

Оригинальная статья

УДК 581.526.3+574.63

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-3-291-303>

ОЦЕНКА И СОСТОЯНИЕ МАЛОЙ РЕКИ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ (НА ПРИМЕРЕ р. КУРДЮМ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ГОРОД САРАТОВ»)

А. С. Беликов[✉], В. А. Болдырев, О. В. Седова

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н. Г. Чернышевского*

Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Поступила в редакцию 20.02.2024 г., после доработки 17.05.2024 г., принята 17.05.2024 г., опубликована 30.09.2024 г.

Аннотация. Представлены результаты исследования экологического состояния реки Курдюм в пределах муниципального образования «Город Саратов». В полевые сезоны 2022 – 2023 гг. были изучены гидрохимический режим, гидрофильная флора и растительность водотока. Проведена оценка экологического состояния реки по структурным параметрам макрофитов. Видовой состав водных растений р. Курдюм представлен 41 видом макрофитов, принадлежащим к 32 родам, 23 семействам и трем отделам Charophyta, Polypodiophyta и Magnoliophyta. По количеству видов преобладают семейства Potamogetonaceae, Asteraceae, Poaceae, Typhaceae и Ranunculaceae. Наибольшее количество видов (четыре) содержит род *Potamogeton*, остальные рода представлены одним – двумя видами. Многочисленной экологической группой являются гидрофиты, составляющие 51% от общего числа видов. Выявлены новые местонахождения редких для Саратовской области видов (*Myriophyllum verticillatum* и *Zannichellia palustris*). Растительный покров р. Курдюм характеризуется наибольшим фитоценоотическим разнообразием настоящей водной растительности. Обеднение фитоценоотического состава гелофитной и гидрофитной растительности объясняется отсутствием благоприятных условий для развития их фитоценозов (на значительном протяжении водоток имеет абразионные берега) или выпатыванием и поеданием пастбищными животными. Исследованная река отличается видовым разнообразием по сравнению с ранее изученными городскими водотоками. В результате сопоставления индексов выявлена обратная связь видового разнообразия и уровня антропогенной нагрузки. С помощью кластерного анализа было выявлено, что структура флоры и растительности от истока до устья реки не однородна и формируется под влиянием совокупности гидролого-химических и антропогенных факторов. Результаты химического анализа воды показали превышение предельно-допустимых концентраций Fe, Zn, Cu, ПАВ, NO₂, NH₃ на всем протяжении реки. Однако экологические показатели, оцениваемые на основе структурных параметров макрофитов, позволяют считать экологическое состояние водотока удовлетворительным. Таким образом, р. Курдюм является умеренно загрязненной с высоким трофическим статусом.

Ключевые слова: экологическое состояние, антропогенная нагрузка, гидрофильная флора, сообщества макрофитов, р. Курдюм

[✉] Для корреспонденции. Кафедра ботаники и экологии Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского.

ORCID и e-mail адреса: Беликов Александр Сергеевич: <https://orcid.org/0000-0002-5359-1065>, a.belik99@mail.ru; Болдырев Владимир Александрович: <https://orcid.org/0000-0003-0322-3755>, boldyrev52@bk.ru; Седова Оксана Владимировна: <https://orcid.org/0000-0001-9866-6094>, sedova_ov@mail.ru.

Соблюдение этических норм. В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Беликов А. С., Болдырев В. А., Седова О. В. Оценка и состояние малой реки на урбанизированных территориях (на примере р. Курдюм муниципального образования «Город Саратов») // Поволжский экологический журнал. 2024. № 3. С. 291 – 303. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-3-291-303>

ВВЕДЕНИЕ

В связи с высокой антропогенной нагрузкой на водоемы и водотоки возросла необходимость изучения экологического состояния водных объектов. На территории муниципального образования «Город Саратов» (МО «г. Саратов») и его окрестностях на состав поверхностных вод влияют как естественные, так и антропогенные факторы. Формирование вод в русле р. Курдюм происходит за счет сбросов коммунально-бытовых стоков и сельскохозяйственных угодий, а также их утечек в местах скопления и транспортировки (Porova, Argunov, 2020).

Высшие водные и прибрежно-водные растения обладают способностью концентрировать определенные химические элементы из окружающей среды (Melzer, Schneider, 2001; Szoszkiewicz et al., 2009; Singh et al., 2016; Scofield et al., 2023). Одними из наиболее распространенных и токсичных загрязнителей пресных водоемов в условиях города являются тяжелые металлы, органические и минеральные вещества.

Цель данного исследования – выявить состав, структуру и закономерности распределения сообществ макрофитов р. Курдюм на урбанизированной территории в пределах муниципального образования МО «г. Саратов». На основе полученных данных оценить экологическое состояние речной экосистемы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Река Курдюм – приток р. Волги, протекающая по территории Татищевского и Гагаринского районов Саратовской области. Исток находится в Гагаринском районе у с. Верхний Курдюм. Устье расположено по правому берегу Волгоградского водохранилища, где в месте впадения реки в Волгу в районе с. Усть-Курдюм образуется крупный Курдюмский залив. Водоток имеет длину 53 км и площадь водосбора 980 км². На значительном протяжении реки на берегах расположены населенные пункты, садовые некоммерческие товарищества (СНТ), также водоток пересекают крупные автомагистрали. По данным Государственного водного реестра России р. Курдюм относится к Нижневолжскому бассейновому округу (State Water Register, 2023).

Изучение флоры и растительности водотока осуществлялось в вегетационные сезоны 2022 – 2023 гг. Исследования проводились на ключевых участках реки от истока до устья (рис. 1).

Растительность изучали на профилях, которые закладывались от уреза воды вглубь водотока. Каждый профиль состоял из серии пробных площадок, размер которых определялся в зависимости от ширины поясов – 2×2 м, 1×4 м, 0.5×8 м, либо естественными границами фитоценозов. Осуществлялось подробное описа-

ние водных и прибрежно-водных фитоценозов: составлялся список видов, отмечались максимальная высота растений, проективное покрытие (ПП) и обилие. Выявлялись особенности размещения макрофитов (куртинами, фрагментами, поясами и др.) по площади водоема (Katan-skaya, 1981; Solovieva, Lapirov, 2013). Названия видов рас-

тений приведены по сводке С. К. Черепанова (Cherepanov, 1995). Гидрохимический анализ воды осуществлялся методами фотометрического определения растворенных ортофосфатов, тяжелых металлов; железа с сульфосалициловой кислотой; перманганатная окисляемость – методом Кубеля; сульфаты – комплексонометрическим методом; хлорид-ионы – методом аргентометрии; нитриты – спектрофотометрическим методом (Petin et al., 2006; Davidenko et al., 2011; Porfirieva et al., 2018).

Также вычислялись индексы видового разнообразия Менхиника D_{mn} (Menhinick, 1964), индекс гидрофитности I_{Hg} (Sviridenko et al., 2012), индекс загрязненности воды (ИЗВ) (Glotova, 2006), макрофитный индекс для малых рек (Zueva, 2007) и индекс *IBMR* (Indice Biologique Macrophytique en Riviere), основанный на сравнении флористических списков водотоков и учете индикаторной значимости видов макрофитов (Haury et al., 2006; Zueva et al., 2019). Значения предельно допустимых концентраций (ПДК) брались из нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения (Electronic Fund..., 2023).

Статистическая обработка первичных данных включала расчет средней арифметической, стандартного отклонения (SD) и размаха варьирования ($min - max$). Для множественного сравнения участков по числу видов применялся критерий Крускала – Уоллиса (Kruskal – Wallis test). Статистические различия признавали значимыми при $P < 0.05$. Степень дифференциации сообществ разных участков визуализировали с помощью кластерного анализа методом ближайшего соседа.

Статистическая обработка выполнена в пакетах программ MS Excel 2010 (Microsoft Corp.) и Statistica 10.0 (StatSoft Inc., OK, USA).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате изучения гидрофильной флоры р. Курдюм был выявлен 41 вид макрофитов, относящийся к 32 родам, 23 семействам и трем отделам Magnoliophyta, Polypodiophyta и Chlorophyta. Отдел Chlorophyta представлен двумя видами (*Nitella* sp., *Enteromorpha maotica* Proschk.-Lavr.), Polypodiophyta содержит один вид (*Salvinia natans* (L.) All.).

В исследованной флоре по количеству видов преобладают семейства Potamogetonaceae, Asteraceae, Poaceae, Typhaceae и Ranunculaceae, Cyperaceae, Najadaceae, Haloragaceae, Nymphaeaceae, Alismatacea (табл. 1).

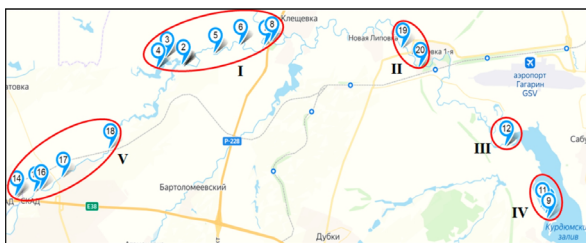


Рис. 1. Карта-схема отбора проб на 5 ключевых участках района исследования

Fig. 1. Map-scheme of sampling at 5 key sites in the study area

Таблица 1. Таксономический состав флоры р. Курдюм

Table 1. Taxonomic composition of the flora of the river Kurdyum

Семейство / Family	Число родов / Number of genera	Доля от общего числа родов, % / Share of the total number of genera, %	Число видов / Number of species	Доля от общего числа видов, % / Share of the total number of species, %
Potamogetonaceae	1	3.125	4	9.94
Asteraceae	3	9.375	3	7.31
Poaceae	3	9.375	3	7.31
Typhaceae	1	3.125	3	7.31
Ranunculaceae	1	3.125	3	7.31
Cyperaceae	2	6.25	2	4.87
Najadaceae	2	6.25	2	4.87
Nymphaeaceae	2	6.25	2	4.87
Lemnaceae	2	6.25	2	4.87
Characeae	2	6.25	2	4.87
Alismataceae	1	3.125	2	4.87
Haloragaceae	1	3.125	2	4.87
Apiaceae	1	3.125	1	2.43
Butomaceae	1	3.125	1	2.43
Ceratophyllaceae	1	3.125	1	2.43
Hydrocharitaceae	1	3.125	1	2.43
Iridaceae	1	3.125	1	2.43
Polygonaceae	1	3.125	1	2.43
Salviniaaceae	1	3.125	1	2.43
Scrophulariaceae	1	3.125	1	2.43
Sparganiaceae	1	3.125	1	2.43
Ulvaceae	1	3.125	1	2.43
Zannichelliaceae	1	3.125	1	2.43
Всего	32	100	41	100

На долю ведущих семейств приходится 63.5% от общего числа видов. Остальные семейства представлены одним видом. Наибольшее число видов содержит род *Potamogeton*, остальные рода представлены одним – двумя видами. Полученный родовой спектр характерен для других водотоков Саратовской области и схож со значениями родовых коэффициентов (количество видов, приходящихся на один род) флоры рек с меньшей антропогенной нагрузкой (Sedova, Boldyrev, 2022). Значения данного коэффициента отражают разнообразие экологических условий на изученной реке по сравнению с другими водотоками МО «г. Саратова» (табл. 2).

Таблица 2. Значения родовых коэффициентов и индекса гидрофитности I_{Hg} для некоторых рек Саратовского Правобережья

Table 2. Values of the generic coefficients and hydrophilicity index I_{Hg} for some rivers of the Saratov Right-Bank region

Река / River	Родовой коэффициент / Generic coefficient	Индекс гидрофитности / Hydrophytic index
Елшанка / Elshanka	0.5	-0.36
Назаровка / Nazarovka	0.6	-0.08
Курдюм / Kurdyum	0.7	0.1
Терса / Tersa	0.7	-0.8
Терешка / Tereshka	0.7	-0.1

Чем больше среднее число видов в роде, тем сильнее во флоре выражены автохтонные процессы и, наоборот, низкое значение этого показателя указывает на высокую роль миграционных процессов в ходе флорогенеза, что характерно для флор нарушенных местообитаний. Таким образом, р. Курдюм по таксономической структуре флоры тяготеет к рекам Терса и Терешка с относительно низкой антропогенной нагрузкой.

По классификации, предложенной В. Г. Папченковым (Papchenkov, 2001), растения изученной флоры принадлежат к шести экологическим группам (рис. 2).

Как видно из рис. 2, на исследованной реке наиболее многочисленной экологической группой являются гидрофиты, насчитывающие 21 вид (51%): *Batrachium circinatus*, *B. trichophyllus*, *Caulinia minor*, *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Enteromorpha maetotica*, *Lemna minor*, *Myriophyllum verticillatum*, *M. spicatum*, *Najas major*, *Nitella* sp., *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Potamogeton crispus*, *P. lucens*, *P. pectinatus*, *P. perfoliatus*, *Salvinia natans*, *Spirodela polyrrhiza*, *Zannichellia palustris*.

Группа гелофитов включает десять видов: *Alisma plantago-aquatica*, *A. lanceolatum*, *Agrostis stolonifera*, *Butomus umbellatus*, *Phragmites australis*, *Sparganium erectum*, *Scirpus lacustris*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia*, *T. laxmannii*, что составляет 22% от всей гидрофильной флоры.

На долю береговых растений (гигрогелофиты, гигрофиты, гигромезофиты, мезофиты) приходится 27%: *Agrostis stolonifera*, *Bolboschoenus maritimus*, *Bidens tripartita*, *Echinochloa crusgalli*, *Iris pseudacorus*, *Oenanthe aquatica*, *Polygonum hydropiper*, *Sonchus palustris*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Xanthium strumarium*.

Таким образом, по сравнению с другими реками МО «г. Саратов» р. Курдюм отличается более богатым видовым разнообразием гидрофитной составляющей флоры, о чем свидетельствует индекс гидрофитности (см. табл. 2). На данном водотоке значительную роль в сложении растительного покрова играют гидрофиты и гелофиты, доля береговых растений незначительна.

В ходе исследований были выявлены новые местонахождения редких для Саратовской области *Myriophyllum verticillatum* и *Zannichellia palustris* с категорией и статусом 4 – неопределенный по статусу вид (Red Book of the Saratov Region..., 2021). *Myriophyllum verticillatum* обнаружен в русле и заливах р. Курдюм выше с. Готовицкое, ниже с. Расловка Гагаринского района МО «г. Саратов». Этот вид выступает в роли доминанта, формируя одновидовые

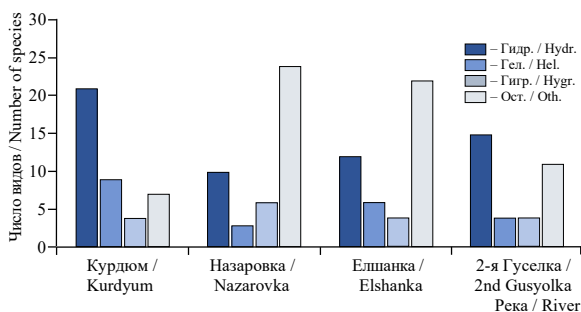


Рис. 2. Экологический состав флоры рек МО «г. Саратов»: Гидр. – гидрофиты, Гел. – гелофиты, Гигр. – гигрогелофиты, Ост. – остальные

Fig. 2. Ecological composition of the flora of the rivers of the Saratov municipal formation: Hydr. – hydrophytes, Hel. – helophytes, Hygr. – hygrophelophytes, Oth. – others

фитоценозы с проективным покрытием до 80%, либо входит в состав сообществ с преобладанием *Ceratophyllum demersum*. Численность ценопопуляций – десятки и сотни особей, значительная часть которых цвели и плодоносили. *Zannichellia palustris* на территории области отмечалась только для водоемов Левобережья (Новоузенский, Питерский и Фёдоровский районы) (Red Book of the Saratov Region..., 2021). Авторами статьи данный вид обнаружен в заливах р. Курдюм в районе федеральной автомобильной дороги Р-228 «Сызрань – Саратов – Волгоград», 299-й км. *Zannichellia palustris* входит в состав сообществ с преобладанием *Ceratophyllum demersum*. Численность ценопопуляций составляет единицы и десятки особей, значительная часть которых плодоносила.

Растительный покров р. Курдюм характеризуется наибольшим фитоценотическим разнообразием настоящей водной растительности. Обеднение фитоценотического состава гелофитной и гидрофитной растительности объясняется отсутствием благоприятных условий для развития их фитоценозов (на значительном протяжении водоток имеет абразионные берега) или вытаптыванием и поеданием пастбищными животными. Доминирование фитоценозов *Phragmites australis* на значительном протяжении реки также препятствует развитию других растений, поскольку этот вид является мощным эдификатором, который интенсивно разрастается и подавляет другие гелофиты.

Структура флоры и растительности от истока до устья реки не однородна в условиях урбаноландшафта и формируется под влиянием совокупности гидролого-химических и антропогенных факторов. В результате применения кластерного анализа была получена следующая дендрограмма (рис. 3).

Судя по расстоянию объединения, отличие между исследованными участками реки значительное. На дендрограмме выделяется один кластер, объединяющий 2 – 5 участки и отдельно стоящий участок 1 (Kruskal – Wallis test = 6.681, $p = 0.035$), отличающийся по структурным и гидролого-химическим показателям. Он представляет собой озеровидное расширение, которое сообщается с основным руслом

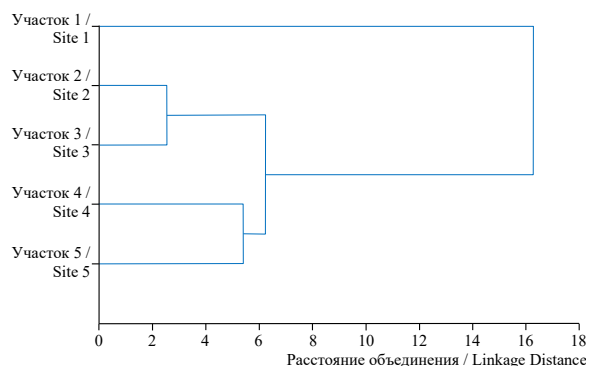


Рис. 3. Классификационная схема участков р. Курдюм по сходству эколого-флористических показателей

Fig. 3. Classification scheme of the Kurdyum river sites by similarity of ecological and floristic indicators

протокой и характеризуется экологическими условиями, типичными для замкнутых водных объектов. Массовое развитие *Ceratophyllum demersum*, *Chara* sp., *Lemna minor*, *Myriophyllum spicatum*, *Ranunculus aquatilis*, *Zannichellia palustris* свидетельствует о высокой трофности данного участка (рис. 4).

Второй и третий участки характеризуются наиболее схожими условиями. Второй участок реки представляет собой озеровидное расширение пе-

ред плотиной с широкой зоной мелководий, доступных для макрофитов. Он характеризуется массивно-зарослевым распределением фитоценозов с высоким проективным покрытием доминантов. Здесь преобладают виды, характерные для флоры озер и заболоченных мест обитаний (*Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum*, *Oenanthe aquatica*, *Sparganium erectum*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia*, *T. laxmannii* и т.д.), которые свидетельствуют о высокой степени эвтрофикации экосистемы. Данные химического анализа также свидетельствуют о недавнем органическом загрязнении и поступлении сточных вод, богатых органикой, стекающих с близлежащих полей (см. рис. 4). Третий участок располагается сразу после плотины, поэтому химические показатели воды и видовой состав макрофитов схож с предыдущим, однако более интенсивное течение накладывает отпечаток на структуру фитоценозов, которые располагаются узкими поясами вдоль берегов.

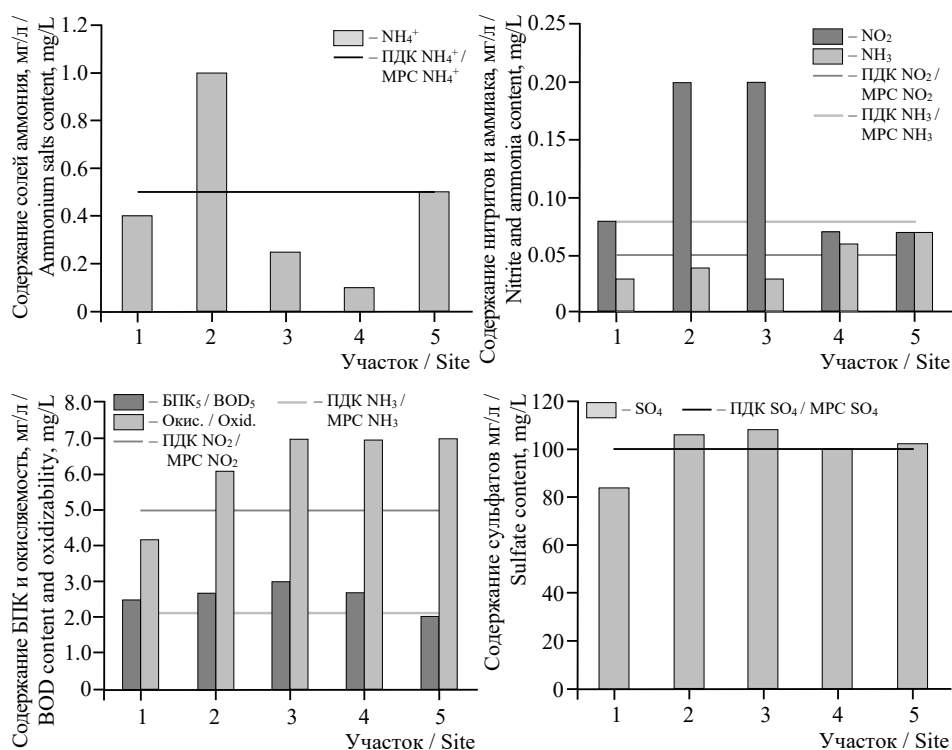


Рис. 4. Концентрация некоторых веществ в воде на изученных участках р. Курдюм: ПДК – предельно допустимая концентрация, БПК – биохимическое потребление кислорода, БПК₅ – БПК за 5 суток инкубации, Окис. – окисляемость

Fig. 4. Concentrations of some substances in water at the studied sites of the Kurdyum river: MPC – maximum permissible concentration, BOD – biochemical oxygen demand, BOD₅ – BOD for 5 days of incubation, Oxid. – oxidizability

На остальных участках распределение растительности и структура флоры имеют типичные черты, характерные для малых рек региона. Фитоценозы располагаются узкими поясами, в которых доминантами являются *Phragmites australis* и *Nuphar luteae*.

Пятый участок представляет собой залив и находится под влиянием вод Волгоградского водохранилища. Флора здесь формируется с участием видов, характерных для водохранилища (*Potamogeton crispus*, *P. lucens*, *Najas major*, *Caulinia minor*, *Bolboschoenus maritimus*) (Sedova, 2009).

Результаты химического анализа воды показали, что содержание хлоридов, сульфатов, фосфатов и свинца не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК) (рис. 5).

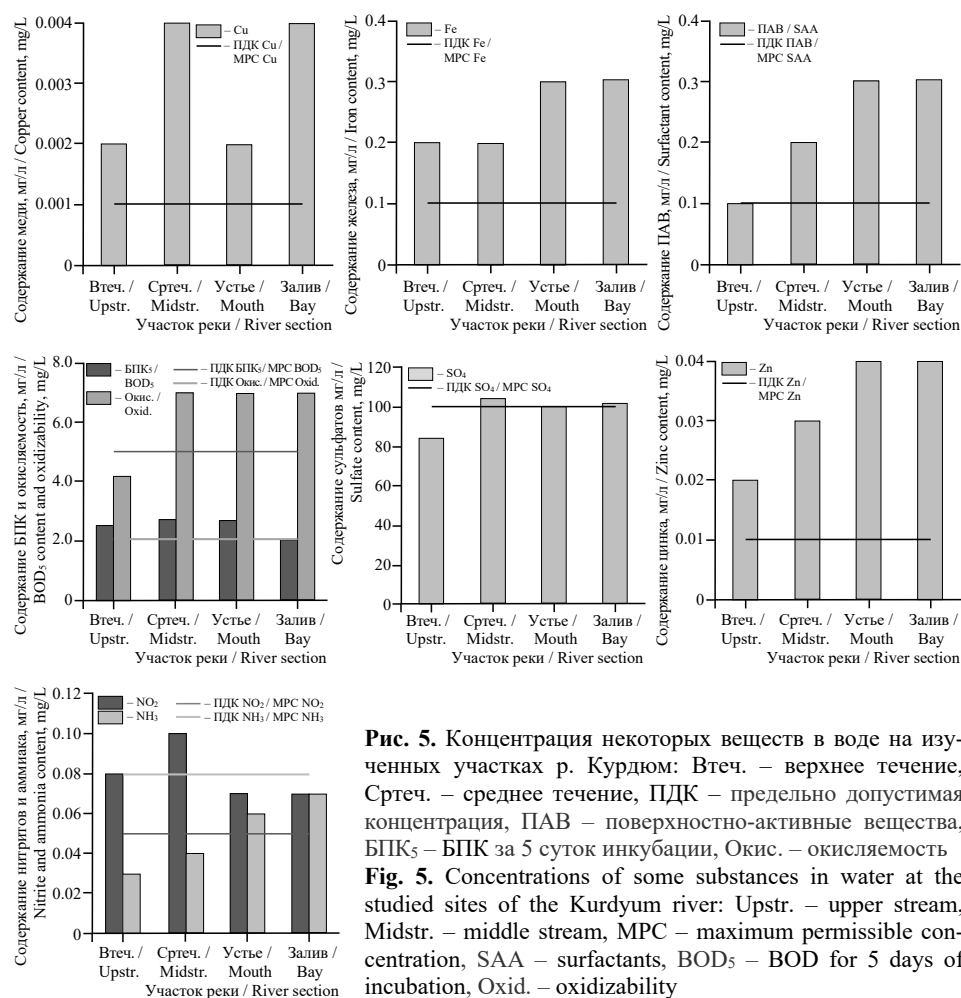


Рис. 5. Концентрация некоторых веществ в воде на изученных участках р. Курдюм: Втеч. – верхнее течение, Среч. – среднее течение, ПДК – предельно допустимая концентрация, ПАВ – поверхностно-активные вещества, БПК₅ – БПК за 5 суток инкубации, Окис. – окисляемость

Fig. 5. Concentrations of some substances in water at the studied sites of the Kurdyum river: Upstr. – upper stream, Midstr. – middle stream, MPC – maximum permissible concentration, SAA – surfactants, BOD₅ – BOD for 5 days of incubation, Oxid. – oxidizability

Согласно классификации природных вод по показателям общей жесткости, вода является «жесткой» (7 – 9 баллов). Кислородный режим реки благоприятный (величина перманганатной окисляемости (БПК₅) в верхнем течении 4.3 мг/л, в среднем, нижнем течении, устьевом участке и заливе 7.1 мг/л), а общее содержание органических веществ колеблется от 16 до 20 мг/л. В воде исследованного водотока обнаружено превышение ПДК нескольких загрязнителей. Содержание железа колеблется от 0.1 до 0.3 мг/л, причем максимальная концентрация наблюдается в устьевом участке, а минимальная – в среднем течении. Содержание меди варьирует от 0.002 до 0.004 мг/л. Здесь её максимальная концентрация достигается в среднем течении, а минимальная – в устьевом участке. Содержание цинка составляет от 0.02 до 0.08 мг/л., максимальное превышение ПДК в восемь раз наблюдается в Курдюмском заливе, а минимальное – в верхнем течении реки. Аммонийный азот в верхнем и среднем течении не превышает ПДК, в то время как в нижнем и устьевом участках наблюдается превышение в 1.5 раза (0.03 – 0.06 мг/л). В среднем и устьевом участках также наблюдается превышение содержания иона аммония – 0.5 – 0.6 мг/л.

Содержание поверхностно-активных веществ (ПАВ) выше ПДК наблюдалось на всем протяжении реки и увеличивалось вниз по течению. Это можно объяснить широким использованием ПАВ-содержащих продуктов в быту и наличием большого количества СНТ вдоль реки. Высокая концентрация ПАВ снижает содержание кислорода в воде, увеличивает окисляемость и БПК. В Курдюмском заливе концентрация ПАВ несколько меньше в результате разбавления водами Волгоградского водохранилища.

Исследованная река отличается более богатым видовым разнообразием по сравнению с ранее изученными городскими водотоками (Belikov et al., 2023). В результате сопоставления индексов выявлена обратная связь видового разнообразия и уровня антропогенной нагрузки (табл. 3).

Таблица 3. Сравнительная характеристика экологического состояния малых рек МО «г. Саратов»

Table 3. Comparative characteristics of the ecological status for small rivers within the Saratov city

Река / Name of rivers	Индексы / Indices						Экологическое состояние / Ecological status
	D_{mn}	$IBMR$	S_m	ИЗВ / WPI	Класс качества воды по трофности / Water quality class by trophicity	Класс качества воды по ИЗВ / WPI water quality class	
Курдюм / Kurdyum	3.9	6.9	8	2.03	Очень высокая трофность / Very high trophicity	III класс – умеренно загрязненная / III class – moderately polluted	Удовлетворительное / Satisfactory
Елшанка / Elshanka	3.1	6.4	6	2.76	Очень высокая трофность / Very high trophicity	IV класс – загрязненная / IV class – polluted	Удовлетворительное / Satisfactory
Назаровка / Nazarovka	3.4	7	6	3.48	Очень высокая трофность / Very high trophicity	IV класс – загрязненная / IV class – polluted	Удовлетворительное / Satisfactory

Примечание. D_{mn} – индекс видового разнообразия Менхиника, $IBMR$ – Indice Biologique Macrophytique en Riviere, S_m – макрофитный индекс для малых рек, ИЗВ – индекс загрязненности воды.

Note. D_{mn} – Menchinik's species diversity index, $IBMR$ – Indice Biologique Macrophytique en Riviere, S_m – macrophyte index for small rivers, WPI – water pollution index.

По индексу загрязнения воды (ИЗВ) р. Курдюм относят к 3-му классу качества и оценивают как умеренно-загрязненную. Однако значение этого показателя находится на верхней границе, что свидетельствует о возможном переходе в следующий класс при увеличении антропогенной нагрузки. Результаты расчетов индексов на основе структурных параметров макрофитов показали, что экологическое состояние изученного водотока имеет удовлетворительный экологический статус. Значение индекса S_m в восемь баллов характерно для водных экосистем, где экологическая ситуация оценивается как «умеренно загрязненная». По индексу *IBMR* трофический статус р. Курдюм, как и всех рек МО «г. Саратов», оценивается как «очень высокий». Снижение антропогенного пресса на речную экосистему и создание прудов способствует существенному увеличению спектра экотопов, заселяемых водными и прибрежно-водными растениями, что приводит к повышению уровня флористического разнообразия городской территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Флора р. Курдюм представлена 41 видом макрофитов, принадлежащих к 32 родам, 23 семействам и 3 отделам Magnoliophyta, Polypodiophyta и Chlorophyta. В ней по количеству видов преобладают семейства Potamogetonaceae, Asteraceae, Poaceae, Typhaceae и Ranunculaceae. Наибольшее число видов (четыре) содержит род *Potamogeton*, остальные рода представлены одним – двумя видами. Наиболее многочисленной экологической группой являются гидрофиты, составляющие 51% от общего числа видов. Отличительная черта реки – высокое видовое разнообразие гидрофитной составляющей флоры. Это подтверждается индексом гидрофитности и наличием редких для Саратовской области *Myriophyllum verticillatum* и *Zannichellia palustris*.

Растительный покров р. Курдюм характеризуется наибольшим фитоценотической разнообразием настоящей водной растительности.

Кластерный анализ позволил выявить различия между исследованными участками по эколого-флористическим показателям, при этом выделяется один кластер, объединяющий со второго по пятый участки и один отдельно стоящий объект. В наибольшей степени отличается первый участок, который представляет собой озеровидное расширение и характеризуется гидролого-химическими условиями, типичными для замкнутых водных объектов. В нем наблюдается массовое развитие растений, указывающих на повышенный уровень эвтрофирования водоема. Второй и третий участки имеют схожие между собой условия и характеризуются наличием фитоценозов, характерных для озер и заболоченных мест обитания. Остальные участки реки имеют типичный состав флоры, характерный для малых рек региона.

Результаты химического анализа воды показали превышение ПДК некоторых загрязнителей на всем протяжении реки. Однако экологические показатели, оцениваемые на основе структурных параметров макрофитов, позволяют считать экологическое состояние водотока удовлетворительным. Таким образом, р. Курдюм является загрязненной с высоким трофическим статусом.

Для решения проблем, связанных с антропогенной нагрузкой на р. Курдюм, необходим комплексный подход. Координация усилий местных властей, населе-

ния и специалистов по охране природы позволит разработать меры по снижению загрязнения и восстановлению естественного баланса водотока. Это может включать строгий контроль за выбросами промышленных и сельскохозяйственных предприятий, обеспечение очистки сточных вод, организацию регулярного мониторинга качества воды и мероприятий по регенерации биологического разнообразия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Belikov A. S., Boldyrev V. A., Sedova O. V., Torgashkova O. N. Structure of the macrophyte communities of small rivers in Saratov under anthropogenic load. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2023, no. 3, pp. 259–273 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2023-3-259-273>
- Cherepanov S. K. *Vascular Plants of Russia and Adjacent States (the former USSR)*. Saint Petersburg, Mir i sem'ia-95, 1995. 990 p. (in Russian).
- Davidenko T. N., Nevsky S. A., Torgashkova O. N., Davidenko O. N. *Botanico-ecological Workshop: Methods of Data Collection and Analysis*. Saratov, Izdatel'skii tsentr "Nauka", 2011. 67 p. (in Russian).
- Electronic Fund of Normative-Technical and Regulatory Legal Information of the Codex Consortium*. Saint Petersburg, 2023. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (accessed December 15, 2023). (in Russian).
- Glotova N. V. *Habitat Monitoring: Textbook for Practical Classes*. Chelyabinsk, South Ural State University Publ., 2006. 22 p. (in Russian).
- Haury J., Peltre M.-C., Trémolières M., Barbe J., Thiébaud G., Bernez I., Daniel H., Chate-net P., Haan-Archipof G., Muller S., Dutartre A., Laplace-Treyture C., Cazaubon A., Lambert-Servien E. A new method to assess water trophy and organic pollution – the Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR): Its application to different types of river and pollution. In: J. M. Caffrey, A. Dutartre, J. Haury, K. J. Murphy, P. M. Wade, eds. *Macrophytes in Aquatic Ecosystems: From Biology to Management*. Dordrecht, Springer, 2006, pp. 153–158. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5390-0_22
- Katanskaya V. M. *Higher Aquatic Plants in USSR Continental Water Bodies*. Leningrad, Nauka, 1981. 187 p. (in Russian).
- Melzer A., Schneider S. Submerese Macrophytes als Indikatoren der Nährstoffbelastung. In: C. Steinberg, W. Calmano, H. Klapper, R.-D. Wilken, eds. *Handbuch Angewandte Limnologie*. Landsberg, Ecomed Verlagsgesellschaft, 2001, Bd. VIII, S. 1–13.
- Menhinick E. F. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*, 1964, vol. 45, no. 4, pp. 859–861.
- Papchenkov V. G. *Vegetation Cover of Water Bodies and Watercourses of the Middle Volga Region*. Yaroslavl, International University of Business and New Technologies Publ., 2001. 213 p. (in Russian).
- Petin A. N., Lebedeva M. G., Krymskaya O. V. *Analysis and Assessment of Surface Water Quality: Textbook*. Belgorod, Belgorod State University Publ., 2006. 252 p. (in Russian).
- Popova N. V., Argunov M. A. Ecological assessment of the state of reservoirs – the sources of drinking water supply in rural localities of the Tattinsky district, Yakutia. *AgroEcolInfo*, 2020, no. 4, article no. 417 (in Russian).
- Porfirieva A. V., Ziyatdinova G. K., Medyantseva E. P., Evtyugin G. A. *Hydrochemical Analysis: Textbook*. Kazan, Kazan University Publ., 2018. 88 p. (in Russian).
- Red Book of the Saratov Region: Fungi. Lichens. Plants. Animals. Saratov, Papyrus, 2021. 496 p. (in Russian).
- Scofield B. D., Fields S. F., Chess D. W. Aquatic macrophytes show distinct spatial trends in contaminant metal and nutrient concentrations in Coeur d'Alene Lake, USA. *Environmental Sci-*

ence and Pollution Research, 2023, vol. 30, iss. 25, pp. 66610–66624. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27211-x>

Sedova O. V. Current state of flora and vegetation of shallow waters of the Volgograd reservoir within the administrative boundaries of the Saratov region. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2009, vol. 9, iss. 2, pp. 61–67 (in Russian).

Sedova O. V., Boldyrev V. A. Flora of water bodies and streams in Saratov region: The history of research and the current status. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2022, vol. 22, iss. 3, pp. 313–330 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-3-313-330>

Singh N. K., Raghubanshi A. S., Upadhyay A. K., Rai U. N. Arsenic and other heavy metal accumulation in plants and algae growing naturally in contaminated area of West Bengal, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2016, vol. 130, pp. 224–233. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.04.024>

Solovieva V. V., Lapirov A. G. *Hydrobotany: Textbook for higher educational institutions*. Samara, Volga State Social and Humanitarian Academy Publ., 2013. 354 p. (in Russian).

State Water Register. 2023. Available at: <https://textual.ru/gvr/> (accessed February 25, 2023). (in Russian).

Sviridenko B. F., Mamontov Yu. S., Sviridenko T. V. *The Use of Hydro-macrophytes in a Comprehensive Evaluation of the Ecological Condition of Water Bodies of the West Siberian Plain*. Surgut, Limited Liability Company «Studio advertisement “Matryoshka”, 2012. 231 p. (in Russian).

Szoszkiewicz K., Zbierska J., Staniszewski R., Jusik S. The variability of macrophyte metrics used in river monitoring. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 2009, vol. 38, iss. 4, pp. 117–126. <https://doi.org/10.2478/v10009-009-0049-x>

Zueva N. V. *Assessment of the Ecological State of Small Rivers of North-West Russia on the Basis of Structural Characteristics of Macrophyte Communities (on the example of the Leningrad Region)*. Thesis Diss. Cand. Sci. (Geogr.). Saint Petersburg, 2007. 24 p. (in Russian).

Zueva N. V., Alekseev D. K., Kulichenko A. Yu., Primak E. A., Zuev Yu. A., Voyakina E. Yu., Stepanova A. B. *Bioindication and Biotesting in Freshwater Ecosystems: Textbook for higher educational institutions*. Saint Petersburg, Russian State Hydrometeorological University Publ., 2019. 140 p. (in Russian).

**Assessment and condition of a small river in urbanized areas
(with the example of the river Kurdyum of the municipal formation “Saratov city”)****A. S. Belikov[✉], V. A. Boldyrev, O. V. Sedova***Saratov State University
83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia*

Received: February 20, 2024 / revised: May 17, 2024 / accepted: May 17, 2023 / published: September 30, 2024

Abstract. The results of the study of the ecological status of the Kurdyum river within the municipal formation “Saratov city” are presented. The hydrochemical regime, hydrophilic flora and vegetation of the watercourse were studied in the 2022–2023 field seasons. The ecological status of the river by structural parameters of macrophytes was assessed. The species composition of aquatic plants in the river Kurdyum was represented by 41 macrophyte species belonging to 32 genera, 23 families and three divisions (Charophyta, Polypodiophyta, and Magnoliophyta). The families Potamogetonaceae, Asteraceae, Poaceae, Typhaceae and Ranunculaceae predominated by the number of species. The genus Potamogeton contained the greatest number of species (four) while other genera were represented by one – two species. Hydrophytes were a numerous ecological group, accounting for 51% of the total number of species. New locations of species rare for the Saratov region (*Myriophyllum verticillatum* and *Zannichellia palustris*) were revealed. The vegetation cover of the Kurdyum river is characterized by the greatest phytocenotic diversity of true aquatic vegetation. The impoverishment of the phytocenotic composition of helophytic and hygrophytic vegetation is explained by the lack of favorable conditions for the development of their phytocenoses (the watercourse has abrasion banks along a significant length) or trampling and eating by grazing animals. The studied river is characterized by species diversity in comparison with previously studied urban watercourses. Index comparison has revealed an inverse relationship between species diversity and the level of anthropogenic load. Cluster analysis has revealed that the structure of flora and vegetation from the source to the mouth of the river is not homogeneous and is formed under the influence of a combination of hydrological, chemical and anthropogenic factors. The results of our chemical analysis of the water showed that the maximum permissible concentrations of Fe, Zn, Cu, surfactants, NO₂ and NH₃ were exceeded throughout the river. However, the environmental indicators assessed based on the structural parameters of macrophytes allow us to consider the ecological status of the watercourse satisfactory. Thus, the Kurdyum river is moderately polluted with a high trophic status.

Keywords: ecological state, anthropogenic load, hydrophilic flora, macrophyte communities, Kurdyum river

Ethics approval and consent to participate: This work does not contain any studies involving human and animal subjects.

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

For citation: Belikov A. S., Boldyrev V. A., Sedova O. V. Assessment and condition of a small river in urbanized areas (with the example of the river Kurdyum of the municipal formation “Saratov city”). *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2024, no. 3, pp. 291–303 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-3-291-303>

[✉] *Corresponding author.* Department of Botany and Ecology, Saratov State University, Russia.

ORCID and e-mail addresses: Alexander S. Belikov: <https://orcid.org/0000-0002-5359-1065>, a.belik99@mail.ru; Vladimir A. Boldyrev: <https://orcid.org/0000-0003-0322-3755>, boldyrev52@bk.ru; Oksana V. Sedova: <https://orcid.org/0000-0001-9866-6094>, sedova_ov@mail.ru.