

# Изменение химического состава воды в Волге от истока к устью в летнюю межень 2009 года

*В.К. Дебольский, заведующий отделом охраны водной среды Института водных проблем РАН (ИВП РАН), доктор технических наук, профессор, И.Л. Григорьева, старший научный сотрудник, кандидат географических наук, А.Б. Комиссаров, младший научный сотрудник ИВП РАН*

Волга – крупнейшая река Европы, имеющая важное значение в народном хозяйстве и экономике России. Бассейн реки вытянут преимущественно в меридиональном направлении и охватывает различные географические зоны и ландшафты. Это создаёт неоднородность экологических условий, которые влияют на химический состав воды и жизнь водных организмов. Эта неоднородность усиливается также под влиянием антропогенных факторов.

Площадь бассейна Волги составляет около 8% от площади России. На её территории полностью или частично расположены 39 субъектов Федерации, сконцентрировано около 45% промышленного производства и около 50% сельскохозяйственного производства [3].

В результате полномасштабного гидростроительства, начатого в 30-е годы 20-го века, сток Волги был практически полностью зарегулирован. Сейчас на реке расположено 9 водохранилищ, 8 из которых представляют единый каскад (табл. 1). Незарегулированными остаются три участка: от истока до озера Стерж (Верхневолжское водохранилище), от плотины Верхневолжского водохранилища до г. Твери, и от плотины Волжской ГЭС до устья.

В настоящее время обобщающих работ, в которых вся Волга рассматривалась бы как единая экологическая система, практически нет. Поэтому остаются необходимыми комплексные экспедиционные исследования всей реки от истока до устья. Такие исследования были проведены Институтом водных проблем РАН летом 2009 г. Научно-исследовательская экспедиция по р. Волге и её водохранилищам проходила в несколько этапов. На первом этапе экспедиции было проведено исследование р. Волги на участке от истока до г. Твери. Пробы воды на химический и гидробиологический (фитопланктон) анализ отбирались в истоке, Верхневолжском водохранилище и на незарегулированном участке от п. Селижарово до г. Твери (до зоны выклинивания подпора от Ивановского гидроузла). На втором этапе было проведено исследование каскада Волжских водохранилищ и незарегулированного участка Нижней Волги от г. Волгограда до г. Астрахани. Этот этап проходил совместно с Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН на борту научно-исследовательского судна «Валаам-1». Были отобраны пробы воды на химический и гидробиологический анализ во всех водохранилищах каскада. Станции наблюдений были приурочены в основном к затопленному руслу Волги. Гидрохимические и гидробиологические характеристики определялись в поверхностном горизонте (глубина 0,5 м).

Проведённые исследования позволили дать современную гидрохимическую характеристику Волги и её водохранилищам и проследить трансформацию химического состава воды от истока к устью.

Исток Волги расположен на Валдайской возвышенности, в Тверской области близ деревни Волговерховье на высоте 228 м над уровнем моря.

Таблица 1

**Морфометрическая характеристика Волжских водохранилищ**

| Водохранилище                  | Объём, км <sup>3</sup> |          | Площадь зеркала, км <sup>2</sup> | Длина, км | Наибольшая ширина, км | Глубина, м |            |
|--------------------------------|------------------------|----------|----------------------------------|-----------|-----------------------|------------|------------|
|                                | Полный                 | Полезный |                                  |           |                       | средняя    | наибольшая |
| Верхневолжское (НПУ=206 м)     | 0,794                  | 0,526    | 179                              | 92        | 4,4                   | 4,4        | 16,1       |
| Иваньковское (НПУ=124 м)       | 1,120                  | 0,813    | 327                              | 120       | 8,0                   | 3,4        | 19,0       |
| Угличское (НПУ=113 м)          | 1,245                  | 0,809    | 249                              | 143       | 5,0                   | 5,0        | 23,2       |
| Рыбинское (НПУ=109 м)          | 25,420                 | 16,670   | 4550                             | 250       | 56,0                  | 5,6        | 30,4       |
| Горьковское (НПУ=84 м)         | 8,82                   | 3,900    | 1591                             | 430       | 15,0                  | 5,5        | 21,0       |
| Чебоксарское (при НПУ 63/68 м) | 4,6/12,6               | -        | 1080/2181                        | 321/335   | 10,0/16,0             | 4,2/5,8    | 21/25      |
| Куйбышевское (НПУ=53 м)        | 58,000                 | 34,600   | 6450                             | 484       | 27,0                  | 8,9        | 40,0       |
| Саратовское (НПУ=28 м)         | 12,870                 | 1,750    | 1830                             | 348       | 20,0                  | 7,3        | 32,0       |
| Волгоградское (НПУ=15 м)       | 31,500                 | 8,250    | 3120                             | 546       | 17,0                  | 10,1       | 41,1       |

Краткая гидрохимическая характеристика воды истока Волги и Верхневолжского водохранилища

| Показатель                    | Ед. измер.             | Исток | Стерж | Вселуг | Пено | Волго |
|-------------------------------|------------------------|-------|-------|--------|------|-------|
| pH                            | ед. pH                 | 7,4   | 8     | 7,9    | 7,8  | 7,5   |
| Жёсткость общ.                | мг-экв/дм <sup>3</sup> | 0,8   | 1,4   | 1,3    | 1,3  | 1,0   |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 36,6  | 85,4  | 79,3   | 73,2 | 61,0  |
| Ca <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 10    | 22    | 21     | 18   | 17    |
| Mg <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 3,7   | 3,7   | 3      | 4,9  | 1,8   |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 19,0  | 4,2   | 3,3    | 9,6  | 4,8   |
| Cl <sup>-</sup>               | мг/дм <sup>3</sup>     | 3,2   | 1,3   | 1,3    | 1,2  | 1,3   |
| Fe общ.                       | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,66  | 0,15  | 0,28   | 0,27 | 0,28  |
| Mn <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,52  | 0,09  | 0,08   | 0,12 | 0,18  |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,03  | 0,01  | 0,01   | 0,01 | 0,01  |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 1,55  | 0,33  | 0,84   | 0,41 | 0,57  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,13  | 0,09  | 0,06   | 0,04 | 0,04  |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 2,7   | 4,0   | 0,8    | 1,8  | 1,2   |
| Цветность                     | градусы                | 360   | 50    | 70     | 140  | 100   |
| Перманганатная окисляемость   | мгО/дм <sup>3</sup>    | 60,3  | 12,5  | 13,7   | 16,8 | 17,5  |
| БПК <sub>5</sub>              | мгО/дм <sup>3</sup>    | 1,6   | 2,1   | 2,7    | 2,2  | 2,5   |

Верхневолжское водохранилище представляет собой цепочку из пяти озёровидных плёсов, которые были образованы на месте естественных проточных волжских озёр Стерж, Вселуг, Пено и Волго (последнее обычно подразделяют на Верхнее и Нижнее, или Малое и Большое). Важнейшие притоки – реки Руна, Кудь и Жукопа.

Согласно проведённым исследованиям, вода в истоке Волги и Верхневолжском водохранилище имела нейтральную и слабощелочную реакцию и отличалась малыми значениями жёсткости воды и низким содержанием солей (табл. 2). В истоке Волги были отмечены высокие концентрации железа общего, марганца и ионов аммония, а также большие значения цветности и перманганатной окисляемости, что характерно для болотных вод, поскольку своё начало Волга берёт из небольшого болотца.

Ниже плотины Верхневолжского водохранилища Волга течёт по Валдайской возвышенности. Ниже г. Ржева Волга вступает в пределы Верхневолжской низменности и течёт в естественном режиме до г. Твери. Значительные притоки Волги на этом участке – это реки Селижаровка, Тудовка и Вазуза. Селижаровка вытекает из озера Селигер, тем самым почти наполовину пополняя Волгу селигерской водой, которая отличается малым содержанием солей и большой прозрачностью воды. Вазуза – первый значительный приток Волги, после которой последняя становится относительно многоводной. Вода Вазузы также отличается малой минерализацией и большой прозрачностью. В целом, для этого участка Волги характерны притоки, которые отличаются малым содержанием железа, низкими значениями цветности, однако для большинства притоков характерна высокая жёсткость воды и повышенное, по сравнению с Волгой, содержание солей. Эти факторы оказывают значительное влияние на химический состав воды Волги, делая её более жёсткой, прозрачной, значительно уменьшается содержание ионов железа и марганца по сравнению с водой истока. Падает цветность воды, увеличивается минерализация (табл. 3).

Ниже города Твери Волга находится в подпоре от Ивановского гидроузла, после строительства которого в 1937 г. у г. Иваново (в настоящее время г. Дубна) было создано Ивановское водохранилище. Водоохранилище расположено в подзоне хвойно-широколиственных лесов. Берега его в основном низкие. Главная роль в питании принадлежит Волге, сток которой составляет 57% общего притока речной воды. Наиболее многоводный приток – р. Тверца, её воды составляют 25% общего притока. Левые притоки водохранилища – реки Орша и Созь. Орша вытекает непосредственно из массива болота Оршинский Мох. Созь вытекает из озера Великое. Эти реки отличаются высокими концентрациями железа и марганца, большой цветностью воды и высокими значениями перманганатной окисляемости.

По сравнению с незарегулированным участком верхней Волги, в Ивановском водохранилище возрастают концентрации железа общего и марганца, а также увеличивается цветность воды и содержание органических веществ; вода водохранилища отличается более высокими значениями pH, по сравнению с незарегулированным участком (табл. 4).

Второй ступенью каскада Волжских водохранилищ является Угличское водохранилище. Водоём расположен в лесной зоне, большая его часть лежит в подзоне смешанных хвойно-широколиственных лесов, а северный участок простирается до границы подзоны южной тайги [1]. Берега Угличского водохранилища, в целом более высокие, чем у Ивановского. Крупные притоки – реки Медведица (левый) и Нерль (правый).

Вода Угличского водохранилища отличается от воды Ивановского водохранилища более щелочной реакцией, более высокими значениями жёсткости. Концентрация сульфатов в воде Угличского водохранилища в два раза выше, чем

Краткая гидрохимическая характеристика воды незарегулированного участка Верхней Волги

| Показатель                    | Ед. измер.             | Селижарово | Ржев  | Старица | Тверь |
|-------------------------------|------------------------|------------|-------|---------|-------|
| pH                            | ед. pH                 | 7,5        | 7,8   | 7,9     | 7,9   |
| Жёсткость общая               | мг-экв/дм <sup>3</sup> | 1,05       | 2,2   | 2,7     | 3,0   |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 67,1       | 131,1 | 183,0   | 183,0 |
| Ca <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 19         | 34    | 40      | 42    |
| Mg <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 1,2        | 6,1   | 8,5     | 10,9  |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 5,2        | 8,5   | 9,0     | 11,5  |
| Cl <sup>-</sup>               | мг/дм <sup>3</sup>     | 1,3        | 4,4   | 3,8     | 5,1   |
| Fe общ.                       | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,32       | 0,08  | 0,09    | 0,04  |
| Mn <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,11       | 0,06  | 0,07    | 0,05  |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,02       | 0,01  | 0,01    | 0,01  |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,49       | 0,27  | 0,27    | 0,36  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,06       | 0,04  | 0,05    | 0,05  |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 1,5        | 1,5   | 1,7     | 1,7   |
| Цветность                     | градусы                | 45         | 60    | 35      | 40    |
| Перманганатная окисляемость   | мгО/дм <sup>3</sup>    | 15,5       | 10,7  | 9,9     | 9,9   |
| БПК <sub>5</sub>              | мгО/дм <sup>3</sup>    | 1,4        | 1,4   | 1,5     | 2,6   |

Таблица 4

Краткая гидрохимическая характеристика воды Ивановского водохранилища

| Показатель                    | Ед. измер.             | Городня | Шоша  | Конаково | Корчева | Верхний Бьеф |
|-------------------------------|------------------------|---------|-------|----------|---------|--------------|
| pH                            | ед. pH                 | 8,1     | 8,1   | 8,1      | 8,0     | 7,9          |
| Электропр-ть                  | mSm/m                  | 23,8    | 21,1  | 22,7     | 21,6    | 19,3         |
| Жёсткость общ.                | мг-экв/дм <sup>3</sup> | 2,6     | 2,3   | 2,6      | 2,3     | 2,0          |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 146,9   | 127,7 | 146,4    | 128,6   | 122,0        |
| Ca <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 38      | 33    | 38       | 34      | 28           |
| Mg <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 9,0     | 7,7   | 8,0      | 7,8     | 7,3          |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 19,5    | 19,6  | 20,0     | 19,2    | 10,0         |
| Cl <sup>-</sup>               | мг/дм <sup>3</sup>     | 3,6     | 2,0   | 3,2      | 3,0     | 4,5          |
| Fe общ.                       | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,32    | 0,42  | 0,44     | 0,4     | 0,34         |
| Mn <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,10    | 0,14  | 0,11     | 0,13    | 0,14         |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,08    | 0,03  | 0,06     | 0,06    | 0,04         |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,34    | 0,30  | 0,23     | 0,12    | 0,12         |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,09    | 0,06  | 0,11     | 0,10    | 0,06         |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 1,8     | 1,0   | 1,8      | 1,7     | 1,0          |
| Цветность                     | градусы                | 80      | 100   | 100      | 100     | 120          |
| Перманганатная окисляемость   | мгО/дм <sup>3</sup>    | 14,3    | 19,6  | 18,0     | 18,7    | 22,4         |
| БПК <sub>5</sub>              | мгО/дм <sup>3</sup>    | 1,7     | 1,6   | 2,5      | 3,5     | 2,6          |

в воде Ивановского водохранилища, также велики здесь концентрации иона аммония и фосфатов, а концентрации железа общего, напротив, ниже. Увеличение концентраций ряда загрязняющих веществ в воде Угличского водохранилища, по сравнению с Ивановским, объясняется поступлением сточных вод от гг. Дубны, Кимр и Калязина и увеличивающейся рекреационной нагрузкой на водоохранную зону.

Третьей ступенью Волжского каскада является Рыбинское водохранилище. Оно расположено в Молого-Шекснинской низине, в подзоне южной тайги. Берега его различной высоты и крутизны, преобладают низкие и отлогие, но на некоторых участках Волжского и Шекснинского плёсов есть высокие и крутые участки. Крупнейшие притоки – рр. Молога, Шексна и Суда [1].

Краткая гидрохимическая характеристика воды Углицкого водохранилища

| Показатель                    | Ед. измер.             | Дубна | Кимры | Калязин | Селище | Верхний бьеф |
|-------------------------------|------------------------|-------|-------|---------|--------|--------------|
| pH                            | ед. pH                 | 8,0   | 8,1   | 8,2     | 8,2    | 8,3          |
| Электропр-ть                  | mSm/m                  | 24,1  | 28,6  | 24,0    | 23,7   | 21,8         |
| Жёсткость общ.                | мг-экв/дм <sup>3</sup> | 2,6   | 2,8   | 2,6     | 2,55   | 2,3          |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 115,9 | 122,0 | 115,9   | 97,6   | 129,6        |
| Ca <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 36    | 39    | 38      | 36     | 32           |
| Mg <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 9,7   | 10,3  | 8,5     | 9,1    | 8,5          |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 35,6  | 38,6  | 24,0    | 45,0   | 45,6         |
| Cl <sup>-</sup>               | мг/дм <sup>3</sup>     | 4,4   | 6,3   | 4,1     | 3,5    | 2,2          |
| Fe общ.                       | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,08  | 0,12  | 0,10    | 0,14   | 0,10         |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,16  | 0,22  | 0,16    | 0,16   | 0,11         |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,28  | 0,30  | 0,44    | 0,40   | 0,42         |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,05  | 0,06  | 0,05    | 0,05   | 0,06         |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 2,5   | 0,4   | 1,9     | 2,1    | 1,8          |
| Цветность                     | градусы                | 80    | 80    | 100     | 110    | 120          |
| Перманганатная окисляемость   | мгО/дм <sup>3</sup>    | 11,7  | 12,4  | 15,2    | 13,9   | 14,7         |
| БПК <sub>5</sub>              | мгО/дм <sup>3</sup>    | 1,6   | 3,5   | 3,0     | 1,5    | 1,5          |

Таблица 6

Краткая гидрохимическая характеристика воды Горьковского водохранилища

| Показатель                    | Ед. измер.             | Рыбинск | Кострома | Кинешма | Юрьевец |
|-------------------------------|------------------------|---------|----------|---------|---------|
| pH                            | ед. pH                 | 8,1     | 8,3      | 8,1     | 8,1     |
| Электропр-ть                  | mSm/m                  | 21,5    | 24,3     | 24,1    | 23,3    |
| Жёсткость общ.                | мг-экв/дм <sup>3</sup> | 2,25    | 2,25     | 2,35    | 2,5     |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 79,3    | 85,4     | 85,4    | 91,5    |
| Ca <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 30      | 33       | 32      | 32      |
| Mg <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 9,1     | 7,3      | 9,1     | 10,9    |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 91,0    | 81,6     | 91,2    | 96,0    |
| Cl <sup>-</sup>               | мг/дм <sup>3</sup>     | 2,8     | 3,5      | 3,2     | 3,9     |
| Fe общ.                       | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,10    | 0,30     | 0,20    | 0,06    |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,10    | 0,05     | 0,10    | 0,11    |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,27    | 0,76     | 0,34    | 0,33    |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,09    | 0,06     | 0,06    | 0,06    |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 1,7     | 3,0      | 1,7     | 1,9     |
| Цветность                     | градусы                | 80      | 85       | 80      | 60      |
| Перманганатная окисляемость   | мгО/дм <sup>3</sup>    | 13,9    | 10,2     | 13,2    | 11,6    |
| БПК <sub>5</sub>              | мгО/дм <sup>3</sup>    | 1,6     | 0,5      | 0,9     | 0,9     |

Вода Рыбинского водохранилища отличается менее щелочной реакцией по сравнению с водой Углицкого водохранилища, она также менее жёсткая, наблюдается увеличение концентрации сульфатов и содержания железа общего.

Горьковское водохранилище – четвёртая ступень Волжского каскада, расположено в лесной зоне в подзоне южной тайги. Отдельные части водохранилища сходны с водоёмами разных типов.

В верхнем участке между г. Рыбинском и г. Ярославлем затоплена только пойма и первая надпойменная терраса. В среднем участке в районе впадения р. Костромы затоплена обширная низина, называемая Костромским расширением. Ниже г. Юрьевца начинается расширенная озёровидная часть. Главные притоки водохранилища – рр. Кострома, Немда, Унжа и Которосль. Низовья Унжи и Немды значительно подтоплены и превращены в заливы-эстуарии, глубоко вдающиеся в окружающую местность [1].

Краткая гидрохимическая характеристика воды Чебоксарского водохранилища

| Показатель                    | Ед. измер.             | Выше Оки | Ниже Оки | Бармино | Васильсурск | Козьмодемьянск | Чебоксары |
|-------------------------------|------------------------|----------|----------|---------|-------------|----------------|-----------|
| pH                            | ед. pH                 | 8,4      | 8,2      | 8,3     | 8,2         | 8,2            | 8,2       |
| Электропр-ть                  | mSm/m                  | 21,2     | 18,4     | 31,5    | 30,3        | 31,8           | 31,4      |
| Жёсткость общ.                | мг-экв/дм <sup>3</sup> | 2,1      | 2,2      | 3,5     | 3,25        | 3,3            | 3,3       |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 91,5     | 91,5     | 109,8   | 103,7       | 109,8          | 103,7     |
| Ca <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 49       | 48       | 44      | 45          | 46             | 45        |
| Mg <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 6,7      | 8,5      | 12,8    | 10,3        | 11,5           | 12,8      |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 57,6     | 67,2     | 81,5    | 74,4        | 72,0           | 66,7      |
| Cl <sup>-</sup>               | мг/дм <sup>3</sup>     | 3,2      | 3,8      | 11,1    | 10,4        | 10,1           | 9,5       |
| Fe общ.                       | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,04     | 0,04     | 0,04    | 0,04        | 0,06           | 0,10      |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,08     | 0,07     | 0,31    | 0,31        | 0,27           | 0,23      |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,32     | 0,30     | 0,19    | 0,19        | 0,17           | 0,24      |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,07     | 0,06     | 0,06    | 0,06        | 0,05           | 0,04      |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 2,5      | 2,6      | 3,5     | 3,9         | 3,0            | 2,6       |
| Цветность                     | градусы                | 60       | 50       | 50      | 50          | 50             | 50        |
| Перманганатная окисляемость   | мгО/дм <sup>3</sup>    | 12,2     | 12,2     | 9,7     | 10,4        | 9,6            | 9,9       |
| БПК <sub>5</sub>              | мгО/дм <sup>3</sup>    | 2,3      | 0,9      | 2,9     | 7,8         | 3,4            | 6,8       |

Таблица 8

Краткая гидрохимическая характеристика воды Куйбышевского водохранилища

| Показатель                    | Ед. измер.             | Звенигово | Казань | Тетюши | Ульяновск | Тольятти |
|-------------------------------|------------------------|-----------|--------|--------|-----------|----------|
| pH                            | ед. pH                 | 8,3       | 9,9    | 9,0    | 8,3       | 9,2      |
| Электропр-ть                  | mSm/m                  | 31,3      | 34,4   | 28,5   | 29,1      | 30,4     |
| Жёсткость общ.                | мг-экв/дм <sup>3</sup> | 3,25      | 3,4    | 3,1    | 2,9       | 3,2      |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 91,5      | 97,6   | 94,5   | 106,7     | 109,8    |
| Ca <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 44        | 47     | 44     | 43        | 46       |
| Mg <sup>2+</sup>              | мг/дм <sup>3</sup>     | 12,8      | 12,8   | 10,9   | 9,1       | 10,9     |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 84,0      | 86,4   | 74,4   | 55,2      | 67,2     |
| Cl <sup>-</sup>               | мг/дм <sup>3</sup>     | 10,4      | 10,1   | 17,1   | 22,8      | 21,5     |
| Fe общ.                       | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,06      | 0,08   | 0,10   | 0,08      | 0,08     |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,23      | 0,22   | 0,28   | 0,16      | 0,13     |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,17      | 0,27   | 1,50   | 1,49      | 1,17     |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,04      | 0,04   | 0,03   | 0,08      | 0,04     |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | мг/дм <sup>3</sup>     | 2,9       | 2,9    | 0,3    | 0,3       | 0,4      |
| Цветность                     | градусы                | 50        | 50     | 45     | 45        | 45       |
| Перманганатная окисляемость   | мгО/дм <sup>3</sup>    | 10,1      | 9,8    | 8,3    | 9,2       | 7,1      |
| БПК <sub>5</sub>              | мгО/дм <sup>3</sup>    | 1,2       | 4,0    | 7,8    | 7,9       | 7,5      |

Вода в Горьковском водохранилище характеризуется более щелочной реакцией, по сравнению с водой Рыбинского водохранилища (табл. 6). Содержание основных ионов не претерпевает значительных изменений, однако практически вдвое увеличиваются концентрации сульфатов и происходит снижение концентрации железа общего. В районе г. Костромы, ниже впадения р. Костромы, была зафиксирована значительная концентрация ионов аммония – практически вдвое превышавшая уровень ПДК<sub>рыб.-хоз.</sub>, что является свидетельством локального загрязнения.

Пятая ступень каскада – Чебоксарское водохранилище. Левый (северный) берег водохранилища находится в подзоне южной тайги, правый – в подзоне смешанных хвойно-широколиственных лесов. Главные притоки – это рр. Ока, Керженец, Сура и Ветлуга. Керженец и Ветлуга – типичные лесные реки с заметно окрашенной и слабоминерализованной водой. Верхняя часть водохранилища (от г. Городца до устья р. Оки) узкая, берега низкие, подтопление незначительно,

что напоминает старое русло Волги. Средняя часть – от р. Оки до устья р. Суры – представляет собой долинное водохранилище, весьма извилистое. Нижняя часть более расширенная, озёровидная.

Вода Чебоксарского водохранилища имеет среднещелочную реакцию в отличие от воды Горьковского водохранилища. В средней и нижней частях водохранилища повышается жёсткость и увеличивается содержание основных ионов, за исключением сульфатов, концентрация которых снижается. Продолжается снижение концентраций железа общего и уменьшается цветность воды. Значительных величин достигают значения БПК<sub>5</sub>.

Куйбышевское водохранилище, шестая ступень каскада, занимает второе место в мире по площади среди речных долинных водохранилищ. Конфигурация водного зеркала весьма сложная: расширенные участки чередуются с узкими проливами, берега расчленены несколькими заливами. Наиболее значимые притоки – рр. Свияга, Кама, Черемшан и Уса.

Вода в Куйбышевском водохранилище приобретает сильнощелочную реакцию, достигая максимальных значений рН у г. Казани – 9,9 единиц рН. Значения жёсткости и концентрации основных ионов практически не изменяются, однако происходит некоторое увеличение концентрации сульфатов, по сравнению с водой Чебоксарского водохранилища. Также увеличивается содержание хлоридов – с 10 мг/дм<sup>3</sup> (в верхней части) до 22,8 мг/дм<sup>3</sup> (в замыкающем створе).

Ниже г. Казани были зафиксированы самые высокие среди всех водохранилищ концентрации ионов аммония и значения БПК<sub>5</sub>, что является свидетельством влияния сточных вод. У гг. Тетюш и Ульяновска содержание ионов аммония достигало 1,50 мг/дм<sup>3</sup> (3 ПДК), у г. Тольятти – 1,20 мг/дм<sup>3</sup> (2, 8 ПДК). Значения БПК<sub>5</sub> у гг. Тетюш и Ульяновска достигали 7,8-7,9 мгО/дм<sup>3</sup> (3,9 ПДК), а у г. Тольятти – 7,5 мгО/дм<sup>3</sup> (3,75 ПДК).

Саратовское водохранилище коренным образом отличается от других водохранилищ Волжского каскада. В нём не накапливается запас воды, сохраняемый на длительное время. По своему облику и конфигурации зеркала оно напоминает медленно текущую реку и по сути дела представляет собой транзитный коридор из Куйбышевского водохранилища в Волгоградское. Наиболее значительны притоки водохранилища – реки Сок, Самара, Чапаевка, Сызранка, Чагра и Малый Иргиз (образует залив) [1].

По сравнению с химическим составом воды Куйбышевского водохранилища в воде Саратовского водохранилища реакция воды сменилась на щелочную, имея одинаковые значения рН практически по всей длине водоёма; резко уменьшилось содержание ионов аммония, достигая максимальной величины у г. Хвалынска – 0,16 мг/дм<sup>3</sup>; снизились цветность воды и значения БПК<sub>5</sub>. Лишь у г. Хвалынска было зафиксировано значение БПК<sub>5</sub>, превышающее ПДК, – 7,1 мгО/дм<sup>3</sup>, что является следствием локального загрязнения.

Волгоградское водохранилище вытянуто вдоль русла Волги. Верхняя его часть до впадения р. Терешки (на противоположном берегу от г. Маркса) немного больше ширины, которую имела Волга до зарегулирования. Ниже впадения последней водохранилище расширяется до 17 км, немного сужаясь у г.г. Саратова и Камышина [1].

Химический состав воды в Волгоградском водохранилище также не претерпел каких-либо существенных изменений, по сравнению с вышележащими Куйбышевским и Саратовским: немного снизилась концентрация сульфатов, которая практически не изменяется по всей длине водохранилища (55-57 мг/дм<sup>3</sup>), вода стала менее цветной (25-30 градусов). На приплотинном участке и в верхнем бьефе Волжской ГЭС наблюдались значительные превышения БПК<sub>5</sub> – 5,4-6,5 мгО/дм<sup>3</sup> (2,7-3,75 ПДК).

Волга между Волгоградом и Астраханью вместе со своим рукавом Ахтубой протекает уже по зоне полупустынь и пустынь. Волго-Ахтубинская пойма вместе с дельтой Волги – самостоятельная физико-географическая провинция, природные условия которой резко отличаются от таковых окружающей местности. В результате малого притока и очень высокой испаряемости средний расход воды в Волге заметно уменьшается [1]. Это сказывается и на гидрохимическом режиме данного участка Волги.

Значительно увеличивается минерализация, по сравнению с водой Волгоградского водохранилища. Вода становится более жёсткой, достигая 3,7 мг-экв/дм<sup>3</sup> у г. Астрахани. Отмечаются максимальные для всей Волги и Волжских водохранилищ концентрации хлоридов – до 31,6 мг/дм<sup>3</sup>. В два раза увеличилась концентрация сульфатов (105-120 мг/дм<sup>3</sup>). Цветность воды на всём протяжении исследованного участка не изменялась и составляла 25 градусов. Немногим повысилось значение перманганатной окисляемости, достигая 9,2 мгО/дм<sup>3</sup> у г. Астрахани. Также в районе г. Астрахани были зафиксированы максимальные концентрации фосфатов – 2,29 мг/дм<sup>3</sup> и максимальное значение БПК<sub>5</sub> – 8,1 мгО/дм<sup>3</sup>, что является свидетельством поступления в реку загрязненных стоков с территории города.

Таким образом, наши исследования показали, что от истока р. Волги к устью происходит значительная трансформация химического состава воды, что обусловлено как природными, так и антропогенными факторами. Географическая зональность в волжском каскаде проявляется в изменении ряда гидрохимических характеристик: в снижении от истока к устью значений цветности, перманганатной окисляемости и величины взвешенных веществ и в увеличении минерализации воды, общей жёсткости, концентрации хлоридов, сульфатов, натрия, прозрачности воды. Влиянием сточных вод крупных городов обусловлены высокие концентрации в воде ряда Волжских водохранилищ аммонийного азота, фосфатов, нитратов. Повышенные значения БПК<sub>5</sub> являются свидетельством высокой органической нагрузки на водохранилища.

## Список литературы

1. Волга и её жизнь. - Л.: Наука, 1978. 348 с.
2. Географический атлас России. М.: Картография, 1998. - 164 с.
3. Состояние окружающей природной среды бассейна реки Волги (1992-2004 гг.) Н.Новгород, 2005. 167 с.