



Рис. 3 – График связи наблюдаемых ( $\bar{Q}_{г.набл.}$ ) на малых реках Беларуси и рассчитанных ( $\bar{Q}_{г.расч.}$ ) по уравнению (2) норм годового стока.

### Литература

1. Пособие к строительным нормам и правилам – П1-98 к СНиП 2.01.14-83 "Определение расчетных гидрологических характеристик". Официальное издание. – Мн.: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2000.- 175с.

Головач А.П.

### СОСТАВ И СВОЙСТВА ГЛАВНЫХ КЛАССОВ РАСТВОРЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОД

Головач Анна Петровна. Ассистент, Кафедра инженерной экологии и химии БГТУ.

Для природных поверхностных вод наряду с исключительным разнообразием состава растворенных органических веществ характерно 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 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.

Гумусовые вещества, гуминовые кислоты, фульвовые кислоты, растворенные органические вещества, органическое вещество.

Одной из важнейших проблем современной гидрохимии является изучение органического вещества природных вод. Именно органическое вещество, растворенное и взвешенное, живое и косное, определяет в основном ту разницу, которая существует между природной водой и раствором тех же солей и газов в дистиллированной воде.

Многочисленные исследования позволяют утверждать, что главную часть растворенных органических веществ поверхностных природных вод представляют гумусовые вещества (ГВ) [1, 2]. Фульвовые и гуминовые кислоты (ФК и ГК) составляют до 60–90% растворенных органических веществ (РОВ). Содержание фульвокислот, как правило, на порядок превышает содержание гуминовых кислот и для наиболее распространенных типов поверхностных вод колеблется в пределах от 1 до 100 мг/л, то есть на 3–4 порядка превышает содержание неорганических микроэлементов.

В настоящее время выделяют два основных источника происхождения гумусовых веществ в поверхностных водах. С одной стороны — это трансформация почвенного гумуса и окисление других терригенных органических веществ, с другой — синтез гуминовых и фульвокислот в водоеме в процессе ферментативного разложения водных организмов [2, 3].

По современным представлениям в синтезе, например, ГК участвуют разнообразные органические вещества, претерпевающие при этом сложные биохимические и химические превращения. Об этом свидетельствует наличие в их составе фрагментов аминокислот, ароматических альдегидов, полифенолов, пуриновых и пиримидиновых оснований, углеводов. В результате опытов по изучению образования гумусовых веществ в морской воде из живых и мертвых растений выявлено, что мертвое растение выделяет приблизительно в 10 раз меньше гумусовых веществ, чем живое. В первом случае преимущественно выделяются гуминовые кислоты, во втором случае — фульвовые. Популяции микроорганизмов, в частности эпитрофных, способствуют образованию гумусовых веществ утилизацией и синтезом простых органических соединений (например аминокислот и углеводов, которые затем полимеризуются). Наличие в процессе образования гумусовых веществ грибов повышает в них содержание ароматических веществ [4].

Однако, несмотря на большое количество работ, проблема природного синтеза гумусовых веществ до конца еще не решена. Наиболее вероятны два механизма образования гумусовых веществ: либо биомолекулы и связанные с ними некоторые мелкие молекулы разлагаются в процессе гумификации и образуют центральное ядро гуминового вещества, либо "реполимеризуются" малые органические молекулы, получающиеся после полной биодеструкции исходных биополимеров. Большинство исследователей склоняются к признанию важной роли в образовании гу-

мумовых соединений взаимодействия аминокислот и углеводов по меланоидиновому механизму [3]. В результате ферментативного окисления ароматических соединений, в том числе полифенолов и лигнина, образуются хиноны и семихиноновые радикалы, вступающие во взаимодействие с аминогруппами полипептидов, аминокислот и меланоидинов. Окончательным этапом формирования гумусовых веществ является поликонденсация отдельных фрагментов [4].

В целом ГВ представляют собой класс природных соединений переменного состава. При сравнительно больших вариациях молекулярных масс (300–50000 а.е.м.) относительно небольшие изменения их состава не вызывают существенных изменений свойств гумусовых веществ. Несмотря на большое разнообразие в объектах окружающей среды, строение гуминовых и фульвовых кислот можно представить в виде ядра из фрагментов циклически полимеризованного углерода и боковых цепей [3, 4, 5]. По современным представлениям в состав каждого фрагмента торфяных гумусовых кислот входит не более трех ароматических ядер. Фрагменты молекул соединяются мостиками, состоящими из отдельных атомов ( $-O-$ ,  $-N=$ ) или групп атомов ( $-NH$ ,  $-CH_2$ ). Азот, входящий в состав ГК и ФК, представлен аминогруппами и в гетероциклах. В состав ядер гумусовых веществ входят бензо-(пиридин)-поликарбоновые кислоты. В периферийной части молекулы присутствуют аминокислоты, аminosахара и углеводы. При ароматических ядрах и в боковых цепях располагаются гидроксильные и карбоксильные группы, определяющие кислотные свойства этих веществ.

Основное количество кислорода гуминовых и фульвовых кислот входит в состав карбоксильных, карбонильных, гидроксильных (фенольных, спиртовых) и метоксильных группировок. Как правило, содержание кислорода (карбоксильной группы) выше в фульвовых кислотах, благодаря чему они обладают более высокой реакционной способностью и подвижностью в водной среде.

Фракции ФК растворяются не только в щелочах, но также в воде и в кислотах. В то время как для ГК, вследствие их более низкой основности, характерны меньшая растворимость в воде и нерастворимость в кислотах. В гумусовых кислотах природных вод обнаружен алифатический и ароматический углерод, причем в гуминовых соотношение ароматического углерода и алифатического гораздо выше, чем в фульвовых, то есть при переходе от ФК к ГК происходит последовательное увеличение содержания конденсированных ароматических фрагментов. Постепенное изменение степени гумификации образцов при переходе от ФК к ГК и наличие корреляции с функциональным составом, по мнению некоторых авторов [3], позволяет считать ФК промежуточным звеном в сложном и многообразном процессе биохимической трансформации органического вещества. Повышение ароматичности при переходе от ФК к ГК сопровождается углублением окраски препаратов [2] и в значительной мере сказывается на изменении цветности вод, обогащенных ГВ. Цветность поверхностных вод на 75–85 % обусловлена присутствием ГК и всего на 25–15 % — ФК, несмотря на преобладание последних.

Гумусовые кислоты являются полиэлектролитами со слабо-диссоциирующими в кислых и нейтральных средах ионогенными группами. Полная обменная емкость по карбоксильным и фенольным группам оценивается величинами от 3 до 11 мг-экв/г. Это указывает на высокую плотность ионогенных групп в молекулах гумусовых соединений и необходимость их рассмотрения как полиэлектролитов. Константы диссоциации растворенных в природных водах гумусовых соединений оценивают величинами  $pK_a$  для карбоксильных групп — от 1,5 до 6 и для фенольных групп от 8 до 12. Термин "карбоксильные группы" обычно употребляется в смысле обозначения тех ионогенных групп гумусовых соединений, которые при реальных рН природных вод (7–8) в значительной мере диссоциированы. В противоположность "фенольные

группы" в таком интервале рН практически не диссоциированы. Размер и форма частиц фульво- и гуминовых кислот зависят от степени диссоциации ионогенных групп, определяемой при отсутствии комплексообразования главным образом величиной рН.

Свойства ГВ во многом зависят от присутствия в их молекулярной структуре карбоксильных и фенольных групп. Имеется ряд исследований, показывающих большую значимость этих групп в природных процессах, протекающих с участием гумусовых веществ. Установлено, например, что именно кислотными свойствами предопределяется та особая роль, которую ГВ играют в процессах миграции химических элементов в биосфере. К особенностям гумусовых веществ следует отнести их способность к взаимодействию с металлами, аминокислотами и другими органическими соединениями, среди которых различные галогенсодержащие вещества, протеины, пластификаторы, гербициды, инсектициды и другие вещества, обладающие большой биологической активностью [6]. С растворимым гумусом связано до 96 % аминокислот, доля которых достигает 21-35 % в азотсодержащей фракции органического вещества природных вод. ГК и ФК увеличивают в несколько раз растворимость пестицидов (ДДТ), n-алканов и полиароматических углеводородов. 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.

ГК и ФК являются своего рода носителями загрязняющих веществ в воде, активно участвуя в процессах трансформации, переноса и накопления органических веществ и металлов в водных экосистемах.

### **Литература**

1. Генералова В.А. Определение содержания фульвокислот в природных водах // Гидрохим. матер. – 1974. – Т. 60. – С. 186–191.
2. Орлов Д.С. Гуминовые кислоты. – М.: Изд-во МГУ, 1974. – 332 с.
3. Hatcher P.G., Spiker E.S. Selective degradation of plant biomolecules // Hum. Subst. and Role Environ. – Berlin, 1987. – P. 59–74.
4. Ziechman W. Evolution of structural models from consideration of physical and chemical properties // Hum. Subst. and Role Environ. – Berlin, 1988. – P. 113–132.
5. Hedges J.I. Polymerization of humic substances in natural environments // Hum. Subst. and Role Environ. – Berlin, 1987. – P. 45–58.
6. Humic substances in ground waters / N. Paxeus, B. Allarg, U. Olofsson, M. Bengtsson // Sci. Basis Nucl. Waste Manag. – Pittsburg, 1986. – P. 525–532.

**Левчук Н.В., Строкач П.П., Калишук Н.С.**

### **ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ ВОД ОТ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИЕЙ**

Экологические проблемы, связанные с загрязнением водных объектов, а так же обеспечением населения республики Беларусь питьевой водой соответствующего качества, остаются актуальными и сегодня. Загрязнение водной среды поллютантами, в том

---

**Левчук Наталья Владимировна.** Ассистент. Кафедра инженерной экологии и химии БГТУ.

**Строкач Петр Павлович.** Профессор, кандидат технических наук, член-корреспондент Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Заведующий кафедрой инженерной экологии и химии БГТУ.

**Калишук Наталья Степановна.** Лаборант III категории химлаборатории, «Водоканал».

---