

# ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТАРИЧНЫХ ВОДОЕМОВ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ДОН В ПРЕДЕЛАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

## HYDROCHEMICAL INDICATORS OF THE ECOLOGICAL STATE OF OXBOW LAKES IN THE MIDDLE CURRENT OF THE DON RIVER IN THE VORONEZH REGION

**A. Belik  
Yu. Gorbunova**

*Summary.* The results of studies of hydrochemical indicators of the ecological state of floodplain water bodies in the middle reaches of the river are presented. Don located in the Ramonsky district of the Voronezh region. The features in the seasonal dynamics of the main hydrochemical characteristics of floodplain lakes are shown, taking into account the change in the water level in the Don River. Revealed the dependence of a number of indicators on the meteorological features of the year. In the studied lakes, an increase in permanganate oxidizability, BOD5, the content of ammonium and nitrate nitrogen, and a decrease in the content of dissolved oxygen.

*Keywords:* floodplain, floodplain lakes, oxbow, surface waters, hydrochemical indicators, overgrowth of floodplain lakes.

**Белик Антон Викторович**

*К.б.н., доцент, Воронежский государственный университет  
abelik36@gmail.com*

**Горбунова Юлия Сергеевна**

*К.б.н., доцент, Воронежский государственный университет  
gorbunova.vsu@mail.ru*

*Аннотация.* Представлены результаты исследований гидрохимических показателей экологического состояния пойменных водоемов среднего течения р. Дон, расположенных в Рамонском районе Воронежской области. Показаны особенности сезонной динамики основных гидрохимических характеристик пойменных озер с учетом изменения уровня воды в реке Дон. Выявлена зависимость ряда показателей от метеорологических особенностей года. В исследованных озерах отмечено повышение перманганатной окисляемости, БПК5, содержания аммонийного и нитратного азота и снижение содержания растворенного кислорода.

*Ключевые слова:* пойма, пойменные озера, старица, поверхностные воды, гидрохимические показатели, зарастание пойменных озер.

## Введение

**Р**ечные поймы традиционно принято характеризовать как слабо устойчивые к воздействию человека природные системы. Периодическое затопление поймы в сочетании с особенностями микроклимата создают благоприятные условия для загрязнения ее биогенными элементами и поллютантами [2, 3, 5–7]. Необходимо отметить, что нередко пойменные ландшафты активно используются человеком, как в сельскохозяйственном производстве, так и в рекреационной деятельности и для них харак-

терным является активное развитие деградационных процессов [1, 7]

Одним из потенциальных комплексных индикаторов, по которому можно делать определенные выводы о состоянии речной поймы является наличие и функционирование старичных водоемов. Они, вместе с почвенным покровом выступают как специфический фильтр загрязняющих веществ, поступающих с поверхностным и внутрипочвенным стоком с водоразделов, сохраняя при этом связи с подземными и грунтовыми водами. Как следствие они в значительной степени из-

меняют микроклиматические условия и гидрологический баланс территории, в пределах которой эти водоемы располагаются [2, 3, 11–12].

В условиях Воронежской области пойменные озера, характерные для наиболее крупных рек: Дон, Воронеж, Битюг, Хопер, испытывают очень серьезное антропогенное давление, связанное с хозяйственной и рекреационной деятельностью [1, 5–8, 12].

Цель данной работы заключается в исследовании сезонной динамики наиболее значимых гидрохимических характеристик старичных озер Рамонского района Воронежской области: Стрелецкое, Кужное, Круглое, находящиеся на небольшом расстоянии друг от друга и некогда формировавших русло реки Дон.

### Объекты и методы исследования

Гидрохимические исследования пойменных водоемов проводилось в осенью 2016 и весной 2017 гг. Это позволило рассмотреть динамику гидрохимических характеристик водоемов в период летне-осенней межени и в период весеннего половодья. Объектами исследования являются старичные озера, расположенные в пойме реки Дон: Стрелецкое, Кужное, Круглое. Все обследованные озера по морфометрической классификации относятся к очень малым [9].

Отбор проб, осуществлялся исходя из требований государственного стандарта «ГОСТ 31861–2012 Вода. Общие требования к отбору проб» [4]. Последующий лабораторный анализ гидрохимических показателей осуществлялся по стандартным лабораторным методикам. В отобранных пробах определялись: рН — потенциометрическим методом, содержание растворенного кислорода и БПК<sub>5</sub> по Винклеру, перманганатная окисляемость — титриметрическим методом, общая жесткость, содержание ионов кальция и магния — комплексонометрически, сульфат-ионы — турбидиметрическим методом, хлорид-ионы — аргентометрическим методом, общее железо, нитрат- и нитрит-ионы — фотоколориметрически. Сухой остаток определялся гравиметрически [10].

Озеро Стрелецкое находится на западе Рамонского района, вблизи села Медовка. Длина его составляет 780 м, площадь — 14598 м<sup>2</sup> (0,015 км<sup>2</sup>). Средняя глубина озера — около 1,0 м в меженный период. Озеро имеет вытянутую с севера на юг форму, характерную для старичных водоемов. Озеро активно используется для рекреации, активно очищается и поэтому процессы зарастания в значительной степени заторможены.

Озеро Кужное расположено на юго-западе Рамонского района вблизи села Новоподклетное. Озеро распо-

ложено в 10,7 км к югу относительно озера Стрелецкое. Длина озера — 853 м, площадь — 45530 м<sup>2</sup> (0,046 км<sup>2</sup>). Озеро имеет дугообразную форму с сужением в южной части, вызванной интенсивным зарастанием. Средняя глубина озера составляет 1,5 м в меженный период.

Озеро Круглое расположено в микрорайоне Подгорное городского округа г. Воронеж в 2,1 км южнее озера Кужное. Ранее территория, на которой расположено озеро административно относилась к Рамонскому и Семилукскому районам Воронежской области. Дли-

на озера составляет 7004 м, Общая площадь — 67030 м<sup>2</sup> (0,067 км<sup>2</sup>). Глубина варьирует от 2 до 5 м. Озеро имеет хорошо выраженную дугообразную форму, в центральной части озера имеется плотина, делящая озеро на две половины: северную и южную.

Осенью 2016 года была предпринята незаконная попытка осушить озеро Круглое. В результате к моменту прекращения работ средний уровень воды в озере в среднем снизился на 1 м. Экосистемам поймы реки Дон и непосредственно самой реке был нанесен существенный ущерб. В 2018 году озеру Круглое и территории к нему прилегающей был придан статус памятника природы регионального значения.

### Результаты и обсуждение

Проведенный лабораторный анализ объектов исследования показал, что по большинству основных гидрохимических показателей в нормативные значения предельно допустимых концентраций не превышаются. В то же время различная степень зарастания озер в сочетании с метеорологическими условиями и уровнем антропогенного воздействия определило своеобразие динамики гидрохимических показателей.

В осенний период значения рН на всех объектах мало отличались между собой (табл. 1), по-видимому, повышение рН связано было с ростом общей жесткости и минерализацией в летне-осенний сухой период.

При этом в наибольшей степени этот показатель снижался на наименее заросшем Стрелецком озере (падение составило 0,9), а в наименьшей степени на заросшем озере Кужном (с 7,7 до 7,5). В значительной степени стабильность этого показателя в случае Кужного определяется интенсивным поступлением органических соединений в половодье с сельскохозяйственных угодий и значительным поверхностным стоком с надпойменной террасы при снеготаянии.

С показателем кислотности тесно связана общая жесткость воды и содержание ионов кальция и маг-

Таблица 1. Результаты химического анализа за период осень-весна

Название объекта	Стрелецкое		Кужное		Круглое		ПДК <sub>рх</sub>
	Осень	Весна	Осень	Весна	Осень	Весна	
рН	7,9	7,0	7,7	7,5	7,7	7,2	9,0
Общая жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	8,5	1,8	7,0	3,0	7,3	1,3	9,0
Ca <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	91,9	9,0	124,8	28,0	46,9	19,0	180,0
Mg <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	47,0	16,4	9,3	20,2	60,0	4,2	40,0
Перманганатная окисляемость, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2,6	1,2	1,8	2,9	2,3	2,4	4,0
Растворенный O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	2,9	16,0	2,4	10,7	2,5	21,6	6,0
БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	3,9	5,7	2,9	7,3	7,0	7,0	4,0
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	28,0	43,4	48,0	43,6	31,0	40,6	1000
Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	2,8	12,4	2,9	12,4	9,4	15,4	350
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	2,4	11,5	0,6	0,8	4,5	7,4	500
Fe, мг/дм <sup>3</sup>	1	0,5	1	0,1	0,6	0,3	0,3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	6,6	0,3	4,9	0,5	4,5	0,5	7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	28,0	36,0	21,0	25,0	38,0	25,0	45

ния. Озера характеризуются в осенний период варьированием общей жесткости в интервале 7,0–8,3 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Весной этот показатель на всех объектах снизился в 2,7–6 раз.

В первую очередь это связано с тем, что лето 2016 года отличалось засушливостью, обусловившим подтягивание к поверхности минерализованных грунтовых вод и повышением испарения с поверхности водных объектов, что вызвало концентрирование содержащихся в воде соединений кальция и магния. Весной вследствие снеготаяния произошло разбавление и снижение общей жесткости в 2–5 раз. Наибольшей жесткостью воды отличались озера с достаточно слабо выраженным зарастанием (Стрелецкое и Круглое) и сохранившие связь с грунтовыми водами в качестве источников, подпитывающих водоемы (табл. 1). Весной максимальная жесткость была характерна для озера Кужное — 3,0 мг-экв/дм<sup>3</sup>. В данном случае, по-видимому, жесткость в большей степени формировалась за счет поступления кальция и магния при с поверхностным стоком и в результате таяния снега.

По сезонной динамике жесткости и содержания ионов кальция и магния выявлены сходные тенденции. В осенний период наблюдается резкий рост концентрации кальция и магния, в весенний — отмечено резкое снижение (табл. 1).

Наиболее представительными гидрохимическими характеристиками вод пойменных водоемов следует признать содержание растворенного кислорода в воде, биохимическое потребление кислорода за 5 суток и перманганатную окисляемость.

Последняя характеризует интенсивность протекающих процессов окисления органических веществ, рост концентрации которых в пойменных озерах связан с их зарастанием. В осенний период отмечается снижение окисляемости от наиболее чистого к наиболее заросшему озерам (от 2,6 до 1,8 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Это можно объяснить тем, что на Стрелецком и Круглом озерах идет весьма интенсивный процесс эвтрофикации, тогда как на озере Кужное достигнут определенный баланс между поступлением и разложением органических веществ. Весной наблюдалась обратная картина (максимальная величина окисляемости была характерна для озера Кужное, с незначительным снижением в воде Стрелецкого и Круглого озер).

По содержанию растворенного кислорода следует отметить, что в осенний период на всех озерах наблюдалось минимальное содержание кислорода, связанное с жарким летним периодом и интенсивным поступлением органических веществ. Общее содержание растворенного кислорода в обследованных объектах осенью было в 2–3 раза установленных нормативах ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения (от 2,4 до 2,9 мг/дм<sup>3</sup>). В весенний период наблюдался резкий рост этого показателя (в 4–5 раз). Это связано с поступлением в водоемы снеговых вод, которые перенасыщены кислородом. При этом минимальное содержание растворенного кислорода наблюдалась наиболее заросшем озере Кужном — 10,7 мг/дм<sup>3</sup>, а максимальная величина на озере Круглое — 21,6 мг/д.

Похожая тенденция характерна и для сезонной динамики БПК<sub>5</sub>. Максимальные значения этого показателя наблюдалось на озере Круглом и озере Стрелецком,

что подтверждалось визуально замором рыбы, на фоне явного дефицита растворенного кислорода в воде. Весной этот показатель закономерно возрастал в зависимости от степени зарастания, но при этом этот рост составил всего 1–2 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 1).

В исследуемых водоемах не было обнаружено превышения ПДК по хлоридам и сульфатам. В весенний период, после половодья количество хлоридов несколько выше (от 12,4 до 15,4 мг/дм<sup>3</sup>), по сравнению с летне-осенней меженью, когда содержание хлоридов в воде объектов исследования изменялось от 1,7 до 9,4 мг/дм<sup>3</sup>.

Содержание сульфатов в обследованных водоемах невелико (от 0,6 до 11,5 мг/дм<sup>3</sup>). Незначительное их увеличение приходится на весенний период, когда происходит снеготаяние, поскольку сульфат-ионы накапливаются в снеге за счет осаждения аэрозолей диоксида серы из воздуха вместе с пылью.

По содержанию железа норматив ПДК превышен во всех объектах исследования в осенний период (в среднем в 1,5 раза), что связано с динамикой содержания растворенного кислорода, поступлением и накоплением в воде органических растительных остатков. В весенний период наблюдается превышение ПДК только для Стрелецкого (в 1,5 раза).

Важными показателями, по которым можно судить о интенсивности зарастания озер, наряду с БПК, перманганатной окисляемостью и растворенным кислородом является содержание аммонийного и нитратного азота. Максимальные концентрации аммонийных ионов наблюдались осенью, в момент, когда шло интенсивное разложение органических веществ. При этом максимальное содержание аммонийного азота наблюдалось в озере Стрелецком (почти достигая значения ПДК), что свидетельствует об интенсификации процес-

сов зарастания на этом водоеме. Далее идет заросшее озеро Кужное и озеро Круглое (табл. 1).

В весенний период концентрация ионов аммония резко снижается, что связано с разбавлением в результате снеготаянием и торможением биохимических процессов в зимнее время.

По содержанию нитратного азота следует отметить, что для озер Стрелецкое (36,0 мг/м<sup>3</sup>) и Кужное (25,0 мг/м<sup>3</sup>) характерно увеличение их содержания весной по сравнению с осенью (28,0 и 21,0 мг/дм<sup>3</sup> соответственно), а для Круглого снижение (25 мг/дм<sup>3</sup>).

## Заключение

Пойменные водоемы являются важным элементом пойменных ландшафтов, осуществляющие функции регулирования микроклимата, гидрологического режима и продуктивности пойменных экосистем, при этом нередко являющиеся объектами рекреационного и хозяйственного использования.

Зарастание этих водоемов является по сути своей естественным процессом, в условиях антропогенного воздействия приобретает значительное ускорение, что отражается в целом на функционировании пойменного ландшафта.

Озера Стрелецкое, Круглое и Кужное, характеризуются различной степенью зарастания и различным использованием. В целом для этих водоемов характерно удовлетворительное состояние. В то же время для них, особенно для озера Стрелецкое, в осенний период характерен заметный рост перманганатной окисляемости, БПК<sub>5</sub>, содержания аммонийного и нитратного азота и снижение содержания растворенного кислорода свидетельствует об активном развитии процессов зарастания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас-книга Воронежской области / под ред. Федотова. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 2013. — 514с.
2. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм / Н.Б. Барышников. — М.: Гидрометеиздат, 1984. — 280 с.
3. Баянов Н.Г. Межсезонная динамика гидролого-гидрохимических показателей реки Керженец и ее стариц / Н.Г. Баянов, Т.В. Кривдина // Известия РАН. Серия географическая. — 2013. — № 2. — С. 52–67.
4. ГОСТ 31861–2012 Вода. Общие требования к отбору проб. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012. N1513-ст. Дата введения — 1 января 2014 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097520?section=operative> (дата обращения: 20.06.2021). — Текст: электронный.
5. Дмитриева В.А. Гидрологическая изученность Воронежской области. Каталог водотоков / В.А. Дмитриева. — Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2008. — 225 с
6. Дмитриева В.А. Гидрологическая роль озер и болот воронежской области / Дмитриева В.А. // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. — 2010. — № 1. — С. 98–101.
7. Добровольский Г.В. Поймы рек как ландшафты высокой плотности жизни и интенсивного почвообразовательного процесса / Г.В. Добровольский // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах: сборник статей. — Л., 1971. — С. 226–231.

8. Курдов А.Г. Гидрологические районы центрально-черноземных областей // Науч. основы рационального использования почв Черноземной зоны СССР и повышение их плодородия. Воронеж, 1966. Вып. 2. С. 103–106.
9. Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озер /Н.В. Мякишева.— СПб.: изд. РГГМУ, 2009.— 160 с.
10. Аналитический контроль окружающей среды: учебно-методическое пособие. Ч. 1. Вода / Е.А. Негрובה, Л.А. Алаева, А.В. Белик.— Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2020.— 102 с.
11. Петрова Е.А. Особенности зарастания озер- стариц реки Суры // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева.— 2009.— № 3–4.— С. 77–83.
12. Печенюк Е.В. Динамика зарастания пойменных озер в Хоперском государственном заповеднике // Ботан. журн.— 1986.— Т. 71.— С. 637–642.

© Белик Антон Викторович ( abelik36@gmail.com ), Горбунова Юлия Сергеевна ( gorbunova.vsu@mail.ru ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Воронежский государственный университет