

УДК 581.55:574:528.94

РОЛЬ ВОДНОГО ЛАНДШАФТА ПАРКОВЫХ ЭКОСИСТЕМ
В ОПТИМИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

А. И. Юсов, Е. В. Авдеева, О. М. Бедарева, Л. С. Мурачёва,
А. В. Матюха, М. А. Моржикова

THE ROLE OF WATER LANDSCAPE OF PARK ECOSYSTEMS
IN URBAN ENVIRONMENT OPTIMIZATION

A. I. Yusov, E. V. Avdeeva, O. M. Bedareva, L. S. Muracheva,
A. V. Matyukha, M. A. Morzhikova

Водные поверхности в виде прудов и озёр издавна применяются в практике создания парков. На территории Макс-Ашманн-парка встречается целая система рукотворных водных объектов, оказывающих непосредственное влияние на растительный покров. Макс-Ашманн-парк отличается флористическим и фитоценологическим разнообразием. Здесь насчитывается 142 рода и 210 видов высших травянистых сосудистых растений; древесные растения относятся к 29 родам и 44 видам. Доминантами лесокультурных фитоценозов выступают виды, относящиеся к семействам, на долю которых приходится значительный процент эдификаторов: буковые (*Fagaceae*), березовые (*Betulaceae*), кленовые (*Aceraceae*) и ивовые (*Salicaceae*). Условиями обеспечения динамического равновесия древесной и кустарниковой растительности является внешняя регуляция, а также особый микроклимат, в формировании которого не последняя роль принадлежит водным экосистемам парка. В статье отражены результаты химического анализа воды, видового состава микробиоты. Минимальные значения содержания нитритов и нитратов на фоне избыточного аммиака указывают на низкую скорость прохождения аэробной фазы азотного цикла в водоемах и, соответственно, увеличение биологического показателя кислорода (БПК) и окисляемости. Осуществлен микробиологический анализ воды исследуемых водоемов, в ходе которого обнаружены бактерии 16 родов: обсемененность сапрофитными бактериями (*Bacillus*) – в пробах воды всех водоемов; бактериями группы кишечной палочки – в пробах воды из водоемов № 3, руч. Северного; особую опасность вызывает выявленная в пробах воды руч. Северного синегнойная палочка, относящаяся к числу патогенных организмов, вызывающих серьезные заболевания у человека. Предложены пути решения экологических проблем, связанных с первичным и вторичным загрязнением водоемов.

водные экосистемы, санитарно-гигиеническое состояние, парковые массивы, дендрофлора

Water bodies such as ponds and lakes have been at all times used in creation of parks. There is a system of artificial water bodies on the territory of Max-Aschmann-Park having a direct impact on vegetation. Max-Aschman-Park is notable for floral and

phytocenotic diversity. There are 142 genera and 210 species of herbaceous vascular plants; woody plants belong to 29 genera and 44 species. The dominant among silvicultural plant communities are species belonging to families, which accounted for a significant percentage of edificators: beech (*Fagaceae*), birch (*Betulaceae*), maple (*Aceraceae*) and willow (*Salicaceae*). Dynamic equilibrium of tree and shrub vegetation is conditioned by external regulation, as well as special microclimate which is formed by virtue of the park aquatic ecosystems. The paper presents the results of the chemical analysis of water and the species composition of the microbiota. The minimum values of nitrites and nitrates contrasted to the excessive value of ammonia indicate low speed of the aerobic phase of the nitrogen cycle in ponds and thus increase in the rate of biological oxygen demand and acid capacity. Microbiological analysis of the water in the lakes under study was carried out, during which 16 genera of bacteria were found: contamination with saprophytic bacteria (*Bacillus*) was found in water samples of all bodies of water; contamination by coliform bacteria was detected in water samples from ponds No. 3, North brook; highly hazardous is *Pseudomonas aeruginosa* found in water samples of North brook, because it is a pathogen causing serious human diseases. The article proposes some solutions to environmental problems associated with primary and secondary pollution of water bodies.

water ecosystems, a sanitary-and-hygienic condition, parklands, dendroflora

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы во многих странах мира городской водной среде уделяется всё больше и больше внимания. Реки, озёра и пруды на территориях городов выполняют важнейшие ландшафтно-архитектурные, эколого-градостроительные и социально-градостроительные функции. В то же время они представляют собой совершенно особые образования, подвергающиеся интенсивному антропогенному воздействию [1].

Встречается очень мало парковых сооружений, в композицию которых не были бы включены водные объекты, оказывающие непосредственное влияние на планировку аллей, дорог, а также на характер размещения древесной и кустарниковой растительности. В зависимости от естественных форм рельефа и водных ресурсов они могут быть созданы на базе выходящих на поверхность источников, близкого залегания грунтовых вод [2].

В современных условиях озеленение необходимо рассматривать как комплексную системную характеристику, отражающую функционально-технологические, психофизиологические и эмоционально-эстетические потребности человека.

Одновременно с озеленением территории образованы крупные водоёмы в садах и парках Калининградской области. Водоёмы – один из главнейших факторов, влияющих на создание благоприятного микроклимата. Санитарно-гигиеническая роль водоёмов заключается, прежде всего, в повышении влажности воздуха, что важно при большой его сухости, характерной для городов. При решении вопроса об использовании водоёма необходимо учитывать химический состав воды, наличие и роль его микрофлоры [3].

Цель данной работы заключается в осуществлении оценки состояния водных объектов ландшафтных парков, выработке рекомендаций для приведения водоёмов в состояние, допускающее организованное рекреационное использование.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Макс-Ашманн-парк в качестве экологического компонента включает водные объекты. Вода открытых водоёмов является естественной средой обитания разнообразных организмов (гидробионтов) растительного и животного происхождения.

Исследование водных экосистем на территории Макс-Ашманн-парка проводилось на наиболее значимых в ландшафтно-экологическом аспекте водоёмах: оз. Лесное и руч. Северном [4].

Озеро Лесное – бессточный водоём искусственного происхождения. Имеет Г-образную форму. Длина озера примерно 300 м, ширина от 60 м в самой узкой части до 120 – в самой широкой части. Площадь зеркала примерно 3 га. Дно песчаное, на большей площади заиленное. В юго-западной части находится пляж с песчаным пологим дном. Почти весь западный берег зарос тростником и заболочен. С западной стороны располагается большая поляна, с восточной – вплотную к берегу примыкает холм, покрытый древесно-кустарниковой растительностью, когда-то именовавшийся горой Родельберг. Питание озера осуществляется за счёт осадков. За лето его уровень снижается на 0,2-0,3 м.

Ручей Северный берет начало в районе пос. Первомайский, протекает по территории садово-огороднических участков, пересекает территорию войсковой части, течет вдоль Макс-Ашманн-парка и, начиная с ул. Герцена, – по достаточно плотно застроенной части г. Калининграда. Ручей впадает в оз. Верхнее с северной стороны, в районе ул. Лескова - Достоевского. Берега и откосы руч. Северного покрыты древесной растительностью разных пород и различного возраста кустарником. Ручей пересекает большое количество инженерных коммуникаций различного назначения: канализацию, теплотрассы, кабели связи и силовые кабели, водопровод. Визуальным обследованием выявлены выпуски хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод с прилегающих к ручью улиц. Ширина его 2-3, глубина не более 1 м.

Пруды-копани не зарегулированы. Общая площадь прудов 268 м². Пруд в центральной части парка имеет овальную форму. Пруды, расположенные в южной части парка, более сложной формы, один из них сообщается с ручьем. Состояние прудов неудовлетворительное. Вблизи них отчетливо просматриваются остатки фундаментов, заросшие самосевом граба и клена.

Дно ручья и прудов заиленное, мощность ила составляет от 0,2 до 0,5 м. Донный ил образовался, по всей вероятности, в результате попадания в ручей бытовых стоков с прилегающих территорий, а в прудах – за счет попадания листвы и отмирания болотной растительности.

Результаты проведенных исследований представлены в табл. 1 (ПДК указаны в соответствии с ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»). Минимальные значения таких показателей, как нитриты и нитраты, на фоне избыточного аммиака указывают на низкую скорость

Таблица 1. Результаты анализов проб воды в водоемах Макс-Ашманн-парка
Table 1. Results from the analyses of water samples in reservoirs of Max-Aschmann-Park

Показатель	ПДК	Озеро Лесное			Ручей Молодежный		
		количество проб	средние значения	максимальные значения	количество проб	средние значения	максимальные значения
ОКБ (общее число колиформных бактерий)	0	12	67,8300	234,0000	13	119,2000	290,0000
ОМЧ (общее число мезофильных аэробных и факультативно-аэробных микроорганизмов)	50	12	38,7500	100,0000	13	79,6200	400,0000
ТКБ (термотолерантные колиформные бактерии)	0	12	67,8300	234,0000	13	119,2000	290,0000
Аммиак	2	12	0,7358	2,6300	12	0,2917	0,6500
Бор	0,5	3	0,0507	0,0520	3	0,0543	0,0630
Железо	0,5	12	1,4980	3,0900	12	0,6442	1,1900
Кадмий	0,001	4	0,0001	0,0001	4	0,0001	0,0001
Марганец	0,1	4	0,0838	0,1930	4	0,0393	0,0560
Медь	1	4	0,0028	0,0066	4	0,0010	0,0030
Молибден	0,25	1	0,0025	0,0025	1	0,0025	0,0025
Мышьяк	0,05	5	0,0050	0,0050	5	0,0050	0,0050
Нитраты	45	12	1,0430	2,7300	12	1,5750	2,9600
Нитриты	3	12	0,0506	0,1500	12	0,0545	0,1180
Свинец	0,03	4	0,0011	0,0026	4	0,0003	0,0009
Сульфаты	500	5	13,6600	19,3400	5	16,5800	27,9800
Хром	0,05	7	0,0250	0,0250	7	0,0253	0,0270
Цинк	5	4	0,0052	0,0059	4	0,0059	0,0085
БПК (биологический показатель кислорода)		12	4,7990	12,3500	12	3,7300	6,7300
Жесткость	7	12	2,9920	3,8000	12	3,1250	3,8000
Нефтепродукты	0,1	9	0,0317	0,0780	9	0,0167	0,0330
Окисляемость перманганатная	5	12	13,3100	18,8800	12	9,5080	17,8200
ПАВ (поверхностно-активные вещества)	0,5	9	0,0446	0,0740	9	0,0428	0,0660
pH	9	12	7,9350	9,4800	12	7,9160	8,7600
Запах 60	2	12	2,3330	3,0000	12	2,1670	3,0000
Мутность	1,5	12	4,1210	6,4700	12	2,9580	5,0300
Цветность	25	12	66,5800	129,0000	12	40,9200	58,0000

прохождения аэробной фазы азотного цикла в водоемах и, соответственно, увеличение биологического показателя кислорода (БПК) и окисляемости. Вследствие этого биохимические процессы в водоемах носят анаэробный характер. Вода насыщается газообразными продуктами анаэробного распада органических веществ. При этих условиях наблюдается массовое развитие гетеротрофных растительных организмов: разнообразных сапрофитных, нитчатых бактерий, водорослей (*Euglena viridis*) и грибов (*Fusarium aduaeductum*), но наиболее характерны мелкие бесцветные жгутиковые и инфузории. Неконтролируемое размножение сине-зеленых и зеленых водорослей приводит к «цветению воды», появлению на поверхности водоема пленки из отмерших организмов и ухудшению органолептических показателей воды (цветности, мутности и запаха).

Поступающие в водоем загрязнения вызывают в нем нарушение экологического равновесия.

Исследование водных систем Макс-Ашманн-парка базировалось на изучении микробиоты [5, 6]. В частности, осуществлен микробиологический анализ воды исследуемых водоемов, в ходе которого обнаружены бактерии 16 родов:

- обсемененность сапрофитными бактериями (*Bacillus*) отмечена в пробах воды всех водоемов;
- обсемененность бактериями группы кишечной палочки обнаружена в пробах воды из водоемов № 3, руч. Северного;
- особую опасность представляет выявление в пробах воды руч. Северного синегнойной палочки, относящейся к числу патогенных организмов, вызывающих серьезные заболевания у человека (табл. 2).

Таблица 2. Данные обследования водных объектов Макс-Ашманн-парка
Table 2. Survey data of water objects in Max-Aschmann-Park

Наименование родов	Водные объекты				
	№1	№2	№3	оз. Лесное	руч. Северный
<i>Bacillus</i>	++	+	+	+	+
<i>Nocardia</i>	+				
<i>Staphylococcus</i>	+				
<i>Micrococcus</i>		+			
<i>Acinetobacter</i>		+		+	
<i>Streptococcus</i>			+		+
<i>Enterobacteria</i>			+		
<i>Flavobacterium</i>				+	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>					+

Общая обсемененность воды бактериями группы кишечной палочки в водоемах: пруды № 1, 2, оз. Лесное – не обнаружена; в пруду № 3 – составляет один КОЕ / мл, в руч. Северном – колония *Pseudomonas aeruginosa*.

Обсемененность воды сапрофитными бактериями:

- пруд № 1 – 191,2 КОЕ / мл;
- пруд № 2 – 6,14 КОЕ / мл;
- пруд № 3 – 191,5 КОЕ / мл;
- оз. Лесное – 2,002 КОЕ / мл;

- руч. Северный – 127,6 КОЕ / мл; колония *Pseudomonas aeruginosa*.

Бактерии родов *Bacillus*, *Nocardia*, *Micrococcus*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium* – это бактерии, характерные для почв и воды в водоемах. Они являются представителями автохтонной микрофлоры. Бактерии родов *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Enterobacteria*, *Pseudomonas aeruginosa* являются представителями аллохтонной микрофлоры и принесены в водоем извне сточными водами. Наличие этих бактерий свидетельствует о загрязнении водоемов (пруды № 1, 3, руч. Северный) [7, 8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований было установлено, что и руч. Северный и оз. Лесное имеют как первичный, так и вторичный типы загрязнения.

Показателем первичного загрязнения, куда относятся сбросы сточных вод, а также поверхностный сток с площади водосбора, является превышение, прежде всего, бактериологических показателей: общего числа мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (ОМЧ), общего числа колиформных бактерий (ОКБ) и термофильных колиформных бактерий (ТКБ), а в оз. Лесном и аммиака.

Вторичное загрязнение водоемов включает в себя органические и минеральные вещества как внутри почвенного стока – например, подвижные формы железа, магния и марганца, так и за счет миграции химических веществ в результате малых биогеохимических циклов в водоемах.

Гидробионты в водоемах Макс-Ашманн-парка образуют биоценозы, количественный и качественный состав которых обусловлен рядом физических, химических и биологических факторов. Большим разнообразием и непостоянством как химического состава, так и микронаселения воды, которое состоит из собственной микробиоты, присущей данному водоему (автохтонной), и микроорганизмов, поступающих в водоем с различными источниками загрязнения и приспособившихся к условиям существования в данном водоеме, отличаются оз. Лесное и руч. Северный.

Большую опасность для водоемов Макс-Ашманн-парка представляет их вторичное загрязнение, обусловленное разложением отмирающих водных организмов. Сезонность в развитии фитопланктона и последующее его отмирание приводят к обогащению воды органическими веществами, на минерализацию которых требуется значительное количество кислорода. Водоросли, будучи автотрофами, находят источник углеродного питания, и лимитирующим фактором их развития является наличие в воде биогенных элементов – азота и фосфора. Поэтому ограничить избыточное размножение водорослей можно лишь предотвратив попадание в водоем биогенов.

Бактерии родов *Bacillus*, *Nocardia*, *Micrococcus*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium* – это бактерии, характерные для почв и воды в водоемах. Они являются представителями автохтонной микрофлоры. Бактерии родов *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Enterobacteria*, *Pseudomonas aeruginosa* – представители аллохтонной микрофлоры, принесены в водоем извне сточными водами. Наличие этих бактерий свидетельствует о загрязнении водоемов (пруды № 1, 3, руч. Северный).

РЕКОМЕНДАЦИИ

Для оптимизации и рекреационного использования водоёмов необходимы мероприятия, направленные на очистку воды. Зараствание прудов происходит по типу эндоэкогенетической сукцессии.

Для обеспечения самоочищения водоемов в Макс-Ашманн-парке необходимо выполнить:

- работы по предотвращению поступления сточных вод в водоемы;
- очистку и ремонт мелиоративной системы парка для предотвращения внутриводоемной миграции химических элементов в водоемы;
- очистку русла руч. Северного и озер парка от донных отложений;
- работы по укреплению береговой линии всех водоемов для предотвращения их размыва;
- работы по укреплению почв на берегах водоемов для исключения смыва почвы в водоемы;
- обеспечение в случае необходимости дополнительной очистки воды с помощью несложных и малогабаритных устройств, например, механических фильтров, озонаторов;
- обеспечение циркуляции массива воды в непроточных водоёмах с целью предотвращения образования застойных зон, стратификации и равномерного распределения объёмов воды, обогащённых растворённым кислородом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Суйкова, Н. В. Инженерные методы улучшения качества воды / Н. В. Суйкова // Экология урбанизированных территорий, 2006. – № 4. – С. 58-61.
2. Бедарева, О. М. Оценка состояния лесопарковых ландшафтов в парках Калининграда (на примере парка «Южный») / О. М. Бедарева, В. М. Москалец, В. В. Лепа // Проблемы сельского хозяйства: сб. науч. трудов. – Калининград: КГТУ, 2000. – С. 127-133.
3. Бедарева, О. М. Роль водного ландшафта в формировании парковых композиций / О. М. Бедарева, Э. П. Аветисянц // Современные проблемы сельского хозяйства: сб. науч. тр. – Калининград: КГТУ, 2002. – С. 274-278.
4. Мурачева, Л. С. Мониторинг лесопарковых экосистем на урбанизированных территориях Калининградской области / Л. С. Мурачева, О. М. Бедарева, В. К. Хлюстов. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2013. – 250 с.
5. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / под ред. О. П. Мелеховой и Е. И. Егоровой. – Москва: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
6. Санитарно-бактериологическое и вирусологическое исследование воды / под ред. В. Н. Гириной, Л. В. Григорьевой. – Киев: Здоров'я, 1981. – 176 с.
7. Юсов, А. И. Экологические проблемы ландшафтного дизайна / А. И. Юсов. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2010. – 328 с.
8. Connel, J.H., Slatyer, R.O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community and organization // American Naturalist. – 1977. – Vol. 111. - № 982. – P. 1119-1144

REFERENCES

1. Suykova N.V. Inzhenernye metody uluchsheniya kachestva vody [Engineering approach to improvement of water quality]. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy* [Ecology of urban areas]. 2006, no. 4, pp. 58-61.
2. Bedareva O.M., Moskalets V.M., Lepa V.V. Otsenka sostoyaniya lesokul'turnykh landshaftov v parkakh Kaliningrada (na primere parka «Yuzhnyy») [Assessment of silvicultural landscapes in Kaliningrad parks (the case of “Yuzhny” park)]. *Problemy sel'skogo khozyaystva: sbornik nauchnykh trudov* [Agricultural problems: collection of research papers]. Kaliningrad, KGTU, 2000, pp. 127-133.
3. Bedareva O.M., Avetis'yants E.P. Rol' vodnogo landshafta v formirovani parkovykh kompozitsiy [Eru role of water landscape in making park compositions]. *Sovremennye problemy sel'skogo khozyaystva: sbornik nauchnykh trudov* [Contemporary issues of agriculture: collection of research papers]. Kaliningrad, KGTU, 2002, pp. 274-278.
4. Muracheva L.S., Bedareva O.M., V.K. Khlyustov V.K. *Monitoring lesoparkovykh ekosistem na urbanizirovannykh territoriyakh Kaliningradskoy oblasti* [Monitoring of forest and parkland ecosystems in urban areas of the Kaliningrad region]. Kaliningrad, izd- vo KGTU, 2013, 250 p.
5. Melekhova O.P., Egorova E.I., Evseeva T.I. i dr. *Biologicheskii kontrol' okruzhayushchey sredy: bioindikatsiya i biotestirovanie* [Biological monitoring of environment: bioindication and biotesting]. Moscow, izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2007, 288 p.
6. Girin V.N., Grigor'eva L.V., Erusalimskaya L.F. i dr. *Sanitarno-bakteriologicheskoe i virusologicheskoe issledovanie vody* [Sanitary-bacteriological and virological analysis of water]. Kiev, Zdorov'ya, 1981, 176 p.
7. Yusov A.I. *Ekologicheskie problemy landshaftnogo dizayna* [Environmental issues of landscape design]. Kaliningrad, izd- vo KGTU, 2010, 328 p.
8. Connell J.H., Slatyer R.O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community and organization. *American Naturalist*. 1977, vol. 111, no. 982, pp. 1119-1144.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Юсов Александр Иванович – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, доцент

Yusov Aleksandr Ivanovitch – Kaliningrad State Technical University; PhD, Associate Professor

Авдеева Елена Витальевна – Калининградский государственный технический университет; кандидат биологических наук, профессор

Avdeeva Elena Vitalyevna – Kaliningrad State Technical University; PhD, Professor

Бедарева Ольга Михайловна – Калининградский государственный технический университет; доктор биологических наук, доцент, заведующая кафедрой агропочвоведения и агроэкологии; E-mail: olgabedareva@mail.ru

Bedareva Olga Mikhailovna – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of agrology and agroecology; E-mail: olgabedareva@mail.ru

Мурачёва Любовь Семёновна – Калининградский государственный технический университет; кандидат, биологических наук, доцент

Muracheva Lyubov Semenovna – Kaliningrad State Technical University; PhD, Associate Professor

Матюха Александр Владимирович – Калининградский государственный технический университет; ассистент

Matyukha Aleksandr Vladimirovich – Kaliningrad State Technical University; Assistant

Моржикова Мария Алексеевна – Калининградский государственный технический университет; аспирант

Morzhikova Mariya Alekseevna – Kaliningrad State Technical University; Postgraduate student