СБРОС СТОЧНЫХ ВОД И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В БАСЕЙНЕ РЕКИ ВОЛГА (1990–2018 ГГ.)

А.П. Демин

ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук
deminap@mail.ru

Аннотация. Приведены основные характеристики социально-экономического развития бассейна р. Волга. Показано сокращение водопотребления и водоотведения в бассейне в результате трансформации экономики и социальной сферы, изменение качества сточных вод. Представлены данные по существенному сокращению сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод. Выявлено, что в большинстве речных бассейнов состояние качества воды остается неудовлетворительным.

Ключевые слова: водопотребление, водоотведение, структура сточных вод, очистные сооружения, загрязняющие вещества, качество воды

Волга – крупнейшая река Европы. Водосборная площадь ее бассейна составляет по разным оценкам от 1360 до 1431 тыс. км², что равняется почти трети европейской части нашей страны. Из-за выгодного экономико–географического положения, полноводности и большой протяженности Волга всегда была главной рекой России. В ее бассейн входят полностью или частично территории 38 субъектов Российской Федерации, в том числе 8 республик, 29 областей и г. Москвы.

Хотя Волжский бассейн занимает только 8 % территории РФ – это важнейший в экономическом отношении регион России. Расчеты, выполненные нами на основе обработки статистических материа-

лов Росстата [1], показывают, что здесь располагается 32 % посевов сельскохозяйственных культур, 43 % основных фондов экономики, производится почти половина валового регионального продукта России, что определяет высокую степень антропогенной нагрузки (табл.1). На начало 2020 г. на территории бассейна проживало 60,8 млн. человек (41,5 % населения РФ), из них 49,1 млн. в городах. На долю Волги и ее притоков приходится более 70 % грузооборота речного транспорта России. Водохранилища каскада обеспечивают с высокой степенью надежности водоснабжение городов и промышленных узлов, а также широко используются для массового отдыха, оздоровления и спорта.

Таблица 1. Основные показатели социально-экономического развития в бассейне Волги

Регион	Число субъектов РФ*	Площадь территории в пределах бассейна, тыс. км ²	Численность населения на 01.01.2020, тыс. чел			Основные фонды отраслей экономики на конец 2018 г., млрд. руб.	Валовой региональный продукт в 2017 г., млрд. руб.	Площадь посевов с/х культур в 2019 г., тыс. га,
			Всего	городское	сельское			
Верхняя Волга	27/10	648,0	38282,9	32066,7	6216,2	65694,3	25404,3	10487,8
Кама	14/1	504,3	11727,1	8431,5	3295,6	12290,7	4700,1	6573,9
Нижняя Волга	9/2	278,3	10833,5	8606,8	2226,7	11696,0	4220,3	8387,8
Всего по бассейну Волги	38/17	1430,7	60843,5	49107,0	11738,5	89680,9	34324,8	25449,5
Всего по РФ	85	17125,2	146748,6	109562,5	37186,1	210940,5	74926,8	79880,5
Бассейн Волги, % РФ	44,7	8,4	41,5	44,8	31,6	42,5	45,8	31,9
Части бассейна, % всего бассейна								
Верхняя Волга		45,3	62,9	65,3	53,0	73,3	74,0	41,2
Кама		35,2	19,3	17,2	28,1	13,7	13,7	25,8
Нижняя Волга		19,5	17,8	17,5	18,9	13	12,3	33,0

*Числитель – общее количество субъектов федерации, знаменатель – количество субъектов, полностью входящих в часть бассейна Волги

Бассейн Волги имеет огромную протяженность, включает в себя несколько природно-климатических зон от таежной до полупустынной и много регионов, характеризующихся своей специализацией производства исходя из общероссийского разделения труда и спецификой использования водных ресурсов. В целях более детального анализа эффективности водопользования разделим бассейн, как это принято, на 3 части – Верхнюю Волгу, Каму и Нижнюю Волгу [2].

Водохозяйственная система Верхней Волги обеспечивает водоснабжение населения и хозяйства 27 субъектов федерации, а также водный транспорт, орошаемое земледелие, рыбозаводство, гидроэнергетику и специальные экологические попуски. Площадь бассейна составляет 648 тыс. км², а численность населения превышает 38 млн. человек. Здесь производится 74 % валовой региональной продукции и формируется более половины водных ресурсов всего бассейна.

Сток левого притока Волги р. Камы регулируется Камским, Воткинским и Нижнекамским водохранилищами. ВХС Камы обеспечивает водоснабжение населения и хозяйства 14 субъектов федерации, а также водный транспорт, рыбозаводство, орошаемое земледелие, гидроэнергетику и специальные экологические попуски. Площадь бассейна составляет 504 тыс. км², а численность населения 11,7 млн. человек. Этот регион наряду с высокой концентрацией промышленности характеризуется развитым сельским хозяйством.

Бассейн Нижней Волги охватывает территорию девяти субъектов РФ (республики Калмыкии, Татарстан, Астраханской, Волгоградской, Оренбургской, Самарской, Саратовской, Ульяновской, малую часть Пензенской областей) и занимает площадь 278 тыс. км² с численностью населения 10,8 млн. человек. Сток Нижней Волги регулируется Саратовским и Волгоградским водохранилищами. Здесь расположено > 800 тыс. га орошаемых угодий, на которых выращиваются теплолюбивые сельскохозяйственные культуры, широко развито искусственное воспроизводство ценных пород рыб.

В 1990 г. забор пресной воды из водных объектов бассейна Волги составлял 37,0 км³, но к 2018 г. в результате трансформации социально-экономических условий в России этот показатель снизился до 16,3 км³ или в 2,3 раза [3–4]. Удельный вес бассейна Волги во всем водопотреблении России снизился с 31,9 % в 1990 г. до 24 % в 2018 г., что говорит об ускоренном снижении антропогенной нагрузки в этом бассейне по сравнению с другими регионами России. Среди отраслей экономики бассейна наиболее водозатратна промышленность. В 2018 г. на ее

долю приходилось 55 % общего водопотребления, хотя еще в середине 1990-х годов этот показатель не превышал 49 % [5].

С 1990 по 2018 гг. использование свежей вод в бассейне Волги на производственные нужды сократилось с 17,8 до 7,7 км³, оборотной и повторно-последовательной – с 69,2 до 45,0 км³, а суммарное водоснабжение в промышленности – с 87,0 до 52,7 км³ [3–4]. Коэффициент водооборота в целом по бассейну за этот период вырос с 79,5 до 85,4 %.

В современных условиях на долю Верхней Волги приходится ~ 30 % орошаемых земель бассейна Волги, Камы ~ 10 %, Нижней Волги ~ 60 %. Что касается объемов воды, использованных для нужд орошения, то здесь картина еще более контрастна. На уровне 2018 г. > 97 % объема водопотребления было использовано на Нижней Волге, 2 % на Верхней Волге и < 1 % в бассейне Камы.

Из-за неисправности оросительных систем, отсутствия поливной техники, дороговизны услуг водохозяйственных организаций площадь фактически политых земель в бассейне Волги снизилась с 1530 тыс. га в 1990 г. до 717 тыс. га в 2000 г. и 565 тыс. га в 2018 г. В бассейне Камы за 28 лет площадь фактически политых земель снизилась в 5,5 раза, на Нижней Волге – в 2,3 раза, на Верхней Волге – в 1,9 раза. Существенно снизились объемы воды, используемой на орошение. Если в 1990 г. на нужды регулярного и лиманного орошения расходовалось 3,68 км³, то в 2018 г. было использовано 0,67 км³ воды, или в 5,5 раза меньше.

Жилищно-коммунальное хозяйство удовлетворяет потребность в воде населения, коммунальных, транспортных и прочих непромышленных предприятий. Ситуация с питьевым водоснабжением в бассейне Волги достаточно тревожная. Значительное число жителей использует недоброкачественную питьевую воду. До сих пор почти 10 % горожан и около 45 % сельчан пользуются водой из колодцев, родников, водоразборных колонок, а не водопровода. В среднем по бассейну с 2000 по 2018 г. среднесуточное водопотребление 1 жителя (городского и сельского) снизилось с 289 до 155 л, или на 46,5 %.

В результате сокращения водопотребления в жилищно-коммунальном, сельском хозяйстве и промышленности сброс сточных, шахтно-рудничных и коллекторно-дренажных вод в поверхностные водные объекты в целом по бассейну Волги сократился за 28 лет с 22,3 до 10,9 км³ (в 2 раза). Доля загрязненных сточных вод в общем объеме отводимых сточных вод в период экономического кризиса чуть выросла, но с 2000 г. сократилась с 48 % до 45,7 % в 2018 г.

В бассейне р. Ока за 1990–2018 годы общий сброс сточных вод сократился в 2,3 раза, в бассейне р.

Москва – в 1,85 раза, в бассейне р. Клязьма – в 3,1 раза, а в бассейне р. Сура – в 1,9 раза. Естественно, что сброс загрязненных сточных вод также заметно сократился. Однако на всех реках Верхней Волги наблюдается неблагоприятное соотношение загрязненных и нормативно-чистых вод. Так, в бассей-

не р. Ока удельный вес загрязненных сточных вод за 28 лет вырос с 66 до 74 %, а на ее крупнейшем притоке р. Москва – с 78 до 86 %. Очень сильно загрязнены сточные воды в бассейне р. Клязьма. Лишь в бассейне р. Сура доля загрязненных вод сократилась с 65 в 2000 г. до 57 % в 2018 г. (рис.1).

Рис. 1. Доля загрязненной воды в общем объеме сточной воды, %

За 1990–2018 годы объем сброса сточных, шахтно-рудничных и коллекторно-дренажных вод в водные объекты бассейна Камы снизился с 5,11 до 2,57 км³ (2 раза). При этом доля загрязненных сточных вод заметно снизилась (с 42,5 до 32,9 %). На всех главных притоках Камы наблюдается неблагоприятное соотношение загрязненных и нормативно-чистых вод. Так, в бассейне р. Чусовой удельный вес загрязненных сточных вод за 28 лет вырос с 55 до 82 %, в бассейне р. Вятки – с 61 до 66 %.

В бассейне Нижней Волги объем сброса сточных, шахтно-рудничных и коллекторно-дренажных вод в водные объекты также заметно сократился. Самое большое сокращение объема водоотведения наблюдалось в Оренбургской и особенно Астраханской областях, что связано с резким сокращением объема коллекторно-дренажных вод, отводимых с орошаемых земель.

В настоящее время большая часть загрязненных

сточных вод сбрасывается в водоприемники без очистки или недостаточно очищенными. В целом по бассейну Волги объем сбрасываемых загрязненных сточных вод с 1990 по 2018 гг. снизился с 11,1 до 5,0 км³, или более чем в 2,2 раза. Казалось бы, можно улучшить качество очистки при столь существенном сокращении сбрасываемых стоков. Однако объем нормативно очищенных сточных вод на сооружениях очистки за этот период также сократился – с 1072 до 589 млн. м³, или в 1,9 раза. В результате доля нормативно очищенной воды в общем объеме сточных вод, требующих очистки, за 28 лет в бассейне Волги выросла на очень незначительную величину – с 8,8 до 10,6 %, то есть до нормативов сейчас очищается только каждый десятый кубометр загрязненной воды. При этом в большинстве бассейнов крупных и средних рек доля нормативно очищенной воды в общем объеме сточных вод, требующих очистки, сократилась (рис. 2).

Рис. 2. Доля нормативно очищенной воды в общем объеме сточных вод, требующих очистки, %

Суммарная мощность очистных сооружений в бассейне р. Волги в 2018 г. достигла 15,26 км³ и превысила уровень 2000 г. на 13 %. Низкая эффективность работы очистных сооружений связана с устаревшим технологическим оборудованием и традиционными схемами очистки, а также с нарушениями режимов очистки сточных вод. Основные мощности очистных сооружений сосредоточены в ЖКХ. Необходимо отметить, что 60 % сооружений этой отрасли перегружены, 40 % эксплуатируются 30 и более лет и требуют срочной реконструкции.

В связи со снижением объемов отводимых сточных вод, изменением их качественного состава, ростом мощности очистных сооружений значительный интерес представляет анализ динамики сбросов ЗВ. По большинству ЗВ отмечается существенное снижение их сброса в водные объекты в 2018 г. по сравнению с 1990 г. [2–3]. Наибольший эффект достигнут в снижении сброса меди. Как в целом по бассейну Волги, так и в бассейнах ее крупнейших притоков Оки и Камы, количество сброшенной меди в составе сточных вод снизилось за этот период в 41 раз. Количество нефтепродуктов в составе сточных вод сократилось за 28 лет в бассейне Волги в 15 раз, в том числе в бассейне Камы в 9 раз, а в бассейне Оки – в 24 раза. Сброс аммонийного азота в бассейне Волги снизился в 4 раза. Биохимическое потребление кислорода (БПК), являющееся одним из важнейших критериев уровня загрязнения водоема органическими веществами, сократилось в бассейне Волги за этот период в 8,2 раза, а масса сухого остатка – в 3,3 раза. Единственный показатель, по которому отмечается рост – это нитраты.

Таким образом, хотя объем отводимых сточных вод снизился в бассейне Волги в 2,1 раза, а объем сточных вод, прошедших очистку, снизился в 1,9 раза, количество основных сброшенных ЗВ сократилось в 3–15 раз. Это свидетельствует о том, что несмотря на все вышеперечисленные недостатки в работе очистных сооружений, достигнут существенный эффект от проведения водоохранных мероприятий.

Снизилась также и рассредоточенная по водосборной территории антропогенная нагрузка. Количество вносимых органических удобрений сельскохозяйственными организациями за период 1990–2018 гг. сократилось в целом по бассейну Волги с 173 до 25,6 млн. т, а минеральных удобрений с 42,5 до 7,5 млн. ц д.в., или в 6,7 и 5,7 раз соответственно. Объем пестицидов, поставляемых сельскохозяйственным производителям, за этот период снизился в 3,5 раза.

Исходя из приведенных выше данных о снижении в 1990–2000-е гг. объема загрязненных сточных

вод и сброса ЗВ в водные источники можно было бы ожидать ощутимого улучшения их качества. В бассейнах ряда рек по некоторым ингредиентам это произошло. Однако по большинству речных бассейнов состояние качества воды остается неудовлетворительным и по-прежнему не отвечает нормативным требованиям. Этот эффект вызван действием ряда неконтролируемых (рассредоточенных) источников загрязнения, а также источников вторичных (накопленных) загрязнений. По многим оценкам именно они вносят основной вклад в загрязнение водных объектов.

Неконтролируемые источники находятся, в основном, вне системы контроля со стороны государственных органов, характеризуются нестационарностью режима и рассредоточенным характером поступления ЗВ в водные источники. К ним относятся: поверхностный смыв с сельхозтерриторий, промплощадок, сельхозугодий, а также водный транспорт, карьерные разработки, рекреация, свалки и захоронения бытовых отходов, атмосферные выбросы городов, промышленных объектов, транспорта, участвовавшие случаи аварий и катастроф и пр.

Анализ динамики качества поверхностных вод выполнен на основе статистической обработки данных гидрохимической сети Росгидромета в 2018 г. по наиболее характерным для каждого водного объекта показателям [6]. В последнее десятилетие вода верхневолжских водохранилищ, за исключением единичных створов, характеризуется как «загрязненная». Качество воды Рыбинского водохранилища в Вологодской области (ниже г. Череповца) в 2017–2018 гг. по сравнению с предыдущим периодом улучшилось, перейдя из категории «грязная» в категорию «загрязненная». К наиболее характерным загрязняющим веществам воды верхневолжских водохранилищ относятся органические вещества, соединения меди, в отдельных створах – легкоокисляемые органические вещества. В Ивановском и Угличском водохранилищах к ним добавляются соединения железа, у г. Дубны – фенолы. Качество воды большинства притоков верхневолжских водохранилищ варьирует от «загрязненных» до «грязных».

Качество воды Чебоксарского водохранилища на протяжении многих лет варьирует от «загрязненной» до «грязной». Наиболее часто к категории «грязной» относились воды на участках водохранилища у г. Кстово и г. Нижний Новгород, реже – ниже г. Кстово и г. Балахна. Характерными загрязнениями на протяжении многих лет являются соединения меди, железа и органические вещества (по ХПК).

В многолетнем плане вода собственно р. Камы, каскада ее водохранилищ и притоков характери-

зовалась повышенным содержанием соединений марганца, железа, меди и органических веществ. В 2018 г. количество створов, вода которых оценивалась как «грязная», уменьшилось и составило 17 % общего количества створов, при этом возросло число пунктов, где вода характеризовалось как «загрязненная».

Качество воды в бассейне р. Белая характеризуется повышенным содержанием соединений марганца, меди, железа, органических веществ. Вода р. Белая ниже г. Стерлитамак оценивается как «грязная». Среди притоков р. Камы и ее водохранилищ (без бассейна р. Белой) в последние годы превалировали «загрязненные» воды. В 2018 г., наиболее грязными являлись реки Косьва, Чусовая, Северушка, Иж и др.

В течение многолетнего периода в Куйбышевском и Саратовском водохранилищах преобладают «загрязненные» воды. «Грязная» вода чаще всего отмечается на участке Куйбышевского водохранилища в районе г. Казани. В 2018 г. вода Волгоградского водохранилища и р. Волги у г. Волгограда, как и в предыдущие годы, оценивалась как «загрязненная». К характерным загрязняющим веществам относятся органические вещества, соединения меди и цинка, у г. Волгограда к ним добавляются фенолы.

Вода р. Волги ниже г. Астрахани в последние 10 лет стабильно оценивается как «грязная». Перечень характерных загрязняющих веществ воды на этом участке реки расширился до 11: органические вещества (по ХПК и БПК₅), аммонийный и нитритный азот, фенолы, нефтепродукты, соединения меди, железа, цинка, марганца и молибдена

Итак, анализ данных гидрохимической сети Росгидромета, показывает, что степень загрязненности воды реки в целом устойчиво сохраняется на уровне прошлых лет. Практически все водные объекты бассейна Волги подвержены антропогенному воздействию. Неблагополучно состояние малых рек, особенно в зонах промышленных центров, из-за поступления в них с поверхностным стоком и отработанными сточными водами большого количества ЗВ. В сельской местности значительный ущерб малым рекам наносится из-за нарушения режима хозяйственной деятельности в водоохраных зонах и смыва в водотоки органических и минеральных веществ, пестицидов, частиц почвы в результате водной эрозии.

Экономические инструменты регулирования водопользования недостаточно мотивируют водопользователей к проведению водоохраных мероприятий. Современный уровень платы за сброс сточных вод очень низок, субъектам хозяйственной деятельности более выгодно осуществлять платежи за допустимые сбросы или платить штрафы. Несмотря на снижение контролируемой массы поступающих загрязняющих веществ, улучшения качества поверхностных и подземных вод в целом не наблюдается, что говорит о росте загрязнений, поступающих от диффузных источников и донных отложений.

Работа выполнена при частичном финансировании из средств государственного бюджета в рамках темы № 0147-2019-0003 государственного задания ИВП РАН (№ государственной регистрации АААА-А18-118022090105-5)

Список литературы

1. Сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>.
2. Демин А.П. Нагрузка на водные ресурсы бассейна Волги // Природно-ресурсные ведомости. 2017. № 11–12. С. 12.
3. Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2009 году (Статистический сборник) / Под ред. Н.Г. Рыбальского и А.Д. Думнова. – М.: НИИ-Природа, 2010. – 272 с.
4. Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2018 году (Статистический сборник) / Под ред. Н.Г. Рыбальского, В.А. Омеляненко. – М.: НИИ-Природа, 2019. – 274 с.
5. Демин А.П., Исмаилов Г.Х. Водопотребление и водоотведение в бассейне Волги // Водные ресурсы. 2003. Т. 30. № 3. С. 366–380. 10 цитирований.
6. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году». – М.: НИИ-Природа, 2019. – 290 с.

WASTE WATER DISCHARGE AND WATER POLLUTION IN THE VOLGA RIVER BASIN (1990–2018)

A.P. Demin

Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences
deminap@mail.ru

Abstract. The main characteristics of the socio-economic development of the basin of the river Volga are given. It is shown that the withdrawal of water resources in the basin decreased from 37.0 km³ in 1990 to 16.3 km³ in 2018 as a result of the transformation of socio-economic conditions in Russia. The area of actually irrigated lands decreased during this period from 1530 thousand ha to 565 thousand ha. Sharply reduced water consumption in housing and communal services. As a result, the volume of wastewater discharge has decreased over the 28 years from 22.3 to 10.9 km³. Most of the contaminated wastewater is discharged into water inlets without treatment or not sufficiently treated. Prior to standards, only every tenth cubic meter of contaminated water is cleaned in the Volga basin. The low efficiency of treatment facilities is associated with outdated technological equipment and traditional treatment schemes, as well as violations of wastewater treatment regimes. The amount of the main pollutants discharged into wastewater decreased by 3–15 times. This indicates that despite all the shortcomings in the operation of treatment facilities, a significant effect has been achieved from the implementation of water protection measures. In some river basins, some ingredients have improved water quality. However, in most river basins, the state of water quality remains unsatisfactory and still does not meet regulatory requirements. This effect is caused by the action of a number of uncontrolled (dispersed) pollution sources, as well as sources of secondary (accumulated) pollution. According to many estimates, it is non-point sources of pollution that make the main contribution to the pollution of water bodies.

Keywords: water consumption, water disposal, sewage structure, treatment facilities, pollutants, water quality, Volga river basin.

References

1. Sajt Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki [Jelektronnyj resurs] [Website of the Federal State Statistics Service [Electronic resource]]. – Rezhim dostupa: <http://www.gks.ru>.
2. Demin A.P. Nagruzka na vodnye resursy bassejna Volgi [/Pressure on water resources of the Volga basin] / Prirodno-resursnye vedomosti. 2017. № 11–12. S. 12 (In Russian).
3. Vodnye resursy i vodnoe hozjajstvo Rossii v 2009 godu (Statisticheskij sbornik) [/Water Resources and Water Management of Russia in 2009 (Statistical Book)] Pod red. N.G. Rybal'skogo i A.D. Dumnova. – M.: NIA-Priroda, 2010. – 272 s. (In Russian)
4. Vodnye resursy i vodnoe hozjajstvo Rossii v 2018 godu (Statisticheskij sbornik) [Water Resources and Water Management of Russia in 2018 (Statistical Book)] / Pod red. N.G. Rybal'skogo, V.A. Omel'janenko.. – M.: NIA-Priroda, 2019. – 274 s. (In Russian).
5. Demin A.P. and Ismailov G.Kh. (2003). Water Consumption and Drainage in the Volga Basin / Water Resources. Vol. 30. No. 3. P. 333–346. (In English).
6. Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ispol'zovanii vodnyh resursov Rossijskoj Federacii v 2018 godu». [State report “On the state and use of water resources of the Russian Federation in 2018”]. – M.: NIA-Priroda, 2019. – 290 s. (In Russian).