

яркости полубесконечного слоя морской воды //Известия АН СССР. Сер. ФАО. 1974. Т.10, №11. – С.1235–1238.

5. *Зеге Э.П.* Инженерные методы расчета световых полей в условиях многократного рассеяния //Распространение света в дисперсной среде. Минск: Наука и техника. –1982. – С.84–105.

6. *Tassan S., Ferrari G.M.* An alternative approach to absorption measurements of aquatic particles retained on filters // *Limnol., Oceanogr.* – 1995. – 40 (8). – P. 1358 – 1368.

7. *Чурилова Т.Я., Финенко З.З., Акимов А.И.* Пигменты микроводорослей/ Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования. Севастополь: ЭКОСИ – гидрофизика. 2008. С. 301 – 319.

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СТОКА ГОРОДСКОГО ВОДОТОКА¹⁶

Фащевская Т.Б.

Институт водных проблем РАН, г. Москва

tf.ugatu@yandex.ru

Гидрохимический состав водных объектов формируется почвенно-геологическими и климатическими условиями, а также антропогенной деятельностью на водосборе. Наиболее интенсивное и сложно оцениваемое антропогенное воздействие водные объекты испытывают в пределах урбанизированных территорий. В городах ведется разнообразная хозяйственная деятельность по преобразованию поверхности водосбора и изменению путей и скорости миграции химических веществ в водные объекты. В городах сконцентрированы многочисленные источники дополнительного поступления в водные объекты химических веществ: предприятия различных отраслей экономики, жилищные объекты, городская инфраструктура, свалки бытовых отходов, полигоны-накопители промышленных отходов, полигоны подземного захоронения сточных вод и др.

Для планирования на водосборе оптимального состояния городского водотока и уменьшения поступления в него загрязняющих веществ до величин, обусловленных физико-географическими ус-

¹⁶Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 15-05-09022 а).

ловиями, необходимы количественные оценки факторов формирования химического состава воды: природных и антропогенных. При определении этих данных необходимо учесть следующее.

Во-первых, сведения о количественных и качественных характеристиках гидрохимического состава водных объектов в естественных условиях отсутствуют. Систематические наблюдения за составом поверхностных водных объектов начались в период, когда на их водосборах уже велась активная хозяйственная деятельность.

Во-вторых, загрязняющие вещества (ЗВ) с урбанизированных территорий поступают в водные объекты от точечных и неточечных источников. Сточные воды промышленных предприятий, городских систем канализации сбрасываются в водные объекты через точечные источники, и могут контролироваться. Поверхностный смыв с территории города, загрязненный подземный сток и атмосферные осадки поступают в поверхностные водные объекты из неточечных источников. Большое разнообразие и стихийный характер поступления ЗВ от неточечных источников ограничивает возможности их учета. По некоторым оценкам [1,2] количество загрязняющих веществ, поступающих из неточечных источников, может достигать 75% общего объема загрязнения водотока. Для объективной оценки антропогенной составляющей гидрохимического стока городского водотока необходим учет вклада неточечных источников.

В-третьих, в формировании гидрохимического состава водотока в пределах городской черты часто основную роль играют не локальные, а расположенные выше по течению антропогенные источники [3]. «Транзитная» компонента антропогенной составляющей гидрохимического стока городского водотока также требует учета.

Для выделения антропогенной составляющей гидрохимического стока городского водотока разработан алгоритм, схема которого приведена на рис. 1 и рис. 2.

Расчет количественных характеристик природных и антропогенных факторов формирования гидрохимического стока основан на определении массы растворенных или взвешенных в речной воде веществ, что позволяет учесть самоочищающую способность конкретного водного объекта. Учет межгодовой, сезонной изменчивости речного стока и количества ЗВ в сточных водах требует проведения расчетов за многолетний период по фазам водного режима.

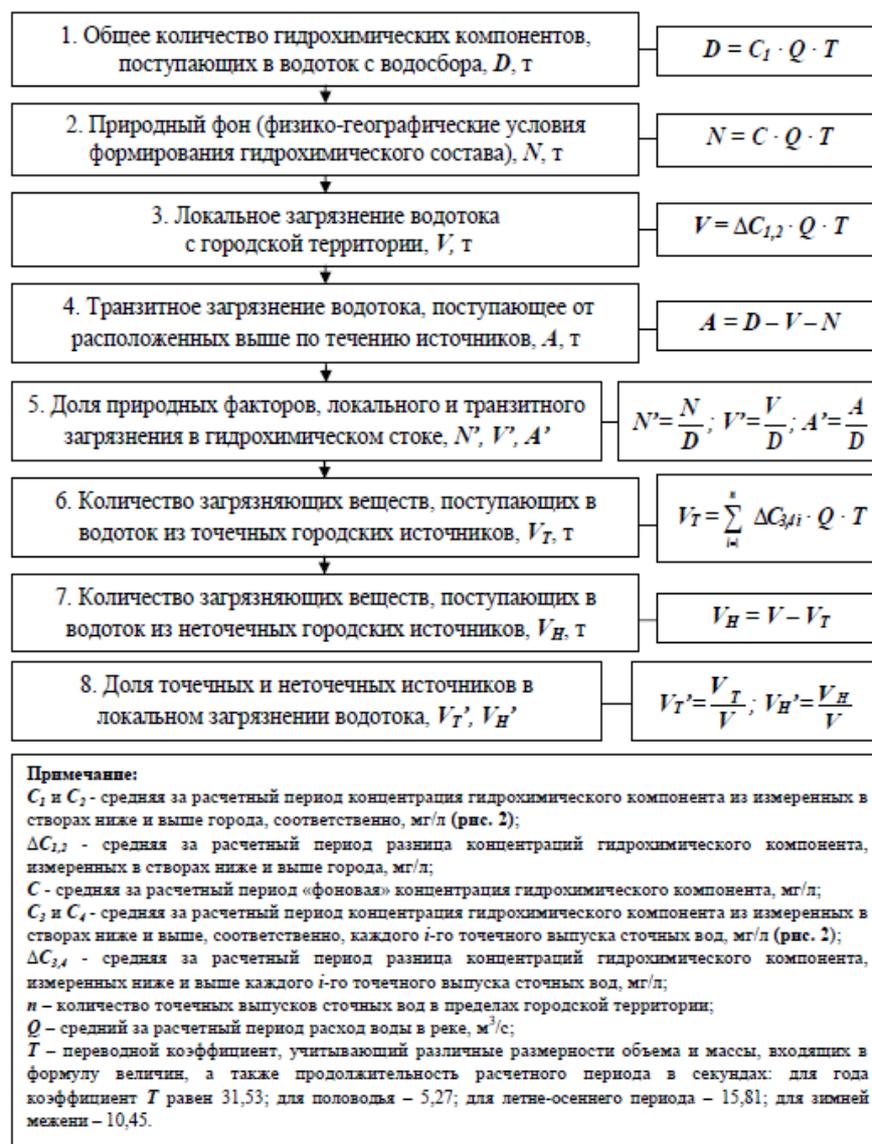


Рис. 1 – Алгоритм определения количественных характеристик факторов формирования гидрохимического стока городского водотока

Разработанный алгоритм апробирован при исследовании влияния г. Уфы на качество воды р. Белой [4]. Уфа – один из наиболее насыщенных предприятиями крупный промышленный центр Ура-

ло-Поволжья с населением свыше миллиона человек. В городе много заводов: три нефтеперерабатывающих, нефтедобывающего оборудования, моторостроительный, синтетического спирта, химический, кабельный, электротехнический, витаминный и др. Продукция только топливно-энергетического комплекса города в общероссийском объеме составляет: 13% автомобильных бензинов, 11% дизельного топлива и 21% моторных масел [5].

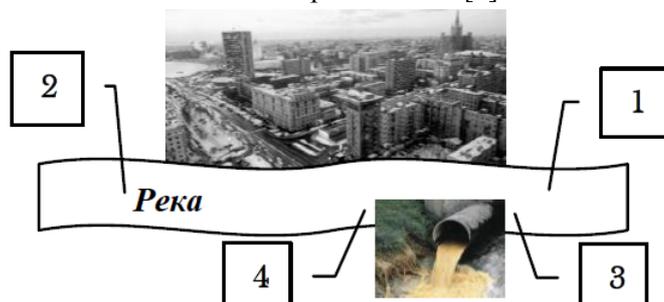


Рис. 2. – Схема к алгоритму расчета количественных характеристик факторов формирования гидрохимического стока городского водотока: створы контроля качества воды ниже (1) и выше (2) города;  - точечный выпуск сточных вод; створы контроля качества воды ниже (3) и выше (4) точечного выпуска

Наличие водоемких отраслей промышленности обуславливает высокую степень использования поверхностного водного объекта, как для водозабора, так и для сброса сточных вод. По данным государственного учета, объем сброса сточных вод предприятиями г. Уфы в р. Белую превышает 50% общего объема стоков, отводимых в водотоки ее бассейна в Республике Башкортостан [6].

Для расчета общего количества различных загрязняющих веществ, поступающих в р. Белую с водосбора (D), использовались ежемесячные данные гидрохимического мониторинга Башкирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за период 1986-2010 гг. (период «интенсивного» антропогенного воздействия). Для определения количественных характеристик гидрохимического состава водотока в естественных условиях (N) использовались аналогичные данные за период 1938-1950 гг. (период «малого» антропогенного воздействия) [4]. Сравнение характеристик среднегодового гидрохимического стока двух временных периодов показывает его значительное увеличение к настоящему

времени. Например, сток хлоридов увеличился в 7,4 раза, сульфатов в 1,4 раза, нитратов, нитритов и железа общего – более чем в 3 раза.

Расчет локального загрязнения р. Белой через точечные и неточечные городские источники (V) проведен для территории протяженностью около 35 км между двумя гидрохимическими створами, расположенными выше и ниже города. Результаты расчета показывают, что 50% годового стока ЗВ с территории г. Уфы в р. Белую поступает в период весеннего половодья, и только 7% в период зимней межени. Результаты расчетов подтверждаются данными государственного контроля. По данным Министерства природных ресурсов России по Республике Башкортостан, свыше 60% случаев высокого и экстремально высокого загрязнения р. Белой ежегодно регистрируется в период весеннего половодья [7].

За два месяца (апрель-май) с городской территории через источники обеих категорий поступает значительная масса ЗВ: железа – 67% годового стока; нефтепродуктов – 59%; нитратов, фосфатов, меди, органических веществ, оцениваемых по показателю БПК₅ – 51%; сульфатов – 50%; фенолов – 44%; взвешенных веществ, цинка, хлоридов – свыше 30% годового стока.

Сопоставление величин стока загрязняющих веществ р. Белой, поступающих со всего водосбора (D) и с территории г. Уфы (V), показывает следующее. Содержание в речной воде взвешенных веществ, нефтепродуктов, фенолов, СПАВ, азота аммонийного, железа, меди, цинка, а также органических веществ, оцениваемых по показателю БПК₅, обусловлено, в основном, местными антропогенными источниками. Доля города (V') в общем загрязнении водотока этими веществами варьируется в диапазоне 64-100%. Доля локальных городских источников (V'') в загрязнении речной воды сульфатами, хлоридами, нитратным азотом, а также органическими загрязнителями, оцениваемыми по показателю ХПК, варьируется в диапазоне 10-35%. Это указывает на преобладающее поступление гидрохимических компонентов от природных либо антропогенных источников, расположенных выше по течению.

Сопоставление природного и различных составляющих антропогенного факторов формирования гидрохимического стока р. Белой (рис. 3) показывает, что доля транзитного загрязнения (A) может достигать значительных величин.

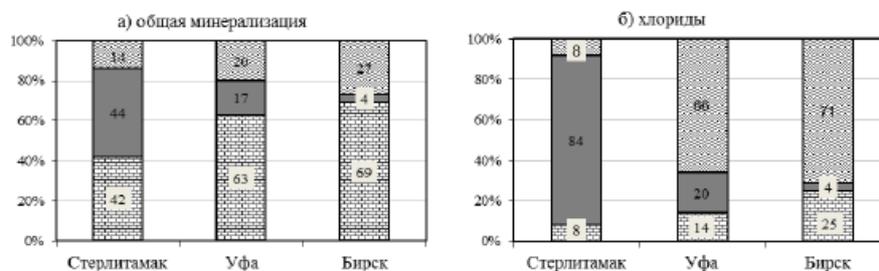


Рис. 3 – Соотношение природных и антропогенных факторов формирования гидрохимического стока р. Белой в створах городов Стерлитамак, Уфа и Бирск: - природный фон, - локальное загрязнение с городской территории, - транзитное загрязнение

Например, содержание хлоридов в створе г. Уфы на 66% определяется их поступлением от расположенного выше по течению промышленного центра – г. Стерлитамака (рис. 3б). В свою очередь, загрязнение водотока, сформированное в районе г. Уфы, является транзитным для расположенного ниже по течению г. Бирска. На рис. 3б видно, что транзитная компонента антропогенной составляющей стока хлоридов р. Белой в створе г. Бирска в 18 раз превышает локальную и достигает величины 71%. Природная составляющая стока хлоридов на рассматриваемом участке р. Белой увеличивается вниз по течению, но не превышает 8-25% (рис. 3б).

Основным поставщиком точечного загрязнения с территории г. Уфы является предприятие «Уфаводоканал». На долю предприятия приходится около 35% объема сброса загрязненных сточных вод по Республике Башкортостан [6]. В систему городских очистных сооружений канализации (ГОСК) принимаются хозяйственно-бытовые сточные воды от населения и предприятий социальной сферы, а также стоки большинства (свыше 180-ти) предприятий города, прошедших локальную очистку на производстве.

Для определения количества различных ЗВ, содержащихся в речной воде в результате сброса сточных вод через точечный выпуск ГОСК (V_T) использовались «Сведения о работе очистных сооружений» предприятия «Уфаводоканал» за период 1986-2010 гг. Концентрации ЗВ, приведенные в указанном документе, являются результатом ежемесячных наблюдений за качеством воды водотока-приемника сточных вод в двух створах – в 500 м выше и 500 м ниже по течению от точечного выпуска ГОСК.

Сопоставление результатов расчетов, проведенных с помощью разработанного алгоритма, и сведений, содержащихся в ежегодной государственной статистической отчетности предприятия «Уфаводоканал» (формах 2ТП-водхоз) за аналогичный период, показало существующее между ними значительное различие [8]. Например, отличие по тяжелым металлам, фенолам составляет 98%, по железу – 97%, взвешенным веществам – 94% и т.д. По данным предприятия «Уфаводоканал», количество СПАВ, сбрасываемых со сточными водами за год, составляет 25 т, а по проведенным расчетам – 911 т, т.е. в 36 раз больше. Величина сброса хлоридов по данным предприятия составляет 7 241 т в год, а по расчетам – 213 131 т и т.д. Результаты проведенных расчетов и данные, содержащиеся в формах 2ТП-водхоз, оказались наиболее близкими для нитратного и нитритного азота – разница составляет 1,7 и 2,6 раз, соответственно.

Общее количество ЗВ, поступающих из всех точечных городских источников в р. Белую, определено по «долевому вкладу» «Уфаводоканал» в суммарный сброс всех предприятий города, имеющих самостоятельные выпуски сточных вод. «Долевой вклад» установлен на основе анализа отчетных форм 2ТП-водхоз предприятий г. Уфы.

Результаты расчета V_T и V_T' показывают, что точечные источники вносят значительный «вклад» в локальное загрязнение водотока. Через точечные источники г. Уфы в р. Белую поступает от общего количества соответствующих загрязнителей, содержащихся в водном объекте: 100% сульфатов, нитратов, фосфатов, меди; около 90% хлоридов, СПАВ и цинка; свыше 50% органических веществ, оцениваемых по показателю ХПК, азота аммонийного, железа. Около половины годового количества ЗВ через точечные выпуски города поступает в водный объект в весенний период. Сульфаты и хлориды – главные загрязнителями «точечного происхождения».

По результатам расчета V_H' , установлено, что содержание в речной воде взвешенных веществ на 93%, фенолов на 82%, нитритов на 76% и легкоокисляемых органических веществ (БПК₅) на 54% определяется их поступлением из неточечных источников. Наибольшее количество ЗВ из неточечных источников г. Уфы поступает в р. Белую в летне-осенний период, наименьшее количество – в зимнюю межень. Главным загрязнителем «неточечного происхождения» являются взвешенные вещества, количество которых значительно превышает количество остальных загрязнителей.

Сопоставление количества ЗВ из точечных и неточечных городских источников показывает (рис.4), что соотношение точечного и неточечного загрязнения варьируется в различные фазы водного режима и в зависимости от вида загрязнителя.

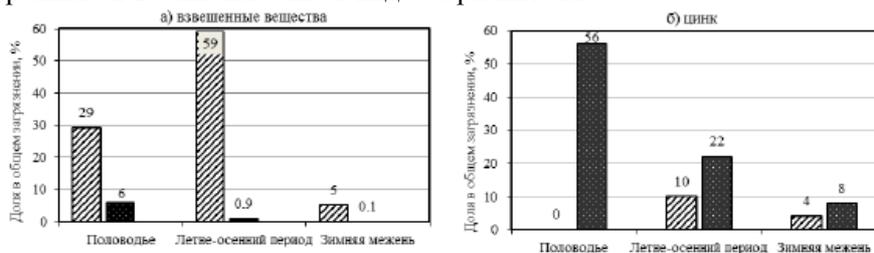


Рис. 4 – Соотношение точечного и неточечного загрязнения р. Белой в различные фазы водного режима с территории г. Уфы: ▨ - неточечные источники, ■ - точечные источники

Литература

1. *Cunningham P.A.* Nonpoint source impact on aquatic life: Literature review. Prepared for Monitoring and Data Support Division, Office of Water Regulations and Standards, U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Institute, Research Triangle Park, North Carolina, USA. July, 1988.
2. Environmental Programme for the Danube River Basin, Danube Integrated Environmental Study. Report phase 1. Commission of the European Communities. 1994, Jan.
3. *Postel S.* Every precious drop: stretching water supplies // Global issues. An Electronic Journal of the U.S. Information Agency. Volume 4, Number 1. Troubled Waters: Managing Our Vital Resources. March 1999. P.20-23.
4. *Красногорская Н.Н., Фащевская Т.Б., Рогозина Т.А.* Оценка качества водных объектов в условиях антропогенного воздействия. Уфа: Издательство УГАТУ, 2006. 278 с.
5. Комплексная программа социально-экономического развития городского округа город Уфа Республики Башкортостан на 2011-2015 годы. Уфа, 2010. 211 с.
6. Государственные доклады «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан» в 2005-2013 гг.
7. *Гареев А.М.* Географо-экологические основы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна реки Белой. Челябинск, 1989. 124 с.

8. *Фащевская Т.Б., Красногорская Н.Н., Rogozina Т.А.* О воздействии предприятия «Уфаводоканал» на качество воды реки Белой // Материалы международной научной конференции «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон». СПб.: РГГМУ, 2006. С.80-82.

ВЛИЯНИЕ ВАНАДИЯ НА ПЕРВИЧНУЮ ПРОДУКЦИЮ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ (теоретический и прикладной аспекты)

Хорошевская В.О.^{1,2}

¹Гидрохимический институт Росгидромета, г. Ростов-на-Дону

²Институт водных проблем РАН, г. Москва

vv.z2@yandex.ru

Исследовано влияние биметалла – ванадия на биологическую продуктивность первичной продукции речной воды и показатели жизнедеятельности фитопланктона в модельном эксперименте. Эксперимент проводился в течение 3-х суток с 29.07.2014 г. по 01.08.2014 г. в лабораторных условиях при естественном освещении в стеклянных аквариумах вместимостью 10 л. Вода для экспериментов отбиралась 28.07. 2014г. в р. Дон на участке, расположенном выше сбросов сточных вод, ниже водосброса гидроузла г. Константиновск. Этот участок реки характеризуется отсутствием значительных содержаний ванадия (согласно данным наблюдений автора в 2012-2014 гг.). Ванадий добавлялся в воду в анионной форме в виде ванадата аммония NH_4VO_3 . В аквариумы вносили NH_4VO_3 в концентрациях 0,5; 5,0; 25,0 и 100 мкг/л в расчете на элемент V, что составляет соответственно 0,5; 5,0; 25,0 и 100 ПДК ванадия в воде рыбохозяйственных водоемов. В один из аквариумов, который служил в качестве контрольного, ванадат аммония не добавлялся. На второй (30.07.2014 г.) и четвертый день (01.08.2014 г.) эксперимента определялось валовое содержание (сумма взвешенных и растворенных форм) и растворенных форм ванадия.

При проведении анализа на определение ванадия было установлено, что валовое содержание металла в каждом из аквариумов превышало количество внесенного в них ванадия. Это свидетельствует о том, что изначально в речной воде, отобранной на эксперимент, присутствовало незначительное (в пределах погрешности прибора) количество ванадия во взвешенной и растворенной фор-