

Строительство энергоэффективных домов в республике будет способствовать снижению энергопотребления при эксплуатации жилых домов и повышению качества жизни граждан за счет обеспечения комфортных условий проживания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Decision No 647/2000/EC of the European Parliament of the Council of 28 February 2000 adopting a multiannual programme for the promotion of energy efficiency (SAVE) (1998 to 2002), Official Journal L 079, 30/03/2000 P.0006. (Решение о принятии долгосрочной программы содействия энергетической эффективности (SAVE) с 1998 по 2002 годы).

2. Минстройархитектуры Республики Беларусь. Официальный сайт [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mas.by>. – Дата доступа: 11.03.2012.

УДК 543.3

Головач А.П.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

#### ГУМУСОВЫЕ ВЕЩЕСТВА В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ВОДНЫХ СИСТЕМ

The role of humic substances in behaviour and transformation of heavy metals and organic pollutants in natural waters is considered. Importance of the account of processes of complexation is proved by working out of limiting water quality indexes.

Природные поверхностные воды являются сложными растворами, в которых присутствуют разнообразные природные и антропогенные минеральные компоненты и органические вещества различной степени дисперсности. Возрастающая производственно-хозяйственная деятельность человека приводит к неизбежному увеличению концентрации тяжелых металлов и органических загрязняющих веществ в природных водах. Воздействие загрязнителей на экосистемы в значительной степени зависит от особенностей миграции их в гидросфере. Имеется в определенной степени обоснованное предложение при установлении ограничивающих показателей качества воды (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 [1]. Например, большинство природных вод обладает способностью связывать ионы тяжелых металлов, поступающих в водные объекты [2]. “Буферная ёмкость” воды с точки зрения потенциальной возможности снижения токсического воздействия тяжелых металлов на гидробионты определяется величиной ее комплексообразующей способности. Наиболее существенный вклад в комплексообразующую способность природных вод вносит растворенное органическое вещество, о чем свидетельствуют данные экспериментов по предварительному облучению исходных проб воды, которое приводит к заметному уменьшению и даже исчезновению комплексообразующей способности природных вод [3].

Органические вещества в природных водах представляют собой соединения углерода с другими элементами. В водотоки и водоемы органические вещества поступают в результате прижизненных выделений гидробионтов, распада отмерших водных иоколоводных организмов, поступлений с водосбора, из болот и со сточными водами хозяйства. Содержание разнообразных органических веществ в природных водах колеблется в очень широких пределах – от сотых долей миллиграмма до сотен миллиграммов на литр. Органические вещества природных вод характеризуются различной степенью дисперсности – от взвесей до истинных растворов. Они обуславливают цветность вод, многие являются хорошими восстановителями и физиологически активны. Процессы образования и разрушения органических веществ в водоемах тесно связаны с круговоротом в природе ряда элементов и их миграцией вследствие лабильности органических соединений и склонности их к комплексообразованию с неорганическими элементами. Изменение состава органических веществ в природных условиях направлено в сторону образования и накопления биохимически стойких соединений: большая часть органических веществ минерализуется, а наиболее стойкие образуют водный гумус.

Для природных поверхностных вод Республики Беларусь наряду с исключительным разнообразием состава растворенных органических веществ характерен широкий диапазон вариаций в содержании отдельных компонентов, а также доминирование природных высокомолекулярных гидрофильных веществ собственно гумусовой природы – фульвовых и гуминовых кислот, которые представляют собой биохимические устойчивые полифункциональные соединения, обладающие свойствами слабых кислот. В поверхностных водах гумусовые вещества составляют 60–90 % от общего количества растворенных органических веществ [4] и, находясь в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии, формируют, в основном, естественный фон примесей. Их многоосновный полифункциональный характер позволяет отнести эти высокомолекулярные вещества к би- и даже полидентантным лигандам, склонным образовывать с металлами устойчивые комплексные соединения хелатного типа.

В результате комплексообразования загрязняющие вещества приобретают миграционные свойства лигандов. 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 самих 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.

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  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  и другие могут образовывать растворимые комплексы с фульвокислотами, благодаря чему их миграционная способность возрастает на 2–3 порядка [5].

Значительная часть гуминовых кислот, высокомолекулярных фракций фульвокислот и их соединений в природных водах существует в виде частиц коллоидной дисперсности и составляет коллоидную форму миграции закомплексованных микроэлементов. Образование металлорганических коллоидов можно объяснить адсорбцией органических поликислот на неорганическом коллоиде (гидроксиды железа, марганца, алюминия) и комплексообразованием полядерных 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.

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. Соосаждаясь с глинами, гумусовые вещества переводят в твердую фазу связанные с ними катионы металлов, в значительной мере определяя процессы аккумуляции металлических загрязнений в природных водах.

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 водоёмы справляются с последствиями антропогенных аварий. Однако процесс перехода загрязнителей в донные отложения может быть обратимым. При некоторых условиях, например, при интенсивном паводке, 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.

Различные поверхностные воды по-разному связывают ионы металлов-токсикантов, проявляя при этом различную буферную емкость. Воды озер и рек южной части Беларуси характеризуются высокой концентрацией гумусовых веществ и поэтому способны к более эффективной природной детоксикации, по сравнению с водами северной части. То есть, 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.

Гумусовые вещества в значительной мере определяют "буферную емкость" водных экосистем не только к металлам, но и к органическим загрязнителям. Эти высокомолекулярные соединения природного происхождения могут увеличивать кажущуюся растворимость неполярных соединений, связывать органические соединения как ковалентными связями, так и с образованием комплексов с переносом заряда, водородными и ван-дер-ваальсовыми связями. С растворимым гумусом связано до 96 % аминокислот, доля

которых достигает 21–35 % в азотсодержащей фракции органического вещества природных вод, гуминовые и фульвокислоты увеличивают в несколько раз растворимость пестицидов (ДДТ), *n*-алканов и полиароматических углеводородов [6]. Гумусовые кислоты, кроме того, могут ускорять гидролиз пестицидов, влиять на результаты определения полиароматических углеводородов в водах, фотосенсибилизировать разложение некоторых загрязняющих веществ, изменять летучесть и биоусвояемость связанных фракций различных органических соединений. Наличие гумусовых веществ снижает биоусвояемость многих гидрофобных органических токсикантов, так как образующиеся комплексы не способны к диффузии через клеточную мембрану. Например, константа скорости поглощения и биоконцентрирования бенз(а)пирена атлантическим лососем в присутствии гумусовых кислот снижается на 30 %.

С гигиенической точки зрения гумусовые кислоты безвредны, однако они сильно влияют на органолептические свойства питьевой воды, придавая ей желто-коричневую окраску и снижая вкусовые качества. Другим отрицательным качеством гуминовых кислот, находящихся в воде рек и озер, является большое потребление ими растворенного кислорода, что приводит к его резкому снижению в период ледостава и заморным явлениям гидробионтов, особенно рыбы.

Таким образом, гуминовые и фульвокислоты выполняют важные функции в гидрозосистеме: влияют на процессы самоочищения водоемов и обуславливают качество воды. Поэтому изучение их состава и содержания в поверхностных водах важно с точки зрения оценки уровня загрязненности водоемов, контроля их продуктивности, степени очистки воды для промышленных и питьевых целей, изучения состояния микрокомпонентов и форм их миграции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Agg, A.R. Red-list substances: selection and monitoring / A.R. Agg, T.E. Zabel // *J. Inst. Water and Environ. Manag.* – 1990. – Vol. 4, № 1. – P. 44–50.
2. 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.
3. Сорбционное концентрирование гумусовых кислот из вод/Г.М. Попович, Ф.М. Тулопа, Г.В. Лантух [и др.] // *Хим. и технол. воды.* – 1989. – Т. 11, № 3. – С. 241–244.
4. 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: из-во БрГТУ, 2010. – С. 274–277.
5. Едигарова, И.А. Комплексообразующая способность растворенного органического вещества природных вод / И.А. Едигарова, В.Н. Краснококов, И.А. Лапин, А.М. Никанорова // *Водные ресурсы.* – 1989. – № 4. – С. 122–129.
6. Chion, C.T. Water solubility enhancement of some organic pollutants and pesticides by dissolved humic and fulvic acids / C.T. Chion, R.L. Malcolm, N.I. Brinton, D.E. Kite // *Environ. Sci and Technol.* – 1989. – Vol. 20, № 5. – P. 502–508.