

УДК 613.614 (470)

## РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА КАК ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО И СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

<sup>1</sup>Спирин В.Ф., <sup>1</sup>Орлов А.А., <sup>2</sup>Мосияш С.А., <sup>2</sup>Шашуловская Е.А.

<sup>1</sup>ФБУН «Саратовский НИИ сельской гигиены» Роспотребнадзора,  
Саратов, e-mail: sarnii@yandex.ru;

<sup>2</sup>ФГБУН «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства», Саратовское отделение, Саратов, e-mail: gosniorh@mail.ru

Показано, что за период с 2001 по 2013 гг. наблюдается отрицательный тренд содержания органического вещества, аммонийного и нитратного азота, минерального фосфора. Сделано предположение о роли макрофитов как биофильтра в экосистеме водохранилища. Показано, что концентрация нефтепродуктов, тяжелых металлов не превышает гигиенических нормативов. Содержание нефтепродуктов значительно снизилось по сравнению с предыдущими годами. Установлено, что в настоящее время, вследствие наличия очистных сооружений, а также большей буферной емкости экосистемы водохранилища, антропогенное воздействие на водоем не столь очевидно. Результаты санитарно-гигиенических исследований свидетельствуют об удовлетворительном качестве воды Волгоградского водохранилища как источника водоснабжения населения. Вместе с тем тенденция роста содержания некоторых металлов, а также регистрация в воде водохранилища значительных величин нитритов свидетельствуют о напряженности процессов самоочищения.

**Ключевые слова:** водохранилище, экосистема, качество воды

## RETROSPECTIVE CHARACTERISTIC OF THE VOLGOGRAD RESERVOIR AS A SOURCE OF WATER SUPPLY FOR THE URBAN AND RURAL POPULATION

<sup>1</sup>Spirin V.F., <sup>1</sup>Orlov A.A., <sup>2</sup>Mosiyash S.A., <sup>2</sup>Shashulovskaya E.A.

<sup>1</sup>FBUN «Saratov rural hygiene Research Institute of epidemiology», Saratov, e-mail: sarnii@yandex.ru;

<sup>2</sup>FGBUN «State scientific and Research Institute of Lake and river fisheries»,  
branch, Saratov, e-mail: gosniorh@mail.ru

It is shown that from 2001 for 2013 the negative trend of the content of organic substance, ammoniyny and nitrate nitrogen, mineral phosphorus is observed. The assumption of a role of makrofit as biofilter in a reservoir ecosystem is made. It is shown that concentration of oil products, heavy metals doesn't exceed hygienic standards. The content of oil products considerably decreased in comparison with previous years. It is established that now, owing to existence of treatment facilities, and also the bigger buffer capacity of an ecosystem of a reservoir, anthropogenous impact on a reservoir not so obviously. Results of sanitary and hygienic researches testify to satisfactory quality of water of the Volgograd reservoir as source of water supply of the population. At the same time, the tendency of growth of the content of some metals, and also registration in water of a reservoir of considerable sizes of nitrites, testify to intensity of processes of self-cleaning.

**Keywords:** reservoir, ecosystem, water quality

В Волжском каскаде Волгоградское водохранилище является замыкающим. В нем аккумулируются потоки веществ из расположенных выше участков бассейна. На его базе осуществляется водоснабжение и водоотведение крупных промышленных центров – Балакова, Вольска, Маркса, Энгельса, Саратова, Камышина, Волгограда, Волжского, а также многочисленных сельских поселений, расположенных в прибрежной зоне.

**Целью исследований** является ретроспективная оценка эколого-гигиенического состояния качества воды Волгоградского водохранилища.

### Материалы и методы исследования

Гидрохимические исследования проводили на Волгоградском водохранилище в сезонном аспекте в период 2001–2013 гг. При этом использовались

общепринятые методы санитарно-гигиенического и экологического контроля [2, 5]. Полученные результаты сравнивали с данными качества воды незарегулированной Волги [1, 6] и Волгоградского водохранилища в предыдущие годы [8].

### Результаты исследования и их обсуждение

В начале 20 века данные о химическом составе воды Волги у Саратова публиковались в ежегодных бюллетенях. Так, в «Сведениях о деятельности врачебно-санитарной организации и больниц г. Саратова» [6] за июль – сентябрь 1912 г. приведены данные о составе воды Волги выше Саратова и ниже выпуска канализационных стоков. Окисляемость воды выше города составляла 6,1–8,2 мгО<sub>2</sub>/л, ниже города – 5,5–10,8 мгО<sub>2</sub>/л при практически равных средних значениях 6,9–7,0 мгО<sub>2</sub>/л.

Соединения минерального азота выше города не были обнаружены, а ниже города содержание аммония колебалось в пределах 0,1–0,69, нитритного азота 0–0,141, нитратного азота 0–5,59 мгN/л. В волжской воде ниже города отмечался сильный запах нефти.

Нефтяное загрязнение Волги достигло максимума в послевоенные годы. Так, в исследовании Р.С. Беловой, проведенном в 1951 году [1], указано, что завод «Крекинг» сбрасывал в Волгу до 120 т нефти в сутки, а в среднем в сутки в реку поступало 5–10 т. Ниже города Саратова ее концентрация колебалась в пределах 0,02–12,04 мг/л. Несмотря на значительное содержание нефтепродуктов в акватории ниже города, процессы биохимического окисления органических веществ протекали свободно. Так, чрезвычайно высокая концентрация нефтепродуктов в районе выпуска стоков завода «Крекинг» у с. Золотое (100 км ниже Саратова) снижалась до минимальных значений.

С образованием Волгоградского водохранилища в 1958–1960 годах произошло изменение гидрологического и гидрохимического режима реки, а также гидробиологической составляющей водоема. Гигиенические исследования последствий каскадного регулирования стока р. Волги в 1998–2006 гг. выявили ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки в местах водопользования населения. Зарегистрировано увеличение содержания

аммонийного азота, нефтепродуктов, солей тяжелых металлов [7].

Антропогенное влияние на качество воды сказывается на составе органического вещества, биогенных элементов и ксенобиотиках. В табл. 1 представлены сведения по химическому составу воды незарегулированной Волги в районе г. Саратова в 1912, 1951 гг., а также за 50-летний период существования Волгоградского водохранилища.

Средние значения перманганатной окисляемости (ПО), характеризующей главным образом аллохтонную органику, и бихроматной окисляемости (БО), дающие представление о суммарном содержании органического вещества, за указанные периоды практически не изменились.

В последние годы увеличилась амплитуда колебания БПК<sub>5</sub>, показателя, характеризующего легкоокисляемую часть органического вещества. На отдельных участках водохранилища в вегетационный период регистрировались значения показателя, в 2–3 раза превышающие гигиенические нормативы. Концентрации биогенных элементов – соединений минерального азота и фосфора, железа, в водохранилище и незарегулированной Волге также колебались практически в одних пределах.

Рассматривая динамику органического вещества с 2001 по 2013 гг., можно отметить тенденцию снижения его содержания (рис. 1).

Таблица 1

Содержание органического вещества и биогенных элементов в воде р. Волги

Год	1913 г.	1951 г.	1980–1990 гг.	1990–2000 гг.	2001–2013 гг.
Источники	[7]	[1]	[9]	[9]	Наши данные
Показатель	$\frac{\text{min-max}}{\text{Хср.}}$	$\frac{\text{min-max}}{\text{Хср.}}$	$\frac{\text{min-max}}{\text{Хср.}}$	$\frac{\text{min-max}}{\text{Хср.}}$	$\frac{\text{min-max}}{\text{Хср.}}$
ПО, мгО/л	$\frac{5,5-10,8}{7,0}$	$\frac{9,2-11,1}{10,5}$	$\frac{5,6-14,9}{8,8}$	$\frac{4,2-24,8}{9,5}$	$\frac{5,1-19,0}{8,9}$
БО, мгО/л	–	–	$\frac{12-40}{24,6}$	$\frac{19-46}{23,9}$	$\frac{14-50}{28,1}$
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	–	$\frac{1,3-5,54}{2,9}$	$\frac{0,77-6,08}{2,67}$	$\frac{0,77-4,46}{2,24}$	$\frac{0,22-7,11}{1,99}$
N–NH <sub>4</sub> , мг/л	$\frac{0,1-0,69}{0,53}$	0,08–0,18 0,13	$\frac{0,03-1,14}{0,38}$	$\frac{0-1,35}{0,3}$	$\frac{0,07-1,52}{0,28}$
N–NO <sub>2</sub> , мг/л	$\frac{0-0,141}{0,084}$	$\frac{0,002-0,02}{0,008}$	$\frac{0,001-0,088}{0,024}$	$\frac{0-0,085}{0,022}$	$\frac{0-0,289}{0,016}$
N–NO <sub>3</sub> , мг/л	$\frac{0-5,59}{2,1}$	0,15	$\frac{0,02-1,85}{0,50}$	$\frac{0,054-1,92}{0,89}$	$\frac{0-3,0}{0,69}$
P–PO <sub>4</sub> , мг/л	–	–	$\frac{0-0,68}{0,14}$	$\frac{0-0,56}{0,063}$	$\frac{0,006-0,2}{0,057}$
Fe, мг/л	–	$\frac{0,1-0,3}{0,23}$	$\frac{0-0,62}{0,21}$	$\frac{0-0,5}{0,27}$	$\frac{0,01-0,5}{0,16}$

Примечание. Прочерк означает отсутствие данных.

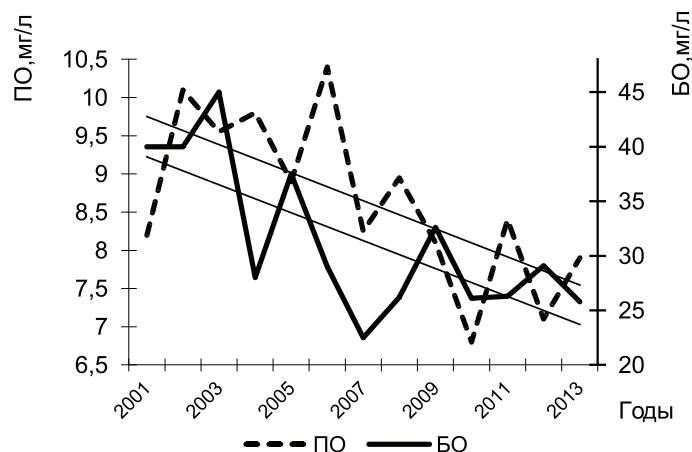


Рис. 1. Многолетняя динамика содержания органического вещества по перманганатной и бихроматной окисляемости в Волгоградском водохранилище

Химической составляющей биопродукционных процессов в водных экосистемах являются биогенные вещества. Считается, что в большинстве водных экосистем биологическая продуктивность лимитируется содержанием в воде азота и фосфора [4]. В последние годы в динамике содержания аммонийного, нитратного азота и минерального фосфора также наблюдается отрицательный тренд среднегодовых концентраций (рис. 2, а, б). Снижение среднегодового содержания биогенных элементов в Волгоградском водохранилище может быть связано с его эвтрофированием. Так, кор-

реляционный анализ [3] выявил достоверную связь между биомассой зеленых водорослей и содержанием аммонийного азота ( $R = 0,81$ ;  $p = 0,001$ ), между биомассой зеленых водорослей и содержанием суммарного минерального азота ( $R = 0,64$ ;  $p = 0,04$ ).

Установлены существенные ежегодные колебания суммарной биомассы фитопланктона в период с 2001 по 2013 гг., но выраженного тренда ее изменения не наблюдалось. В то же время зарегистрированы отчетливые тренды снижения биомассы зеленых водорослей и роста биомассы синезеленых [3].

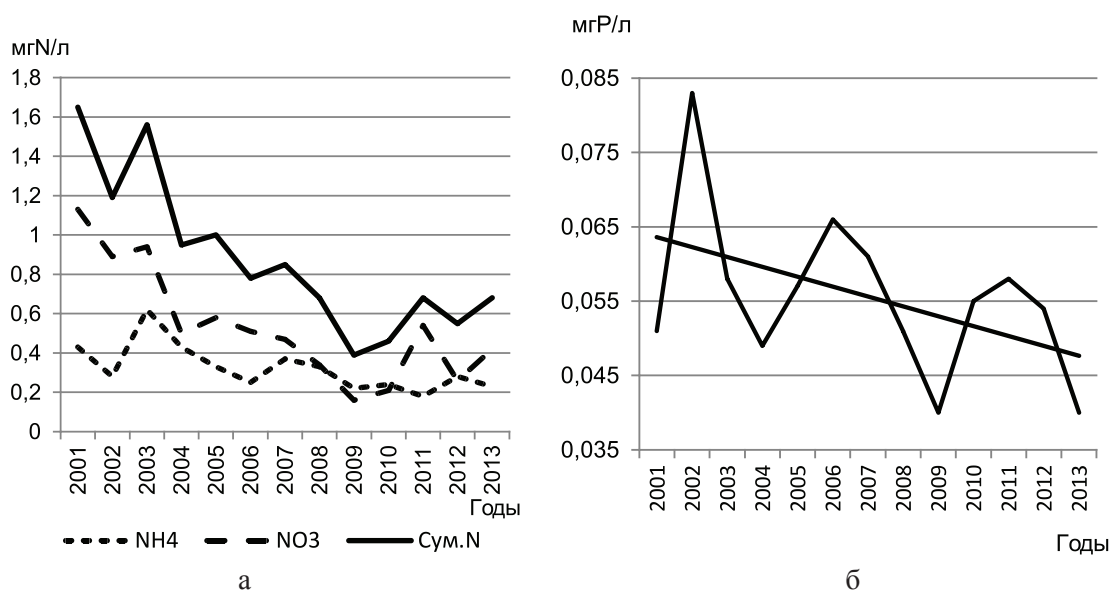


Рис. 2. Динамика соединений минерального азота (а) и минерального фосфора (б) в Волгоградском водохранилище

В последние годы зарегистрировано прогрессирующее зарастание водохранилища высшими водными растениями. Если в 1972 г. общая площадь зарослей оценивалась величиной порядка 3,25 тыс. га, то в настоящее время эта площадь составляет 24 тыс. га, а степень зарастания водохранилища в целом возросла до 7,5 % по сравнению с 0,9 % в 1972 г. [9]. Можно предположить, что снижение содержания в воде органического вещества, аммонийного азота, нитратов и фосфатов связано с их поглощением из водной толщи и накоплением в растительной биомассе. Вследствие медленной скорости минерализации биомассы макрофитов эти соединения частично выводятся из биологического круговорота.

Промежуточным продуктом в процессах нитрификации являются нитриты. Вследствие неустойчивости этих соединений, концентрации нитритов в водохранилищах с благоприятным кислородным режимом, как правило, незначительны. В Волгоградском водохранилище с 2008 года наблюдается увеличение среднегодового содержания нитритов и, соответственно, рост их доли в суммарном минеральном азоте (рис. 3). Нарушение скорости процесса нитрификации является важным санитарным показателем и может свидетельствовать о возрастании загрязнения водохранилища.

Одними из наиболее распространенных загрязнителей волжских водохранилищ на протяжении многих лет являются тяжелые металлы. В начале 21 века содержание металлов в волжской воде резко снизилось по сравнению с 90-ми годами прошлого века, что, очевидно, связано со значительным сокращением промышленного производства. В последние годы наметилась тенденция к росту содержания цинка, свинца, меди, хотя их концентрации все еще значительно ниже уровня 90-х годов прошлого века.

В поверхностных горизонтах русловых участков водохранилища в районе г. Вольска и с. Нижняя Добринка в 2012–2013 гг. обнаружен никель в количествах 0,021–0,024 мг/л, в то время как в 1990-х и в 2000-х гг. соединения никеля в воде водохранилища отсутствовали [8].

Нефтепродукты – также распространенный загрязнитель водоемов. Максимальное среднее годовое содержание нефтепродуктов в р. Волга до зарегулирования было отмечено в послевоенные годы. С введением очистных сооружений на заводе «Крекинг» и образованием Волгоградского водохранилища их концентрация снизилась, а в последние годы содержание нефтепродуктов не превышало ПДК (табл. 2), очевидно в связи с уменьшением количества как маломерного флота, так и в целом водного транспорта.

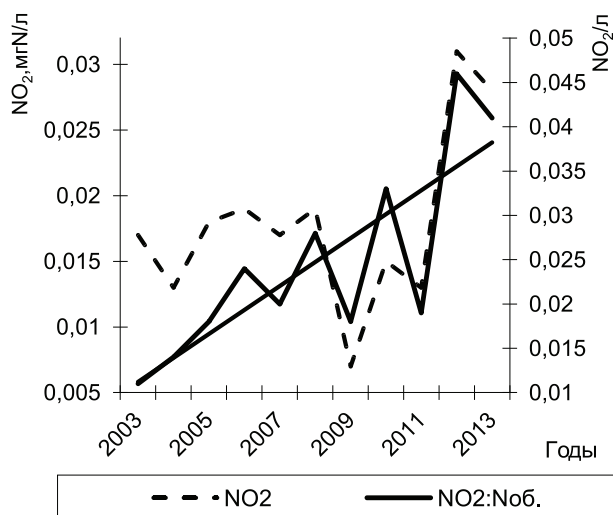


Рис. 3. Динамика содержания нитритов и их доли в суммарном минеральном азоте в Волгоградском водохранилище

Таблица 2

Содержание нефтепродуктов в воде Волгоградского водохранилища

Год исследования	1948–1949	1973	1988	2004	2005	2010
Концентрация, мг/л	4,47 ± 1,07	0,21 ± 0,07	0,08 ± 0,01	0,094 ± 0,07	0,056 ± 0,02	0,038 ± 0,01

### Заключение

При сравнении данных по качеству воды незарегулированной Волги и Волгоградского водохранилища за последние 13 лет по большинству исследованных параметров не выявлено существенных различий (за исключением высокого и чрезвычайно высокого содержания нефтепродуктов ниже города в начале 20 века). К особенностям гидрохимического режима тех лет можно отнести незначительное содержание загрязняющих веществ выше города и резкое повышение их концентраций ниже поступления городских сточных вод. В настоящее время, вследствие наличия очистных сооружений, а также большей буферной емкости экосистемы водохранилища, антропогенное воздействие на водоем не столь очевидно. Результаты санитарно-гигиенических исследований свидетельствуют об удовлетворительном качестве воды Волгоградского водохранилища как источника водоснабжения населения. Мелководья с высшей водной растительностью работают как мощный биофильтр, аккумулируя биогенные и токсичные вещества, поступающие из вышерасположенных водохранилищ. На отдельных участках водохранилища в период массового развития фитопланктона наблюдались превышения гигиенических нормативов по БПК<sub>5</sub>, однако среднегодовые величины этого показателя были в пределах нормы и колебались на уровне предыдущих лет. Увеличение биомассы синезеленых водорослей дает основание говорить о тенденции изменения экосистемы водохранилища в сторону эвтрофирования. Концентрация нефтепродуктов и тяжелых металлов значительно снизилась по сравнению с предыдущими годами и, как правило, не превышала гигиенических нормативов. Тем не менее тенденция роста содержания некоторых металлов, а также регистрация в воде водохранилища значительного содержания нитритов свидетельствуют о напряженности процессов самоочищения.

### Список литературы

1. Белова Р.С. Применение люминесцентного метода при исследовании реки Волги на загрязнение нефтью: дис. ... канд. биол. наук. – Саратов, 1952. – 183 с.
2. ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения».
3. Мосияш С.А., Шашуловская Е.А., Далечина И.Н., Джаяни Е.А. Анализ многолетних изменений трофических компонентов экосистем замыкающих водохранилищ волжского каскада // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: м-лы 3 междунар. научн. конф. (Борок, 25–29 авг. 2014 г.). – Борок, 2014. – С. 223–225.
4. Новиков Ю.В., Окладников Н.И., Андреев И.А., Сайфутдинов М.М. Антропогенное эвтрофирование поверх-

ностных водоемов и его влияние на здоровье населения // Гигиена и санитария. – 1986. – № 7. – С. 56–59.

5. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».
6. Сведения о деятельности врачебно-санитарной организации и больниц г.Саратова за июль–сентябрь 1912 г. – Саратов: Первая Типо-Литография С.М. Панина, 1912. – С. 60–64.
7. Тулакин А.В. Сайфутдинов М.М., Цыплакова Г.В., Амплеева Г.П. Совершенствование системы гигиенической безопасности питьевого водопользования // Санитарный врач. – 2008. – № 2. – С. 30–31
8. Шашуловская Е.А. Котляр С.Г. Мониторинг загрязняющих веществ в биогидроценозе Волгоградского водохранилища // Фунд. и прикл. аспекты функционирования водных экосистем: м-лы Всерос. научн. конф. – Саратов: СГУ, 2001. – С. 189–197
9. Шашуловский В.А., Мосияш С.С. Формирование биологических ресурсов Волгоградского водохранилища в ходе сукцессии его экосистемы. – М.: Товарищество научн. изд. КМК, 2010. – 250 с.

### References

1. Belova R.S. Primenenie ljuminescentnogo metoda pri issledovanii reki Volgi na zagrijaznenie neftju: dis. ... kand. biol. nauk. Saratov, 1952. 183 p.
2. GOST 2761-84 «Istochniki centralizovannogo hozjajstvenno-pitevogo vodosnabzhenija».
3. Mosijash S.A., Shashulovskaja E.A., Dalechina I.N., Dzhajani E.A. Analiz mnogoletnih izmenenij troficheskikh komponentov jekosistem zamykajushhh vodohranilishh volzhskogo kaskada // Vodorosli: problemy taksonomii, jekologii i ispolzovanie v monitoringe: m-ly 3 mezhdunar. nauchn. konf. (Borok, 25–29 avg. 2014 g.). Borok, 2014. pp. 223–225.
4. Novikov Ju.V., Okladnikov N.I., Andreev I.A., Sajfutdinov M.M. Antropogennoe evtrofirovanie poverhnostnyh vodoev i ego vlijanie na zdorove naselenija // Gигиена i sanitarija. 1986. no. 7. pp. 56–59.
5. SanPiN 2.1.4.1074-01 «Pitevaja voda. Gигиениcheskie trebovanija k kachestvu vody centralizovannyh sistem pitevogo vodosnabzhenija. Kontrol kachestva».
6. Svedenija o dejatelnosti vrachebno-sanitarnoj organizacii i bolnic g. Saratova za ijul-sentjabr 1912 g. Saratov: Pervaja Tipo-Litografija S.M. Panina, 1912. pp. 60–64.
7. Tulakin A.V. Sajfutdinov M.M., Cyplakova G.V., Ampleeva G.P. Sovershenstvovanie sistemy gигиениcheskoj bezopasnosti pitevogo vodopolzovanija // Sanitarnyj vrach. 2008. no. 2. pp. 30–31
8. Shashulovskaja E.A. Kotljar S.G. Monitoring zagrijaznjajushhh veshhestv v biogidrocenoze Volgogradskogo vodohranilishha // Fund. i prikl. aspekty funkcionirovanija vodnyh jekosistem: m-ly Vseros. nauchn. konf. Saratov: SGU, 2001. pp. 189–197
9. Shashulovskij V.A., Mosijash S.S. Formirovanie biologicheskikh resursov Volgogradskogo vodohranilishha v hode sukcessii ego jekosistemy. M.: Tovarishestvo nauchn. izd. KMK, 2010. 250 p.

### Рецензенты:

Махонько Н.И., д.м.н., профессор кафедры земельного и экологического права, Саратовская государственная юридическая академия, г. Саратов;  
Родзиевская Е.Б., д.б.н., профессор кафедры гистологии, ГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. В.М. Разумовского», г. Саратов.