

НИР / ФГУП РосНИИВХ, рук. С.Д. Беляев. Екатеринбург, 2007. (зарегистрировано в ГИФНД – № 01201352162).

6. *Беляев С.Д.* О месте целевых показателей качества воды в СКИОВО // Водное хозяйство России. 2009. № 3. С. 61–78.

7. *Беляев С.Д., Могиленских А.К., Одинцева Г.Я.* Целевые показатели качества воды Камского бассейна // Водное хозяйство России. 2009. № 5. С. 35–48.

8. *Беляев С. Д. и др.* Установление приоритетов водоохранной деятельности в бассейне реки на основе целевых показателей качества воды (на примере бассейна реки Оби) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2013. № 2. С. 6-25.

9. Методические указания по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов. Утв. Приказом МПР России от 4 июля 2007 г. № 169. (Зарегистр. Минюстом России 10.08.2007 г., рег. № 9979).

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РАЗМЕРОВ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОВ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ В РЕКЕ

Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Перекальский В.М.
Институт водных проблем РАН, г. Москва,
vadim@aqua.laser.ru

Современное антропогенное воздействие на водную систему Нижней Волги характеризуется усилением влияния отдельных отраслей (в частности, нефтегазового комплекса); ухудшением состояния флота, что приводит к периодическим разливам углеводородов; увеличением сбросов сточных вод; значительными поступлениями загрязняющих веществ (ЗВ) из рассеянных источников и др. Воздействие природных и антропогенных факторов приводит к изменениям гидрохимического режима, как русловой части Нижней Волги, так и водотоков дельты и устьевого взморья, в результате чего здесь наблюдается усиление негативных процессов: эвтрофирования, заиления, зарастаемости отдельных участков высшей водной растительностью и т.д. В связи с этим возникает проблема оценки зоны влияния крупных промышленных центров – Волгограда, Астрахани и др. на качество воды в реке.

В г. Волгограде сосредоточено много крупных предприятий, сточные воды которых содержат токсичные вещества. К ним отно-

ются предприятия химической, нефтегазоперерабатывающей промышленности, предприятия по производству удобрений, медицинских препаратов и т.п.; суммарный сброс сточных вод составляет примерно 180 тыс. м³/сут, а всего через очистные сооружения проходит до 450 тыс. м³/сут. В г. Астрахани 3 крупных очистных комплекса сбрасывают в реку за год суммарно около 70 млн. м³ сточных вод [1].

Помимо указанных выше источников, существенную роль в загрязнении реки может играть недостаточно очищенный и отводимый ливневой канализацией поверхностный сток с территорий промышленных предприятий и самого города [2]. Существуют различные подходы к оценке размеров зоны влияния указанных центров на качество воды в реке. Один из них заключается в моделировании процесса распространения сточных вод, поступающих в реку. Для этих целей использовался разработанный авторами программный комплекс, основанный на системе дифференциальных уравнений динамики и массопереноса [3,4].

В качестве ЗВ рассматривались соединения меди, содержащиеся в сточных водах, и нефтепродукты, которые преобладают в ливневом стоке. В первом случае рассматривались два варианта: работа очистных сооружений в штатном режиме и аварийный сброс.

Проведенные расчеты показали, что при штатном режиме сбросов промышленных сточных вод г. Волгограда (2 м³/с, содержание меди $C=10$ ПДК), зона загрязнения распространяется вниз по течению на сравнительно малое расстояние (до 3 км). При этом предполагалось, что источник ЗВ –точечный, а сточные воды выпускаются у берега. Фоновой считалась концентрация меди 4 мг/м³, характерная для воды Волгоградского водохранилища.

В варианте увеличенного сброса промышленных сточных вод (до 10 м³/с) с содержанием меди 100 мг/м³ время сброса предполагалось неограниченным (стационарный источник). Расчетное поле концентраций показывает следующий вид соответствующих им изолиний: для $C=5$ мг/м³ – эллипсовидная форма, вытянутая вдоль берега на 3 км, а в поперечнике на 60 м; для $C=4,3$ мг/м³ – отдалается вниз по течению от правого берега (места сброса) и подходит к левому берегу через 50 км (расстояние полного перемешивания). Фоновое значение достигается через 80 км от места сброса вниз по течению.

При расчете последствий сброса нефтепродуктов с территории г. Волгограда за суточный ливень расход ливневого стока принимался равным $31,5 \text{ м}^3/\text{сек}$ при концентрации нефтепродуктов $20 \text{ г}/\text{м}^3$. Зона загрязнения вытягивается вдоль правого берега. После прекращения ливня и завершения сброса ЗВ в реку происходит смещение зоны загрязнения вниз и расширение ее поперек течения. Полное перемешивание по сечению реки происходит на расстоянии 140 км от г. Волгограда на третьи сутки после окончания ливня; при этом концентрация нефтепродуктов превышает ПДК ($0,05 \text{ г}/\text{м}^3$) в 2-2,5 раза.

Анализ данных наблюдений Росгидромета по содержанию ЗВ в воде верхнего бьефа Волгоградского водохранилища и р. Волге на границе Волгоградской и Астраханской областей (60 км от плотины ГЭС) показал, что хотя на этом участке находится промышленная агломерация городов Волгоград и Красноармейск, качество воды в реке не претерпевает заметных изменений (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в верхнем бьефе Волгоградского водохранилища и в р. Волге (с. Светлый Яр) за период 1990-1996 гг.

Элементы, мкг/л	Водоохранилище	р. Волга (с. Светлый Яр)
Цинк	7,1	7,3
Медь	4,7	4,7
Никель	4,4	4,0
Марганец	6,0	7,0
Железо	130	120

Анализ осредненных за более поздний период (1993–2013 гг.) величин концентраций некоторых ЗВ в верхнем бьефе гидроузла (г. Волжский) и на границе Волгоградской и Астраханской областей (с. Светлый Яр) в основном подтверждает их достаточно хорошее совпадение для Cu, Zn и нефтяных углеводородов (НУ).

В соответствии с результатами проведенных летом 2009 г. совместных экспедиционных исследований (ИО РАН и ИВП РАН) значения концентраций алифатических углеводородов (АУВ), отождествляющихся во многих работах с нефтяными углеводородами, ниже г. Волгограда меньше, чем в Волгоградском водохранилище, т.е. влияние города на содержания АУВ не проявляется (табл. 2).

Аналогичная ситуация наблюдается и в районе г. Астрахани. На расстоянии примерно 50 км от г. Нариманов до г. Астрахани наблюдается резкий рост концентрации АУВ, который в данном слу-

чае трудно объяснить (на этом участке нет никаких поселков и предприятий). Далее ниже г. Астрахани содержание АУВ уменьшается почти в 4 раза, что также снимает вопрос о воздействии города на качество воды.

Таблица 2 – Содержание алифатических углеводородов в воде Нижней Волги [5]

Место отбора	Содержание АУВ, мкг/л
Выше г. Волгограда	11,6
Ниже г. Волгограда	9,2
с. В.Лебяжье	29,4
г. Нариманов	6,6
Выше г. Астрахани	39,2
Ниже г. Астрахани	10,4

В 2007–2008 гг. ИВП РАН провел детальные экспедиционные исследования на судах КаспНИРХа в районе г. Астрахани с целью оценки зоны влияния города на гидрохимические показатели р. Волги. Обработка проб воды проводилась в сертифицированных химических лабораториях Государственного центра агрохимической службы «Астраханский» и Астраханского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМ), по стандартным методикам определялось содержание тяжелых металлов, нефтяных углеводородов, фенолов и других веществ.

Для оценки влияния г. Астрахани на качество воды в водотоках дельты были рассмотрены изменения показателей по длине наиболее крупных водотоков. В рукаве Бахтемир содержание НУ на входе в него снижалось по сравнению с содержанием в замыкающем створе о. Ильинский на южной границе города (рис. 1 а). Это снижение продолжалось до створа пос. Бахтемир (примерно 10 км ниже по течению), затем в створе с. Икрыное (еще 10 км ниже) концентрация НУ заметно возрастает (до 2 ПДК), далее (через 12 км) снижается до 1 ПДК (с. Ямное), а еще через 14 км вновь возрастает до 3 ПДК (с. Трудфронт). Совершенно очевидно, что этот рост обусловлен какими-то другими источниками, а не влиянием г. Астрахани. Такое распределение концентраций дает основание считать, что влияние города по НУ распространяется не более чем на 25–30 км (считая от южной границы города).

Наиболее четко выявляются размеры зоны влияния по распределению Zn (рис. 1 б). На входе в Бахтемир концентрация Zn несколько ниже, чем в замыкающем створе, далее она понижается до

10 мкг/л (1 ПДК) в створе пос. Бахтемир, а затем возрастает в 1,5 раза в с. Икряное. Этот рост продолжается и дальше, к с. Ямное и с. Трудфронт, что говорит о действии местных источников загрязнения, а не влиянии г. Астрахани.

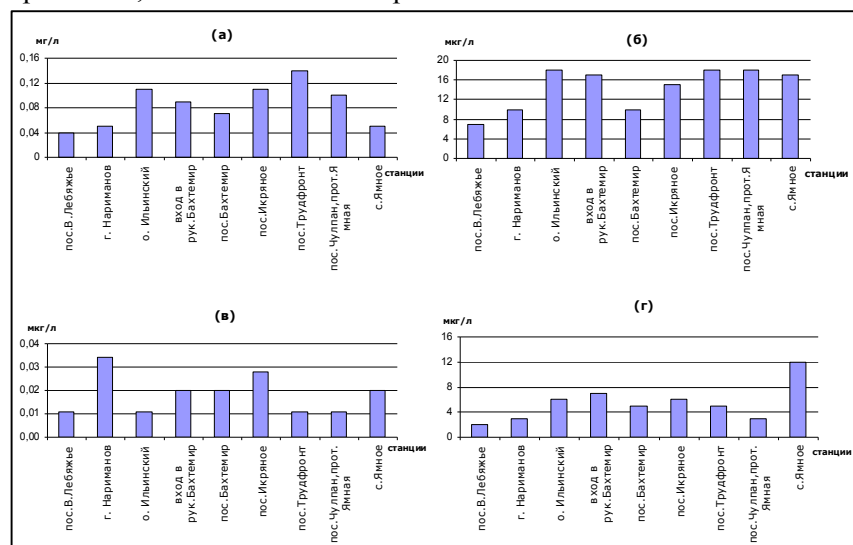


Рис. 1– Содержание загрязняющих веществ в воде рукава Бахтемир (август, 2008): а – углеводороды; б – цинк; в – ртуть; г – медь

Наблюдаемые изменения концентрации Hg по длине водотока также не связаны с влиянием г. Астрахани (рис. 1 в), т.е. действуют какие-то другие источники ртутного загрязнения; при этом размеры зоны влияния г. Астрахани не превышают 25-30 км.

Сходная картина наблюдается для Си: на входе в рукав Бахтемир ее концентрация несколько выше, чем в замыкающем створе (о. Ильинский), затем она снижается к створу пос. Бахтемир (до 5 мкг/л) и вновь возрастает до 6 мкг/л в с. Икряное (рис. 1 г). Далее следует резкий скачок в створе с. Ямное (до 12 мкг/л), который можно объяснить только каким-то аварийным сбросом в данном районе, поскольку уже через 14 км (с. Трудфронт) содержание Си снижается до 5 мкг/л. Если не учитывать эти колебания, причина которых пока не ясна, то, как и в предыдущих двух случаях, можно полагать, что влияние города Астрахани простирается только до пос. Бахтемир.

Рукав Болда отходит от русла р. Волги в северной окраинной части г. Астрахани в восточном направлении. Через 2 км он раз-

ветвляется на две протоки – Кривая Болда и Прямая Болда, которые обходят большой остров, вытянутый в широтном направлении примерно на 10 км, и вновь сливаются у восточного мыса острова (Кривая Болда – с севера, Прямая Болда – с юга). Район Прямой Болды плотно заселен, здесь расположено множество промышленных предприятий, судоремонтный завод, причалы и т.д.

Как и в предыдущем случае, антропогенное влияние города на качество воды для разных веществ проявляется по-разному. Так, содержание Cu на входе в рукав Болда из р. Волги соответствует ПДК, а затем оно возрастает до 3 ПДК в Кривой Болде и до 22 ПДК в середине Прямой Болды, но в месте их слияния снижается до 4 ПДК. Далее вниз по течению Болды (через 12 км) продолжается снижение до уровня 2 ПДК, а через 6 км вновь возрастает почти до 8 ПДК. Таким образом, влияние городской агломерации на уровень содержания Cu распространяется не более чем на 20 км.

Для Zn картина получается более смазанной, хотя и здесь его концентрация максимальна в середине Прямой Болды и заметно снижается к месту слияния. Дальше вниз по течению концентрация Zn несколько возрастает (с 14 до 17 мкг/л) и сохраняется в пределах исследованного участка. Поэтому протяженность зоны влияния получается даже меньше, чем для Cu .

Анализ изменения содержания Hg в воде дает следующую картину. На входе в рукав Болда концентрация Hg высокая (0,03 мкг/л, или 3 ПДК), такой же она остается в Кривой Болде; в середине Прямой Болды возрастает до 0,034 мкг/л, а в месте слияния снижается до 0,023 мкг/л и сохраняется на этом уровне (на расстоянии 12 км). Еще через 6 км концентрация Hg становится равной 0,011 мкг/л, т.е. 1 ПДК, т.е. и по этому показателю влияние г. Астрахани распространяется на расстояние не более 20 км.

Содержание углеводов максимально (почти 3 ПДК) на входе в рукав Болда (т.е. на выходе из Волги); затем оно немного снижается с небольшими колебаниями, а в месте слияния становится равным 0,1 мг/л (2 ПДК). К следующему створу через 12 км концентрация вновь возрастает в 1,4 раза, что уже никак не связано с действием городских стоков. Таким образом, по НУ зона влияния существенно меньше приведенных выше значений. Следует отметить, что результаты исследований авторов совпадают с оценкой зоны влияния г. Астрахани (15–20 км), полученной в работе [6].

На основании сказанного выше можно сделать вывод, что оценка размеров зоны влияния г. Астрахани на качество воды в дельте р. Волги является достаточно сложной задачей. По некоторым гидрохимическим показателям удастся приближенно определить протяженность зоны, но при этом попутно выявляется еще и влияние каких-то других факторов, действие которых приводит к резкому увеличению концентраций ЗВ в воде рукавов дельты на удаленных от города участках, где отсутствуют явные источники загрязнения (точечные или диффузные). Это может быть связано с гидродинамической активностью потока, размывом донных отложений и берегов и т.д. Для получения корректных ответов на рассматриваемые вопросы, необходимо проведение более детальных исследований по специально разработанным программам.

Литература

1. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды Астраханской области за 2008–2010 гг., г. Астрахань, 2011г.
2. *Бреховских В.Ф., Кочарян А.Г., Перекальский В.М.* Моделирование влияния городских сточных вод на качество воды в реке // Инженерная экология, 2002. №4, С. 19-26.
3. *Бреховских В.Ф., Перекальский В.М.* Моделирование процесса распространения загрязняющих веществ в приливном устье Северной Двины // Метеорология и гидрология, 2002. № 12. С.86-93.
4. *Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Перекальский В.М.* Современное состояние качества воды и донных отложений Нижней Волги: моделирование и оценка последствий экстремальных ситуаций // Водные проблемы крупных речных бассейнов и пути их решения. Сб. докладов Всероссийской научной конференции. Барнаул, 2009. С.242-251.
5. *Немировская И.А., Лисицын А.П.* Пространственная изменчивость различных соединений в воде, взвеси и осадках Волги // Доклады АН, 2011. Т. 437. № 6. С. 813–819.
6. *Лычагина Н.Ю., Касимов Н.С., Лычагин М.Ю.* Биогеохимия макрофитов дельты Волги // Геоэкология Прикаспия. Вып.4. М.: Географ.ф-т МГУ, 1998. 84 с.