

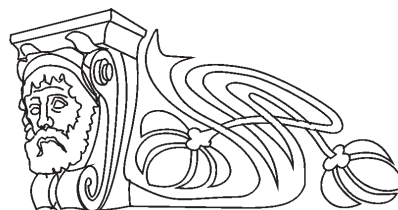


УДК 574.5

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ВОЛГИ В ОКРЕСТНОСТЯХ САРАТОВА

О. Н. Торгашкова, Н. С. Воловик,  
А. В. Опарина, Е. С. Левина

Саратовский государственный университет  
E-mail: torgashkova88@mail.ru



Проведена оценка степени загрязнения водной среды в нескольких пунктах реки Волги в окрестностях города Саратова методами гидрохимического анализа и фитоиндикации. Определены индексы загрязнения воды и установлены классы качества водной среды.

**Ключевые слова:** водная среда, качество воды, река Волга, загрязнение, фитоиндикация.

### Assessment of the Ecological State of the River Volga in the Vicinity of Saratov

O. N. Torgashkova, N. S. Volovik,  
A. V. Oparina, E. S. Levina

The estimation of the degree of water pollution in several points of the Volga River in the vicinity of the city of Saratov hydro-chemical methods of analysis and phytoindication. Indexes defined set of water pollution and water quality classes.

**Key words:** aquatic environment, water quality, river Volga, pollution, phytoindication.

В настоящее время в условиях интенсивной техногенной нагрузки практически все водные экосистемы претерпели в той или иной степени трансформацию. Вследствие этого особую актуальность приобретает проблема адекватной оценки качества водной среды, без решения которой невозможно эффективно управлять водными экосистемами, которые являются коллекторами всех видов «загрязнения» [1, 2]. Река Волга на своем протяжении несет воды, загрязненные различными веществами, и огромный вклад в ее загрязнение вносит инфраструктура города Саратова. Водохозяйственную обстановку в городе определяет деятельность следующих предприятий: ОАО «Саратовский нефтеперерабатывающий завод», МУПП «Саратовводоканал», ООО «Саратоворгсинтез», ОАО «Саратовский подшипниковый завод», филиалы ОАО «Волжская ТГК» СарГРЭС – ТЭЦ-1, Саратовская ТЭЦ-2. Качество сточных вод, сбрасываемых в водоемы водопользователями, из года в год не улучшается. Лишь единичные предприятия сбрасывают стоки без нарушения установленных нормативов, значительное количество сточных вод продолжает сбрасываться в водоемы без очистки [3]. Антропогенная нагрузка происходит постоянно, а процессы самоочищения реки малозначительны

ввиду того, что загрязнение происходит по всей протяженности реки. Загрязняющие вещества, попадая в природные водоемы, приводят к качественным изменениям воды, которые в основном проявляются в изменении ее физических свойств (например, появление неприятных запахов), а также в изменении химического состава воды, в наличии плавающих веществ на поверхности воды и откладывании их на дне водоемов [4, 5].

Целью настоящей работы являлась оценка степени загрязнения водной среды реки Волги на основе гидрохимических и фитоиндикационных методов. Материалом для данной статьи послужили результаты исследования прибрежно-водной флоры и экологического состояния реки Волги в окрестностях города Саратова. Исследования проводились в 2010–2012 гг. по общепринятым методикам [6,7] в трех пунктах: 1 – выше Саратова в районе с. Пристанное, 2 – рядом с островом Казачий, 3 – ниже Саратова вблизи промышленного комплекса, рядом с железнодорожным мостом.

Для эффективной оценки состояния качества среды использовались не только химические показатели, но и биологические, в связи с тем, что они являются наиболее надежными и объективными, так как состояние биоты определяется качеством среды и четко реагирует на негативные воздействия любого происхождения, независимо от их учета и степени изученности [2]. Они могут быть результатом состоявшегося ранее загрязнения [1], поскольку загрязняющие вещества накапливаются в грунтах и в макрофитах, а их влияние на биоту может быть длительным и постоянным [8].

При оценке состояния водоема проводилась предварительная рекогносцировка местности с целью комплексной характеристики и предварительной оценки экологического состояния водоема [9]. В районе села Пристанное и железнодорожного моста на поверхности воды обнаружена пена и скопления сине-зеленых водорослей, на берегу много мусора.

Сведения о гидрохимических показателях качества воды исследованных пунктов приведены в таблице.



## Гидрохимические показатели качества воды изученных участков

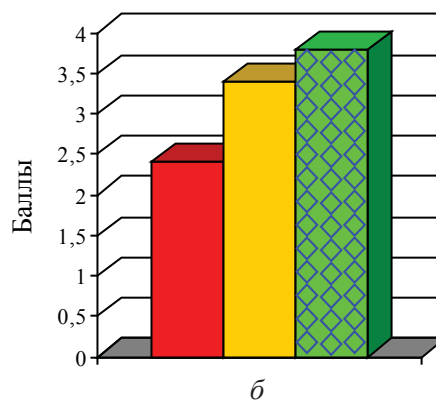
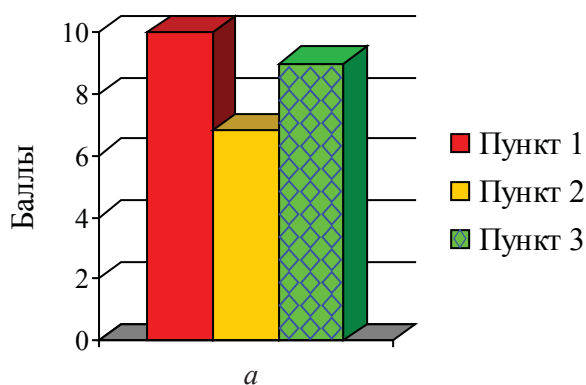
Показатель	ПДК	Пункт 1	Пункт 2	Пункт 3
pH	6,500–8,500	6,630	6,540	6,750
Кислород растворенный, мг/л	4,000–6,000	11,400	10,390	9,500
Жесткость воды, мг-экв/л	7,000	1,500	1,500	3,490
Нитраты и нитриты, мг/л	3,000–45,000	0,001	0,001	0,001
БПК5, мг/л	2,000	1,570	1,800	2,300
ХПК, мг/л	15,000–30,000	40,000	37,000	42,000
СПАВ, мг/л	0,500	< 0,015*	< 0,015*	< 0,015*
Нефтепродукты, мг/л	0,050	0,093*	0,076*	0,085*
Железо общее, мг/л	0,100	0,320*	0,260*	0,270*
Фенолы, мг/л	0,001	0,002	0,002	0,002
Медь, мг/л	0,001	0,004	0,005	0,003
Свинец, мг/л	0,006	0,007	0,009	0,008
Хлориды, мг/л	350,000	10,000	10,000	10,000
Сульфаты, мг/л	500,000	10,000	5,000–10,000	<5,000
Взвешенные частицы, мг/л	10,000	3,400	1,810	6,000

\*Данные взяты из [3, 10].

Активная реакция среды находится в пределах допустимых значений. Жесткость не превышает ПДК, вода мягкая, лишь в пункте 3 вода имеет среднюю жесткость. Значения растворенного кислорода превышают ПДК и достаточно высоки в пункте 1. Нитраты, нитриты, хлориды и сульфаты присутствуют в незначительном количестве. Биохимическое потребление кислорода (БПК) исследованной воды превышает ПДК только в пункте 3. Химическое потребление кислорода (ХПК) превышает предельно допустимые показатели и со временем наблюдается его рост. Содержание нефтепродуктов и железа не превышает ПДК, наибольшие значения эти показатели приобретают только в пункте 1. Фенолы, медь, свинец превышают ПДК, по меди большее значение имеет пункт 1, а по свинцу – пункт 3.

Содержание взвешенных частиц и СПАВ в воде пунктов не превышает ПДК, наибольшее содержание взвесей наблюдается вблизи пункта 3.

При комплексной оценке степени загрязненности водной среды одновременно по широкому перечню ингредиентов и показателей качества воды и классифицировании воды по степени загрязненности используется комбинаторный индекс загрязнения (КИЗ). По КИЗ в пунктах 1, 3 наблюдается снижение качества до 5-го класса загрязненности – очень грязная, а пункте 2 вода имеет 4-й класс качества и классифицируется как грязная. В 2011 г. отмечена максимальная величина КИЗ и некоторых ингредиентов, в связи со значительной величиной общего оценочного балла выделяются как лимитирующие показатели загрязненности (рисунок, а).



КИЗ (а) и ОССЗ (б) за 2011 г.



Качество воды пунктов оценивалось также с помощью биологических методов. Достоверным индикатором опасных загрязнений является прибрежное обрастание. В чистых водоемах (пункт 1) эти обрастания ярко-зеленого цвета или имеют буроватый оттенок. Для загрязненных водоемов (пункт 3) характерны белые хлопьевидные образования и обрастания сине-зеленого цвета, так как состоят в основном из цианобактерий, что происходит при избытке в воде органических веществ и повышении общей минерализованности. Аномальное увеличение массы сине-зеленых водорослей наблюдается в сильно нагретых водах. Оно оказывает отрицательное воздействие на водных растительных, поскольку пищевые свойства этих водорослей хуже, чем у водорослей, живущих при нормальной температуре. Кроме того, цианобактерии содержат токсины, способные аккумулироваться в пищевых цепях.

Учитывая специфику структуры и функционирования реки Волги, а также характер антропогенного воздействия на нее, в качестве индикатора использовались макрофиты. Они являются чувствительными анализаторами состояний водной среды, так как эволюционно сформировавшиеся адаптационные признаки у них довольно четко индицируют химический и органический состав воды [11]. Увеличение антропогенной нагрузки на Волгу отражается на состоянии и развитии сообществ макрофитов, которые, накапливая загрязнители, информируют о загрязнении водной среды и служат индикатором ее долгосрочных изменений [12]. Макрофиты, находящиеся под воздействием всего многообразия физических, химических и других факторов, замыкают на себя все процессы, протекающие в экосистеме. При загрязнении водоемов изменяется видовой состав, биомасса и продукция макрофитов, возникают морфологические аномалии, происходит смена доминантных видов, обуславливающих особенности ценоза.

Во время исследования выявлен ряд характерных особенностей развития макрофитов и их сообществ в воде, которые индицируют изменения параметров водной среды. Массовое развитие видов семейства Рясковых (*Lemnaceae*), наибольшее количество которых наблюдается в районе села Пристанное, указывает на неблагоприятное состояние водной экосистемы. В значительном количестве отмечены аномалии в развитии ряски малой (*Lemna minor* L.) и многокоренника обыкновенного (*Spirodela polyrhiza* (L.) Schleiden), которые, помимо эвтрофирования,

свидетельствуют о промышленном или сельскохозяйственном загрязнении. Загрязнение водоема тяжелыми металлами в большей степени отмечается близ о. Казачий, где индикаторами загрязнения воды выступают рдесты: стеблеобъемлющий (*Patamogeton perfoliatus* L.), блестящий (*P. lucens* L.), курчавый (*P. crispus* L.), а также частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica* L.), свидетельствующие о наличии в воде марганца, меди, железа и свинца. Органическое загрязнение и эвтрофирование наиболее заметно ниже Саратова и в меньшей мере выше Саратова. Обогащение воды биогенными веществами приводит к интенсивному развитию водорослей и прибрежных растений, что чаще всего происходит за счет поступления в водоемы сточных вод. Показателями эвтрофирования водоемов являются роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum* L.), сусак зонтичный (*Butomus umbellatus*) и рогоз узколистый (*Typha angustifolia* L.). Рост эвтрофикации воды может сдерживать развитие токсикантов, так как способность водных растений к накоплению и использованию этих веществ делает их активными участниками процесса самоочищения природных вод.

В местах интенсивного поступления промышленных стоков (пункт 3) соотношение видов изменяется, флористический состав обедняется и образуются фитоценозы, представленные видами, наиболее устойчивыми к избытку в воде химических элементов (тростник обыкновенный (*Phragmites communis* Trin.), камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.) и др.). На усиленное поступление биогенов они реагируют увеличением продуктивности и гигантизмом, что наблюдается во всех пунктах наблюдения. Существуют также растения, концентрирующие биогенные элементы, которые обладают высоким барьером накопления. Они менее приспособлены к усиленному поступлению биогенных веществ и на начальном этапе загрязнения активно увеличивают фитомассу, а затем при достижении барьера накопления испытывают угнетение, у них начинают нарушаться физиологические процессы, а затем растения исчезают из водоема. К этой группе относятся рдесты, которые проявляют разную чувствительность к загрязнению воды. Рдест блестящий выносит лишь слабое загрязнение, а рдесты курчавый и стеблеобъемлющий могут существовать при сильном загрязнении. На участках водоемов, наиболее загрязненных, сохраняется только рдест гребенчатый. Часто в водоеме присутствуют несколько индикаторных видов, обитающих



в среде разной степени загрязненности. По общей суммарной степени загрязнения (ОССЗ) вода пункта 1 относится ко 2-й степени загрязненности – слабо загрязненная, пункта 2 – к 3-й степени – умеренно загрязненная, вода пункта 3 имеет 4-ю степень загрязненности – сильно загрязненная (рисунок, б).

Накопление в водной экосистеме разнообразных химических веществ, которые в большинстве случаев обладают токсическими свойствами, приводит к нарушению процессов самоочищения природных вод и изменению продуктивности водных экосистем. Биологическое самоочищение водоемов осуществляется за счет жизнедеятельности растений, животных, грибов, бактерий и в большей мере прибрежно-водных растений. Во время исследования обнаружены индикаторы процессов самоочищения водоема: ряска трехдольная (*Lemna trisulca* L.), кубышка желтая (*Nuphar lutea* (L.) Smith), водокрас лягушачий (*Hydrocharis morsus-ranae* L.), тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), рогоз узколистый (*Typha angustifolia* L.), рдест плавающий (*Potamogeton natans* L.), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*), которые в значительном количестве встречаются выше Саратова. В результате содержание кислорода в воде увеличивается, происходит быстрое окисление органического вещества, ускоряется процесс нитрификации, усиливается потребление фотосинтетиками свободной углекислоты. Таким образом, растения этой группы обеспечивают фитофильтрацию, под влиянием которой увеличивается прозрачность воды, снижается ее минерализация.

По результатам проведенных исследований наблюдается тенденция к переходу от экологически полноценных водоемов к экологически неблагополучным. Биоиндикационный анализ также подтвердил ухудшение экологического состояния водной среды исследованных пунктов, о чем свидетельствуют видовой состав гидрофитов, изменение численности и биомассы доминирующих видов, их качественное и количественное соотношения.

Таким образом, заросли высших водных растений являются фактором, непосредственно участвующим в процессе формирования качества воды в реке. Важная водоохранная роль гидрофитов заключается в их способности

поглощать и аккумулировать токсические загрязнители водной среды. Поглощение высшей водной растительностью токсических веществ и их аккумуляция способствуют самоочищению воды от токсических агентов путем исключения их из круговорота элементов.

#### Список литературы

1. Забурдаева Е. А. Биоиндикация, диагностика и нормирование качества пресных вод с учетом природных особенностей и назначения водных объектов : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2008. 26 с.
2. Шуйский В. Ф., Максимова Т. В., Петров Д. С. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений. СПб. : Изд-во МАНЭБ, 2000. 19 с.
3. Доклад об экологической ситуации в Саратовской области в 2010 году. Саратов, 2011. 39 с.
4. Муравьев А. Г. Оценка экологического состояния природно-антропогенного комплекса. СПб. : Кримас, 1997. 39 с.
5. Торгашкова О. Н., Воловик Н. С. Комплексная оценка степени загрязнения водной среды реки Волги // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2012. Т. 12, вып. 4. С. 96–102.
6. РД 52.24.643–2002 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. СПб. : Гидрометеоздат, 2002. 54 с.
7. Мелехова О. П., Егорова Е. И., Евсеева Т. И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. М. : Академия, 2007. 288 с.
8. Полякова Т. Н. Рекомендации по оценке состояния экосистем малых водоемов по организмам макрозообентоса // Изучение водных объектов и природно-территориальных комплексов Карелии, Петрозаводск : Ин-т водных проблем Севера КарНЦ РАН, 2007. 172 с.
9. Боголюбов А. С., Засько Д. Н. Сравнительная комплексная характеристика малых рек и ручьев : метод. пособие по полевой экологии. М. : Экосистема, 1999. 7 с.
10. Доклад об экологической ситуации в Саратовской области в 2011 году. Саратов, 2012. 39 с.
11. Дубынина Д. В., Стойко С. М., Сытник К. М. и др. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды. Киев : Наук. думка, 1993. 434 с.
12. Балашов Л. С., Зуб Л. Н., Савицкий А. Л. Типы водоемов Киева по флористическому составу высшей водной растительности // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 5–11.