.**

---

<sup>1</sup> 1 мкм (микромметр, микрон) равен  $10^{-3}$  мм или  $10^{-6}$  м



Установка для ультраfiltrации

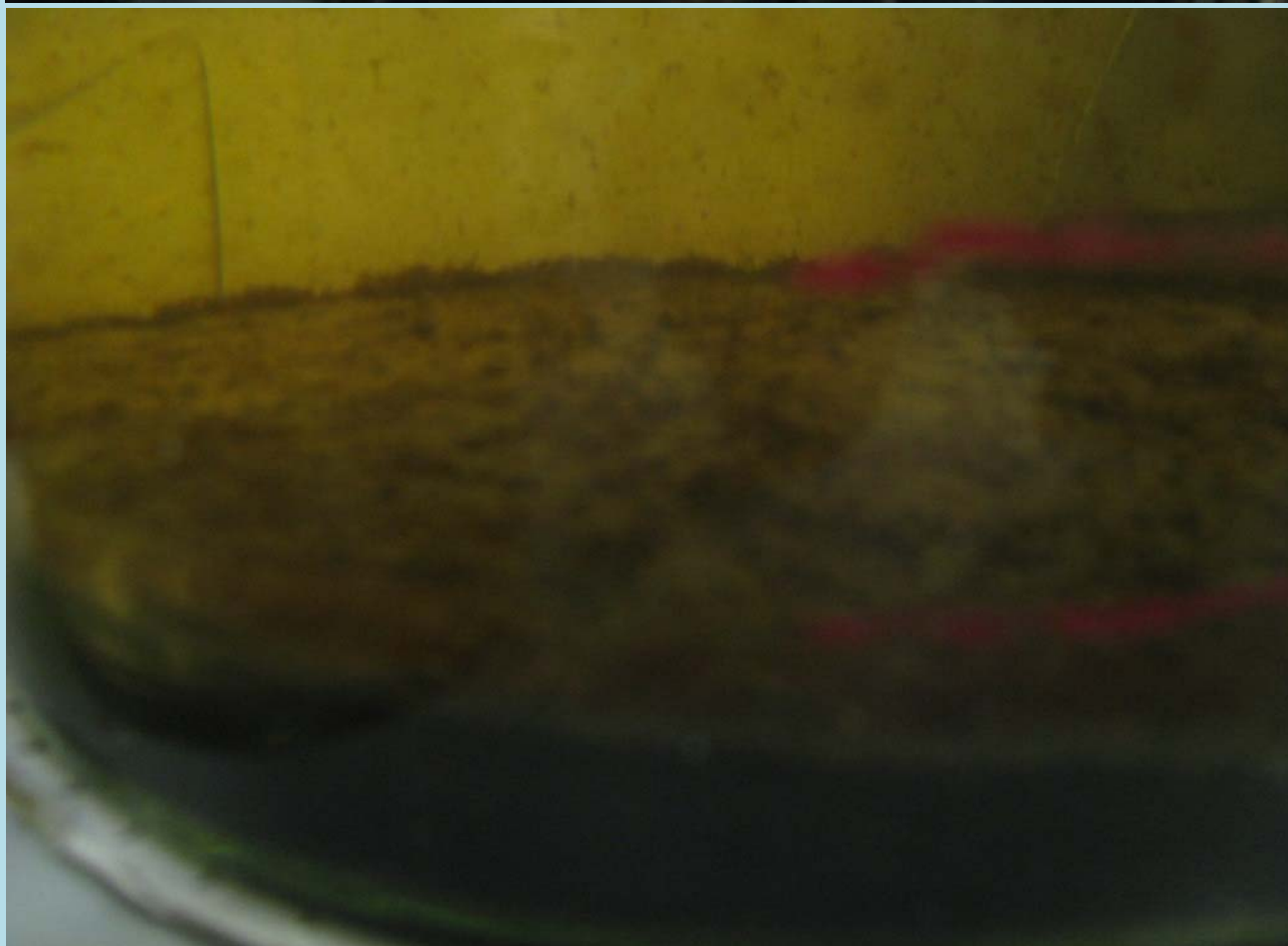


На эту решетку кладут мембранный фильтр





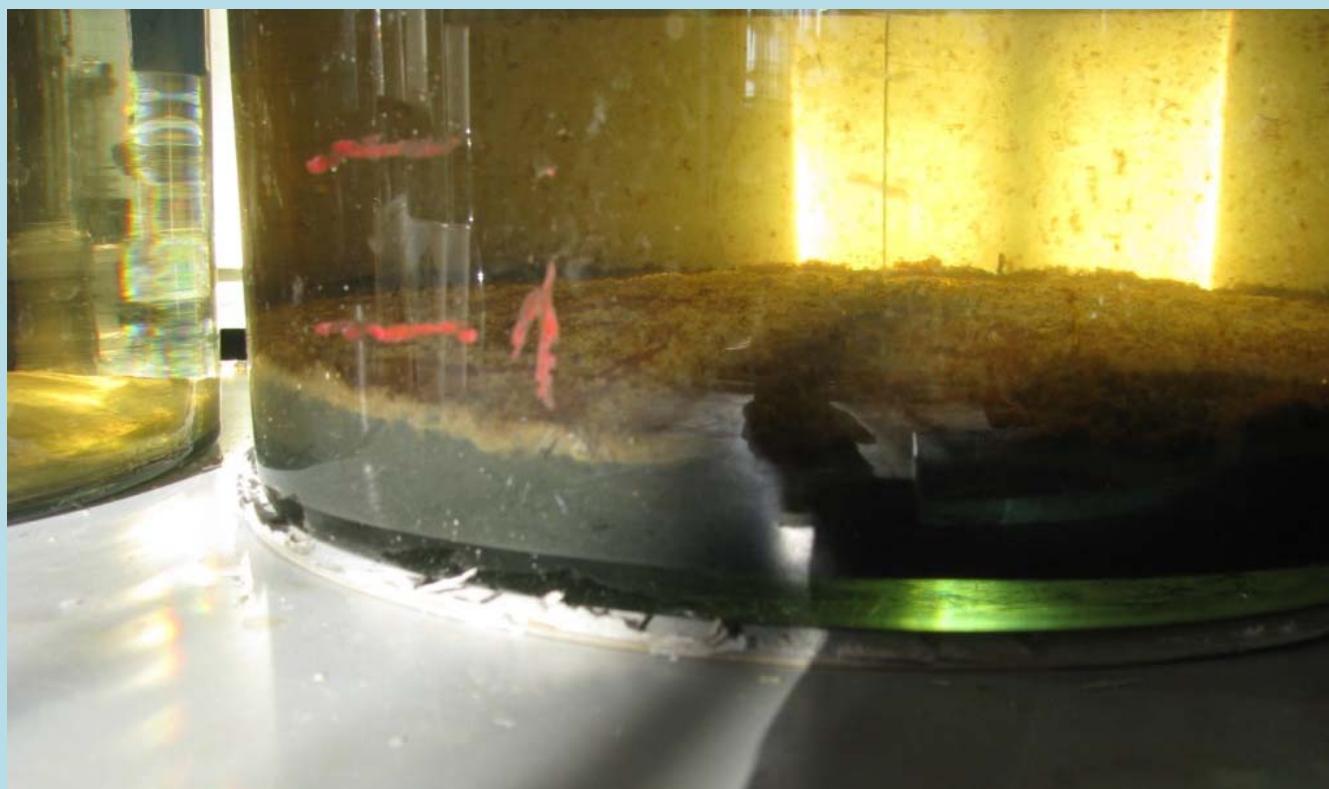
**Модельные системы (металл – вода – донные отложения)**





**Черный цвет обусловлен высоким содержанием марганца. Марганец, окисляясь, образует тонкий коллоид  $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$**





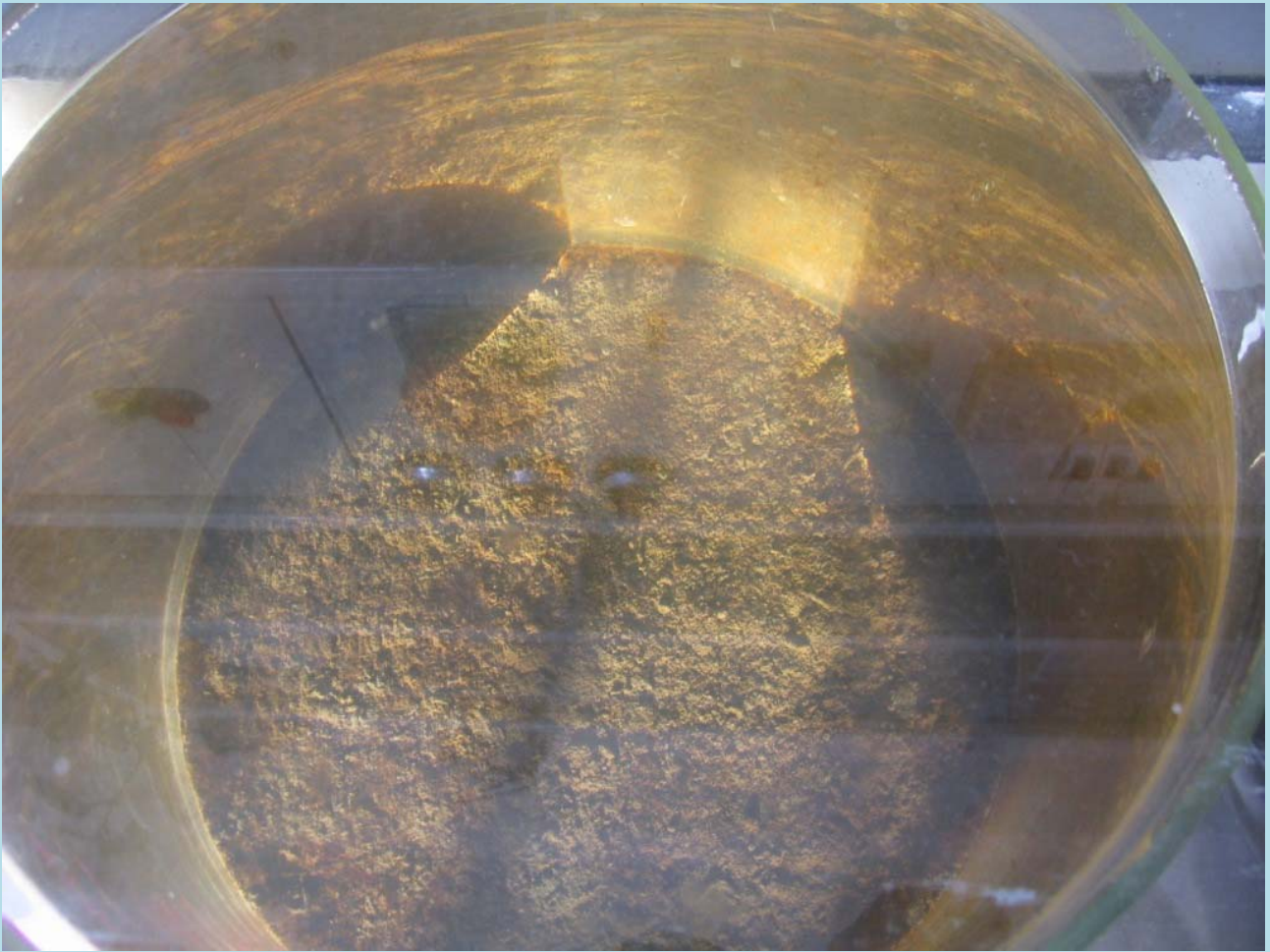








фото А.В. Зубко