

УДК 543.3:546.0

А.П. ГОЛОВАЧ, С.В. МОНТИК

Брест, БрГТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ МИГРАЦИИ МЕТАЛЛОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ

Среди загрязнителей биосферы, представляющих наибольший интерес для различных служб контроля ее качества, металлы (в первую очередь тяжелые, то есть имеющие атомный вес больше 40) относятся к числу важнейших. Так как даже в малых количествах эти поллюанты оказывают токсическое воздействие на гидробионты, существенно изменяя экологическое состояние водных объектов. Кроме того, металлы не подвергаются биодegradации и в значительных количествах могут накапливаться в воде, водных организмах и толще донных отложений.

Воздействие загрязнителей на экосистемы в значительной степени зависит от особенностей миграции их в гидросфере. Имеется в определенной степени обоснованное предложение при установлении предельно допустимых концентраций учитывать не только абсолютную концентрацию отдельных веществ в воде, но и форму существования их в виде определенных соединений, а также состояние этих соединений в водах, зависящее от величины pH среды и других факторов. Наибольшей токсичностью обладают гидратированные ионы металлов, а связанные в комплексы опасны в меньшей мере либо даже почти безвредны. В отдельных случаях, например, при комплексообразовании с органическими соединениями естественного происхождения, эти комплексы не только малотоксичны, но могут оказывать стимулирующее действие на развитие гидробионтов, поскольку становятся биологически доступны организмам. Специальные исследования показали, что между общей концентрацией металла-токсиканта в природных поверхностных водах и их токсичностью нет однозначной зависимости [1].

Большинство природных вод обладает способностью связывать ионы тяжелых металлов, поступающих в водные объекты. Это свойство природных вод является интегральным показателем и называется комплексообразующей способностью. Величина комплексообразующей способности определяет "буферную емкость" воды с точки зрения потенциальной возможности снижения токсического воздействия тяжелых металлов на гидробионтов. Комплексообразующая способность природных вод характеризует совокупное содержание активных центров координации в составе компонентов, способных связывать ионы металлов, и определяется суммарным содержанием органических и неорганических лигандов, а также

коллоидов различной природы, образующих с ионами металлов комплексные соединения и вещества разной степени устойчивости [2].

Наиболее существенный вклад в комплексообразующую способность природных вод вносит растворенное органическое вещество. Учитывая критерий снижения токсичности тяжелых металлов и распространенность в водах органических веществ, способных их связывать, в составе растворенных органических веществ можно выделить следующие классы веществ, определяющих в основном комплексообразующую способность природных вод: гуминовые кислоты, фульвокислоты, полифенолы, белковоподобные вещества, полипептиды и сахара [1]. Все они являются комплексообразующими реагентами, связывающими ионы металлов в комплексы и уменьшающими тем самым токсичность вод.

Гуминовые кислоты – специфические природные высокомолекулярные соединения – образующиеся при превращении растительных остатков в почвах под влиянием микроорганизмов, способны в наибольшей степени связывать ионы тяжелых металлов в прочные комплексы. Так, константы устойчивости соответствующих гуматов (комплексов ионов тяжелых металлов с гуминовыми кислотами) имеют значения в пределах 10^5 – 10^{12} в зависимости от природы металла. Устойчивость гуматов зависит от кислотности водной среды. В речных водах республики среди высокомолекулярных органических лигандов преобладают гумусовые вещества (60–90 % растворенных органических веществ), следовательно, их вклад в комплексообразующую способность является определяющим.

Различные поверхностные воды по-разному связывают ионы металлов-токсикантов, проявляя при этом различную буферную емкость. Воды озер и рек южной части Беларуси имеют большой набор природных компонентов (гумусовые вещества, гуминовые кислоты и фульвокислоты) и их высокую концентрацию, и поэтому способны к более эффективной природной детоксикации, по сравнению с водами северной части. Таким образом, при прочих равных условиях токсичность вод, в которых оказались загрязнители, зависит и от климатических условий природной зоны. Следует отметить, что буферная емкость поверхностных вод по отношению к металлам-токсикантам определяется не только наличием растворенного органического вещества и взвесей, но и аккумулирующей способностью гидробионтов, а также кинетикой поглощения ионов металлов всеми компонентами экосистемы, включая комплексообразование с растворенными органическими веществами. Все это говорит о сложности процессов, протекающих в поверхностных водах при попадании в них металлов-загрязнителей.

Химико-аналитический аспект проблемы определения форм существования металлов в природных водах был сформулирован около 20 лет на-

зад, однако лишь с появлением новейших методов анализа эта задача стала доступной для решения [3]. Раньше определяли лишь валовое содержание тяжелого металла в воде и устанавливали распределение между взвешенной и растворенной формами. О качестве вод, загрязненных металлами, судили на основе сопоставления данных по их валовому содержанию с величинами ПДК. Сейчас такая оценка считается неполной и необоснованной, так как биологическое действие металла определяется его состоянием в водах, а это, как правило, комплексы с различными компонентами. При разработке существующих ПДК процессы комплексообразования не учитывали и оценку влияния неорганических солей тяжелых металлов на живые организмы проводили в чистых водных растворах при отсутствии растворенных органических веществ естественного происхождения. Строго говоря, провести такую оценку сложно, а порой и невозможно.

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, поверхность 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. Однако, процесс перехода загрязнителей в донные отложения может быть обратимым. При некоторых условиях, например, интенсивный паводок, тяжелые металлы опять попадают в толщу воды. Это приводит к серьезным экологическим последствиям, предотвратить которые можно зная поведение тяжелых металлов в системе природная вода – коллоиды – донные отложения.

Для изучения таких систем студенты БГТУ, обучающиеся по специальностям «Природоохранная деятельность» и «Водоснабжение, водоотведение, охрана водных ресурсов» проводят моделирование природных систем в лабораторных условиях. На дно стеклянных емкостей кладут необходимое количество ила, наливают воду, вводят заданное количество исследуемого металла и определяют как изменяется содержание металла в воде со временем. Металлы в растворенной форме от коллоидной отделяют в процессе ультрафильтрации через мембранные фильтры. После фильтрования в воде содержатся только истинно растворенные металлы и органические вещества. Далее в процессе «мокрого озонения» перекисью водорода разрушают органические вещества, после чего анализируют содержание металлов.

Итак, токсичность вод при загрязнении их тяжелыми металлами в основном определяется концентрацией либо акваионов металлов, либо

простейших комплексов с неорганическими ионами. Присутствие других комплексообразующих веществ, и прежде всего органических, понижает токсичность. Явление накопления токсикантов в донных отложениях может явиться причиной вторичной токсичности вод. Даже если источник загрязнения устранен, в дальнейшем возможна обратная миграция металла из донных отложений в толщу воды. Прогнозирование состояния водных систем должно опираться на данные анализа всех составляющих гидроэкосистемы, проводимого через определенные промежутки времени.

Сведения о распространении металлов, как загрязнителей, интересуют прежде всего экологов-аналитиков, которые получают первичную информацию, хотя в решении проблемы охраны окружающей среды участвуют специалисты из смежных областей наук. Одним из направлений современного реформирования высшей школы является подготовка высококвалифицированных специалистов-экологов с широкой эрудицией в смежных областях химии и экологии, способных решать сложнейшие и жизненно важные проблемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Линник, П.Н. Роль гумусовых веществ в процессах комплексообразования и детоксикации (на примере водохранилищ Днепра) / П.Н. Линник, Т.А. Васильчук. – Гидробиол. журн. – 2001. – Т. 37, № 5. – С. 98–112.
2. Едигарова, И.А. Комплексообразующая способность растворенного органического вещества природных вод / И.А. Едигарова, В.Н. Красюков, И.А. Лапин, А.М. Никаноров / Водные ресурсы. – 1989. – № 4. – С. 122–129.
3. Головач, А.П. Исследование органических примесей в воде методом флуоресцентной спектроскопии // Проблемы водоснабжения, водоотведения и энергосбережения в западном регионе Республики Беларусь: сборник материалов международной научно-технической конференции. – Брест : изд-во БрГТУ, 2010. – С. 274–277.