

рационального природопользования стран АТЭС и пути их решения: сборник научных трудов. – Москва: МИСиС, 2010. – С. 55–57.

3. Горбунова, В.В. Экологические проблемы. Создание малоотходных и замкнутых технологических схем / В.В. Горбунова, В.А. Зайцев // Химическая технология. – 2005. – № 9. – С. 33–40.

4. Дельмон, Б. Кинетика гетерогенных реакций / Б. Дельмон. – М.: Мир, 1972. – 554 с.

5. Марченко, З. Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе / З. Марченко, М. Бальцежак. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 712 с.

6. Способ утилизации отработанных химических источников тока: Пат. N 2164955 / А.Н. Птицын, Л.И. Галкова, В.В. Ледвий, С.В. Скопов // Опубл. 2001.

7. Method for separating and recovering valuables from waste dry battery: Pat. 61261443 JP / Aoki Medeo, Tazaki Hiroshi // Опубл. 1986.

Работа выполнена при поддержке государственного контракта № П 205 Программы: «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы».

УДК 550.424.4:546.3

РОЛЬ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В МИГРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ

Головач А.П.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, golovach_anna@mail.ru

Humic substances as the most widespread group of dissolved organic matter play a major role in the binding of metals in complexes. The characteristic of properties of the humic acids caused by features of their structure and the multifunctional nature is given. Humic substances participate in metals migration, decrease negative impact of toxicants.

Введение

Возрастающая производственно-хозяйственная деятельность человека приводит к неизбежному увеличению концентрации тяжелых металлов в природных водах. Качество водной среды, загрязненной тяжелыми металлами, оценивается путем сопоставления величин их валового содержания в природных водах с соответствующими показателями ПДК. Однако такая оценка не позволяет получить надежную и объективную информацию об экологическом состоянии водоема, так как различные формы одного и того же металла по-разному влияют на жизнедеятельность водных организмов (стимулируя либо угнетая ее). Токсичность водной среды в большинстве случаев не имеет прямой и однозначной связи с общей концентрацией металлов, поэтому, при оценке загрязнения водоема тяжелыми металлами, важно знать не только их валовые концентрации, но и формы миграции в каждом конкретном водоеме.

Роль гумусовых кислот в миграции тяжелых металлов в гидрозоксистемах

Тяжелые металлы, поступающие в природные воды при антропогенном загрязнении, даже в малых количествах способны оказывать токсическое воздействие на гидробионов. Токсичность металла во многом зависит от состоя-

ния, в котором он находится и мигрирует в водной среде. Наиболее токсичной является форма металла, для которой характерны большая биологическая и химическая активность. В случае тяжелых металлов наиболее реакционно-способными и, следовательно, биологически доступными для организмов являются свободные ионы [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.

Наиболее существенный вклад в комплексообразующую способность природных вод вносит растворенное органическое вещество. Комплексы металлов с растворенными органическими веществами поверхностных вод в большинстве случаев относятся к координационным соединениям хелатного типа. Такие комплексы обладают низкой токсичностью или вовсе нетоксичны. Причина детоксикации связана со снижением химической и биологической активности металлов в подобных комплексных соединениях. Учитывая критерий снижения токсичности тяжелых металлов и распространенность в водах органических веществ, способных их связывать, можно выделить следующие классы растворенных органических веществ, определяющих в основном комплексообразующую способность природных вод: гумусовые вещества (гуминовые и фульвокислоты), полифенолы, белковоподобные вещества, полипептиды и сахара [1].

Для природных поверхностных вод РБ наряду с исключительным разнообразием состава растворенных органических веществ характерно доминирование гумусовых веществ, которые представляют собой биохимически устойчивые высокомолекулярные полифункциональные соединения, обладающие свойствами слабых кислот. В силу специфики строения, обусловленной наличием гидрофобного ароматического каркаса и богатой функциональными группами углеводно-пептидной периферии, гумусовые кислоты проявляют макролигандные свойства. Они образуют комплексы с ионами металлов, в результате чего экотоксиканты изменяют токсичность и приобретают миграционные свойства гумусовых веществ.

Гумусовые кислоты являются полиэлектролитами со слабодиссоциирующими в кислых и нейтральных средах ионогенными группами. Результаты потенциметрического титрования позволяют сделать вывод о том, что соединения гумусовых веществ обладают высокой обменной емкостью (3–13 мг-экв/л) [2]. В соединениях с большой молекулярной массой значительную роль играют карбоксильные группы, а с меньшей – фенольные. Размер и форма частиц фракций гумусовых кислот зависят от степени диссоциации ионогенных групп, определяемой при отсутствии комплексообразования главным об-

разом величиной pH. В зависимости от степени диссоциации и соотношения сил внутри- и межмолекулярных взаимодействий макромолекулы гумусовых кислот могут принимать различные конформационные состояния. Взаимодействия макромолекул фракций гумусовых кислот с комплексообразователями определяются поверхностным потенциалом и конформацией макромолекулы [2].

В поверхностных водах гумусовые кислоты находятся в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии. Распределение гумусовых веществ между основными формами миграции обусловлено их концентрацией, химическим составом вод, pH раствора и другими факторами. Физико-химическое состояние гумусовых кислот определяет миграционные свойства закомплексованных металлов, однако и сами металлы, взаимодействуя с гумусовыми веществами, способны существенно изменять поведение макромолекул в растворе. Координация катионов отрицательно заряженными функциональными группами высокомолекулярного лиганда приводит к ослаблению внутримолекулярного отталкивания. В результате предпочтительной становится компактная свернутая конфигурация макромолекул гумусовых кислот в растворе, они становятся более гидрофобными и выпадают в осадок [2].

Растворенные формы, которые включают комплексы щелочных и щелочноземельных элементов с фульвовыми и частично с гуминовыми кислотами, занимают доминирующее положение в природных водах. Легко гидролизуемые катионы Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Al^{3+} могут образовывать растворимые комплексы с фульвокислотами, благодаря чему их миграционная способность возрастает на 2-3 порядка. Известно, что железо (II) в комплексах с фульвокислотами связано настолько прочно, что не окисляется до железа (III) при наличии растворенного в воде кислорода. Добавка гуминовых кислот к природной воде, содержащей повышенную концентрацию ионов меди (около 300 мкг/дм³), приводит к существенному снижению токсичности меди по мере ее связывания в комплексы [1]. Причина этого обусловлена образованием хелатных соединений между ионами меди и гуминовыми кислотами.

Значительная часть гумусовых кислот в природных водах существует в виде частиц коллоидной дисперсности и составляет коллоидную форму миграции закомплексованных поллютантов. Образование металлорганических коллоидов можно объяснить адсорбцией органических поликислот на неорганическом коллоиде (гидроксиды железа, марганца, алюминия) и комплексобразованием полиядерных гидроксидов с гуминовыми и фульвовыми кислотами. Гумусовые соединения придают отрицательный заряд коллоидным агрегатам, способствуя их стабилизации в растворе и повышая миграционную активность элементов в природных водах.

Среди факторов, способствующих снижению токсичности металлов, кроме гидролиза и комплексобразования с участием неорганических и органических лигандов поверхностных вод, большое значение имеют также адсорбция на взвешенных частицах и донных отложениях. Нерастворимые комплексные соединения металлов с гумусовыми веществами, скоагулировавшие органические коллоиды и металлоорганические ассоциаты и гуминовые и фульвовые кислоты, адсорбированные на поверхности глинистых материалов, составляют взвешенные формы миграции. Соосеждаясь с глинами, гумусовые вещества переводят в твердую фазу связанные с ними катионы металлов, в значительной мере определяя процессы аккумуляции металлических загрязнений в природных водах.

Заключение

Гуминовые и фульвокислоты выполняют важные функции в гидроэко-системе: влияют на процессы самоочищения водоемов и обуславливают каче-ство воды. Они являются своего рода носителями загрязняющих веществ в воде, активно участвуя в процессах трансформации, переноса и накопления тяжелых металлов в водных экосистемах. Природные воды, содержащие значительное количество гумусовых веществ, имеют значительные резервные возможности, позволяющие снижать негативное воздействие тяжелых метал-лов на живые организмы, так как они включаются в состав нетоксичных ком-плексов.

Список цитированных источников

1. Сосуществующие формы тяжелых металлов в поверхностных водах Украины и роль органических веществ в их миграции / П.Н. Линник [и др.] // Методы и объекты химического анализа. – Киев, 2007. – Т. 2, № 2. – С. 130–145.
2. Головач, А.П. Исследование комплексообразующей способности природных вод бассейна реки Припять методом флуоресцентных зондов /А.П. Головач // При-роднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развцця: матэрыялы міжнар. навук. канф., Брэст, 16 –18 чэрвеня 2004 г.: у 2 ч. / Рэдкал: М.П. Ярчак (адк. рэд.) [і інш.]. – Брэст: Изд-во Академия, 2004. – Ч. 2 – С. 488–492.

УДК 556.01

ОЦЕНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ HYPE

Данилович И.С., Мельник В.И.

Государственное учреждение «Республиканский гидрометеорологический центр», г. Минск, Республика Беларусь, gid3@pogoda.by

The article contains results of experimental testing of hydrological model HYPE, descriptions and methods of calculations, results of model running and analysis of simulated data, estimations of perspective of using model for long-term forecast.

Введение

Актуальность исследования связана со значительными изменениями климата в последние десятилетия и влиянием этих изменений на все сферы жизнедеятельности человека. В настоящее время управление водными ре-сурсами и регулирование хозяйственного использования речных систем Бе-ларуси является одной из наиболее актуальных проблем. Для эффективного решения данного вопроса необходимо применение новейших компьютерных технологий, которые могут быть использованы при разработке программ рационального природопользования и устойчивого развития регионов, в том числе и применительно к водным ресурсам [1].

Основная часть

К современным программным средствам, применяемых в области ис-пользования природных ресурсов, относятся гидрологические модели, кото-