

Четвертый этап экологических исследований, заключается в выявлении последствий воздействия технологических процессов на природную среду. В первую очередь, выделяются реципиенты: выделы (пашни, пастбища, сенокосы, лесные насаждения, водотоки и водоемы, места нереста или откорма рыбы и т.п.) и объекты (жилые массивы, парки, санатории, заповедники и заказники и др.), в разной степени испытывающие воздействие и обладающие различной устойчивостью к нему. Для определения степени воздействия, выделяются технологические площадки, которые включают источники нарушения и загрязнения природной среды, что позволяет в дальнейшем определить качественные и количественные показатели воздействия.

Литература

1 Иванов Б.А. Инженерная экология. - Л.: Издательство Ленинградского университета, 1989.- 152 с.

2 Рекомендации по охране окружающей среды в районной планировке. - М.: Стройиздат, 1986.- 160 с.

3 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий (СН 245-71).

4 Методические рекомендации по использованию зеленых насаждений для оптимизации условий труда в промышленных центрах и на предприятиях Республики Беларусь. Утверждены министром природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 22 июля 1996 г. Приказ № 166.

5 Правила по организации и ведению зеленого хозяйства в городах Республики Беларусь. Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. Вып. 18. - Мн., 1997 с. 50 - 112.

РАСТВОРЕННЫЕ ГУМУСОВЫЕ ВЕЩЕСТВА КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОСТИ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ГИДРОЭКОСИСТЕМ

А.П. Головач, В.М. Крайко

Факультет водоснабжения и гидромелиорации, БПИ
Брест, Республика Беларусь

Исследована проблема растворенных гумусовых веществ как фактора устойчивости к загрязнению гидроэкосистем.

РАСТВОРЕННЫЕ, ГУМУСОВЫЕ, ВЕЩЕСТВО, ФАКТОР, УСТОЙЧИВОСТЬ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ГИДРОЭКОСИСТЕМА

В процессах, происходящих в водоемах и водотоках в естественных условиях, в частности, связанных с интенсивностью самоочищения и формирования качества природных вод, важную роль играют гумусовые вещества. Составляя значительную часть растворенных органических веществ в поверхностных водах Республики (до 70...90 %), они формируют, в основном, естественный фон примесей. Взаимодействуя с металлами и органическими веществами, гумусовые кислоты являются своего рода носителями данных компонентов в воде, активно участвуя в процессах их трансформации, переноса и накопления в гидроэкосистемах. Растворенные органические вещества, гумусовые вещества, гуминовые кислоты, фульвовые кислоты, молекулярно-массовое распределение. Природные поверхностные воды - это сложнейшие гетерогенные многокомпонентные системы, содержащие до 60...70 элементов Периодической системы Менделеева и тысячи природных и антропогенных органических веществ [1], из которых около 1000 наименований строго нормируются. Возрастающая производственно-хозяйственная деятельность человека приводит к неизбежному увеличению концентрации тяжелых металлов и органических загрязняющих веществ в природных водах. Воздействие загрязнителей на экосистему 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. Например, большинство природных вод обладает способностью связывать ионы тяжелых металлов, поступающих в водные объекты. "Буферная ёмкость" воды, с точки зрения потенциальной возможности снижения токсического воздействия тяжелых металлов на гидробионтов, 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 [2]. Изучение органического вещества природных вод является одной из важнейших проблем современной гидрохимии. Именно орга-

ническое вещество, растворенное и взвешенное, живое и косное, определяется в основном ту разницу, которая существует между природной водой и раствором тех же солей и газов в дистиллированной воде.

Для природных поверхностных вод Республики Беларусь, наряду с исключительным разнообразием состава растворенных органических веществ (РОВ), характерен широкий диапазон вариаций содержания отдельных компонентов, а также доминирование природных высокомолекулярных гидрофильных веществ, собственно гумусовой природы - фульвовых и гуминовых кислот (ФК и ГК), которые представляют собой биохимические устойчивые полифункциональные соединения, обладающие свойствами слабых кислот. В поверхностных водах гумусовые вещества (ГВ) составляют 60...90 % от общего количества РОВ 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 связывания свободных ионов гумусовые соединения уменьшают токсичность воздействия на гидробионтов Cu , Cd и Pb [3]. Гумусовые вещества, в значительной мере, определяют "буферную емкость" водных экосистем не только к металлам, но и к органическим загрязнителям. Наличие гумусовых веществ снижает биоусвояемость многих гидрофобных органических токсикантов, так как образующиеся комплексы не способны к диффузии через жаберную мембрану, например, константа скорости поглощения и биоконцентрирования бенз(а)пирена атлантическим лососем снижается на 30 % [4]. С растворимым гумусом связано до 96 % аминокислот, доля которых достигает 21...35% в азотсодержащей фракции органического вещества природных вод; гуминовые и фульвокислоты способны увеличивать в несколько раз растворимость пестицидов, n -алканов и полиароматических углеводородов; взаимодействие гумусовых веществ с дигидроабетиновой кислотой и 2,4,6-трихлорфенилом увеличивает их токсичность и, одновременно, уменьшает биоконцентрацию в водорослях [5].

Большое количество органических и минеральных соединений включают стоковые торфяно-болотные воды с осушаемых и используемых в сельском хозяйстве торфяных месторождений, так с торфяных месторождений низинного типа в год выносятся до 550...825 кг минеральных и 450...675 кг органических веществ. Органические вещества, в зависимости от сроков

осушения и освоения месторождения, на 50...95 % представлены гумусовыми веществами. Как видно из таблицы 1 концентрация гумусовых веществ торфяно-болотных вод возрастает с увеличением цветности. Одновременно, увеличивается содержание ГК и доля ионов железа, связанных с ГВ ($Fe_{связ}$). Изучение молекулярно-массового распределения (ММР) гумусовых веществ торфяно-болотных вод на сефадексах G-15 и G-25 показало, что они представлены преимущественно двумя фракциями: высокомолекулярной (молекулярный вес - более 5000 а.е.м.) и низкомолекулярной (молекулярный вес - до 1500 а.е.м.). В состав высокомолекулярной фракции входят, в основном, ГК, а низкомолекулярной - ФК, что подтверждено данными ЭПР-спектроскопии. В результате ультрафильтрации на полисульфоновых фильтрах, из пробы № 3 выделен фильтрат, содержащий низкомолекулярную фракцию гумусовых кислот. При относительно стабильном содержании ионов железа в исходной воде и фильтрате - 1,5 и 1,48 мг/л, соответственно, - доля ионов железа, связанных с гумусовыми кислотами, снизилась с 35 % в исходной воде до 27 % в фильтрате. То есть, высокомолекулярная фракция, представленная в основном ГК, обладает большим родством с ионом Fe, чем низкомолекулярная, состоящая в основном из ФК.

Таблица 1 Характеристика органических веществ торфяно-болотных вод

Торфяное месторождение	Номер пробы	Цветность, град.	Концентрация ГВ, мг/л	Концентрация ГК, % от ГВ	$Fe_{общ}$, мг/л	$Fe_{связ}$, % от $Fe_{общ}$
Низинное	№ 1	55	33,8	3	0,51	17
	№ 2	89	36,0	5	0,59	30
Верховое	№ 3	500	49,1	8	1,5	35

Гидрохимический анализ проб, отобранных в реках Припять, Ясельда, Бобрин, показал, что для данных водотоков характерно высокое содержание растворенных органических веществ (таблица 2), динамика изменений которых выражена значительными сезонными колебаниями. Многолетние данные показывают, что значения перманганатной окисляемости (ПО) изменяются в речных водах в пределах 15...50 мг О/л с максимумами в осенне-зимний период. Биохимическое потребление кислорода (БПК₅) наиболее значительно в период весеннего половодья (возрастает от 1,5 до 6 мг О/л). Вниз по течению Припяти в общем количестве растворенных органических веществ увеличивается доля нестойких соединений (продуктов жизнедеятельности организмов почв и водотока). Для Ясельды характерен обратный

процесс: вниз по течению растет содержание ГВ. В общем случае, влияние стока Ясельды и Бобрিকা на Припять проявляется в увеличенном транспортировании гумусовых веществ. Повышенное содержание ГВ (8–13 мг/л) обуславливает высокую цветность речных вод. ГВ имеют высокую степень окисления перманганатом калия, поэтому, между цветностью и ПО существует положительная корреляция ($r = 0,73$). Основное количество гумуса поступает в реки, вследствие дренирования обширных заболоченных массивов. Среди ГВ преобладают фульвокислоты (до 97 %). Речная вода содержит меньшее количество гуминовых кислот (1,3...3 %), чем изучаемая в сравнении с ней торфяно–болотная (3...8 %), но большее количество связанных ионов тяжелых металлов (до 90 % по сравнению с 35 %).

Таблица 2 Загрязнения органического происхождения в водах рек бассейна Припяти

Пункт отбора пробы на реке	Цветность, град.	БО, мг/л	ПО, мг/л	БПК ₅ мг О/л	C _{орг} мг/л	ГВ, мг/л	ГК, % от ГВ	Fe _{связ} % от Fe _{общ}
Припять, Пинск	170	37,15	20,2	2,36	22,2	8,75	2,2	44
Припять, Кожан-Городок	201	35,64	23,4	2,68	25,74	9,38	2,5	50
Припять, Туров	194	59,36	21,5	3,48	23,65	13,0	2,8	56
Припять, Петриков	196	60,1	20,7	2,48	22,77	7,2	1,5	45
Припять, Мозырь	214	69,8	23,6	3,98	25,96	12,8	2,0	48
Ясельда, Береза	110	51,98	18,2	2,42	20,02	10,5	3,0	88
Ясельда, Поречье	190	60,89	22	2,38	24,20	8,98	1,3	39
Ясельда, устье	205	34,16	22,7	3,10	24,97	9,3	1,5	40
Бобриск, Луний	410	62,37	34,2	3,42	37,62	10,2	2,0	40

Увеличение доли ионов железа, находящихся в виде хелатных комплексов с гумусовыми кислотами, связано, главным образом, с изменением соотношения фракций ГВ с различными молекулярными массами: до 1500

а.е.м., 1500...5000 а.е.м., свыше 5000 а.е.м. В изучаемых образцах, соединения гуминовых кислот с молекулярными массами более 5000 а.е.м. составляют приблизительно 18 %, с массами 1500...5000 а.е.м. ... приблизительно 32 %, с массами менее 1500 ... приблизительно 50 %, для ФК эти значения - 12 %, 26 % и 62 % соответственно.

Чем выше содержание в воде гумусовых веществ, тем больше в ней концентрация железа в форме растворенных комплексов. Так как ФК составляют основную часть растворенных органических соединений в природных водах, то ионы железа закомплексованы, главным образом, с многофункциональными ФК. Благодаря полидентантному характеру и наличию кислородных лигандных атомов, ФК обладают высоким сродством к ионам трехвалентного железа. В то же время, для ионов Fe^{3+} более характерно комплексообразование с высокомолекулярными соединениями с молекулярной массой свыше 10 тыс. а.е.м. В речных водах при снижении общего количества гумусовых веществ, по сравнению с торфяно-болотными водами, возрастает количество высокомолекулярных ФК, что и приводит, в конечном итоге, к увеличению доли связанных ионов железа.

Сезонная молекулярная динамика превращения гумусовых веществ в реках бассейна Припяти характеризовалась усреднением по массам в осенний период, по сравнению с летним, что приводит к снижению комплексообразующей способности гидроэкосистемы на 10-20 % (по Fe^{3+}).

Литература

- 1 Тенденции изменения гидрохимического режима рек бассейна Верхнего Днепра (1947-1982)/В.И. Пелешенко, В.К. Хильчевский, Н.И. Ромась и др.// Гидрохим. матер. - 1987. - Т. 99. - С. 20-25.
- 2 Photochemical aging of humic substances / D. Kotzias, M. Herrmann, A. Zsolnay // *Chemosphere*. - 1987, № 7. - P. 1463-1468.
- 3 Characterization of metal binding sites in fulvic acids by lanthanide ion probe spectroscopy / J.C. Dobbs, W. Susetyo, F.E. Knight, M.A. Castles // *Anal. Chem.* - 1989. - Vol. 61, № 5. - P. 483-488.
- 4 Johnsen S., Kukkonen J., Grande M. Influence of natural aquatic humic substances on the bioavailability of benzopyreneto atlantic salmon // *Sci. Total Environ.* - 1989, № 81-82. - P. 691-702.
- 5 Shinozuka N., Lee C., Hayano S. Solubilizing action of humic acid from marine sediment // *Sci. Total Environ.* - 1987, № 62. - P. 311-314.