

УДК 574.58(470.43-25)

АЭРОБНАЯ И ФАКУЛЬТАТИВНО АНАЭРОБНАЯ МИКРОБИОТА ГОРОДСКИХ ВОДОЁМОВ (г. Самара)

Ю. Л. Герасимов, Н. А. Кленова, С. А. Орлова

*Самарский государственный университет
Россия, 443011, Самара, Акад. Павлова, 1
E-mail: yuger55@list.ru*

Поступила в редакцию 31.10.14 г.

Аэробная и факультативно анаэробная микробиота городских водоёмов (г. Самара). – Герасимов Ю. Л., Кленова Н. А., Орлова С. А. – Проведено изучение аэробной и факультативно анаэробной микробиоты пяти малых стоячих водоёмов г. Самары в период лето – осень 2013 года. Выявлено превышение общего количества бактерий, наличие энтеробактерий во всех водоёмах, сохраняющееся в осеннее время. Четыре из исследованных водоёмов имеют плохие возможности к самоочищению, что требует принятия мер по контролю за их состоянием и очистке.

Ключевые слова: городские водоёмы; аэробная и анаэробная микробиота.

Aerobic and facultative anaerobic microbiota of urban water bodies (Samara City). – Gerasimov Yu. L., Klenova N. A., and Orlova S. A. – A study was made of the aerobic and facultative anaerobic microbiota of five small standing water bodies in Samara City during the summer–autumn period of 2013. An excess of the total number of bacteria, the presence of enterobacteria in all reservoirs, continuing in the autumn, were revealed. Four of the reservoirs studied have a poor ability to self-purification, which requires taking measures to monitor their condition and treatment.

Key words: urban water bodies, aerobic and anaerobic microbiota.

DOI: 10.18500/1684-7318-2016-1-41-48

ВВЕДЕНИЕ

На территории городского округа Самара находится более 50 (с учётом пересыхающих) мелких непроточных водоёмов: прудов и озёр. Питание их происходит чаще всего за счёт атмосферных осадков и грунтовых вод, в некоторых сохранились родники. Ряд водоёмов находится в области привычных мест отдыха, прогулочных зонах горожан. В настоящее время в этих местах появляется множество различных кафе, предприятий общественного питания быстрого обслуживания. Отходы данных предприятий очень часто попадают в расположенные рядом водоёмы. Кроме того, здесь обнаруживается много животных, как выгуливаемых хозяевами, так и бродячих. Во время дождей в городские водоёмы попадают сточные воды с взвешенными в них частицами, связанными с процессами жизнедеятельности: экскременты животных, канализационные воды, попавшие в грунт из повреждённых трубопроводов, воды, смываемые с поверхностей улиц, дворов. Весной в городские водоёмы попадает много загрязнений с тающим снегом. Если городские водоёмы остаются без должного ухода и заботы, происходит их постепенная де-

градация, что делает их небезопасными для населения. Исследования бактериопланктона городских прудов не очень многочисленны (Капустина, 2011).

Самарский Центр по мониторингу загрязнения окружающей среды контролирует состояние Воронежских озёр. Сотрудники Самарской государственной социально-гуманитарной академии (ПГСГА) проводили изучение водных цветковых растений в 20 прудах г. о. Самара (Матвеев и др., 1995; Головин, Соловьева, 1995). Гидрохимические исследования малых водоёмов на территории г. Самара выполнялись сотрудниками Института экологии волжского бассейна (ИЭВБ) и Самарского государственного архитектурно-строительного университета (СГАСУ) (Голубая книга Самарской области, 2007; Шабанова, Бауман, 2013).

Сотрудники кафедры зоологии Самарского государственного университета (СамГУ) с 1995 г. изучают ракообразных, коловраток и насекомых городских прудов, к настоящему времени обследовано 24 пруда. Однако микробиологические исследования до 2013 г. проводились только на шести водоёмах (Голубая книга Самарской области, 2007).

Целью данных исследований стал мониторинг аэробной и факультативно-анаэробной микробиоты ряда городских водоёмов г. Самара летом – осенью 2013 г. Для оценки антропогенного загрязнения определяли наличие микробиоты группы энтеробактерий, а возможность водоёмов к самоочищению определяли по наличию и количеству бактерий *Pseudomonas fluorescens*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Характеристика водных объектов исследований. Отбор проб производили из пяти прудов, находящихся на территории городского округа Самара, расположенных в различных районах города и условно обозначенных цифрами: 1 – пруд у торгового центра Пирамида, 2 – пруд в парке Металлургов, 3 – пруд возле Ипподрома, 4 – Верхнее Воронежское озеро, 5 – пруд в 13-м микрорайоне.

Пруд 1 – овражный, расположен в 170 м от ул. Ново-Садовой напротив торгового центра Пирамида (Октябрьский район). По улице осуществляется очень оживлённое движение автотранспорта. Жилые 9-этажные дома находятся в 30 – 45 м от пруда. Параметры пруда приведены в табл. 1. По берегам пруда – кольцо старых деревьев. Между улицей и прудом – сквер и детская площадка, деревьев и кустарников здесь нет. Раньше пруд на 25% акватории зарастал густой водовоздушной растительностью, берега были суглинистые, на дне мелководий было много мусора. В 2014 г. в ходе очистных работ растительность и крупный мусор были удалены, берег укреплён габионами. На пруду часто присутствуют дикие крыквы, в 2013 г. для них установлен деревянный домик. Территория вокруг пруда благоустроена (асфальтированные дорожки, урны). На берегах пруда часто присутствуют рыболовы (обитает ротан-головешка), родители с детьми, отдыхающие местные жители. Берега загрязняются пакетами, бутылками, пищевыми отходами. Пруд загрязняется стоком с окружающей территории и атмосферными выпадениями. Экосистема пруда изучалась сотрудниками ПГСГА, СГАСУ и СамГУ (Васин и др., 2012; Герасимов, Шабанова, 2014).

Таблица 1

Морфометрические характеристики изученных прудов *

№ водоёма	Происхождение	Длина макс., м	Ширина средн., м	Площадь, га	Глубина макс., м	Глубина средн., м
1	Овражный	130	60	0.63	2.5	1.0
2	Копанный	270	130	2.85	3.5	2.0
3	Копанный	35	30	0.07	1.7	0.85
4	Овражный	140	40	0.65	3.1	2.0
5	Копанный	40	20	0.01	1.2	1.0

Примечание. * – данные по прудам 1, 2, 4, 5 взяты из работы А. В. Синицкого (2004).

Пруд 2 расположен в центре обширного (более 10 га) старого парка в Кировском районе, до ближайшей улицы с большим количеством автомобилей около 300 м. Пруд копанный, откосы берега и дно бетонированы, по большей части периметра бордюрный парапет. Дно покрыто слоем разлагающихся опавших листьев, обильно развиваются нитчатые водоросли. Это один из самых крупных прудов г. Самары (см. табл. 1). В пруду установлен фонтан, который периодически действует в весенне-летний период, что способствует аэрации воды. В небольшом отгороженном заливе содержат лебедей, отсюда в пруд поступают биогенные элементы. Много диких уток. Вокруг пруда проходит асфальтированная аллея с несколькими кафе, организовано катание отдыхающих на весельных и моторных (с электродвигателями) лодках. На берегах постоянно присутствуют рыболовы. Прилегающая территория содержится в чистоте. Загрязнения поступают в основном из атмосферы, так как парапет препятствует береговому стоку, а мусор постоянно убирается. Экосистема пруда изучалась сотрудниками ПГСГА, ИЭВБ и СамГУ (Герасимов и др., 2011).

Пруд 3 расположен в Кировском районе возле бывшего ипподрома. До ближайших крупных автомагистралей (ул. Ново-Садовая и Московское шоссе) 600 – 700 м, но по проходящей вплотную к берегу дороге постоянно ездят машины из гаражей. Пруд копанный, создан в 1930-е гг. как пожарный водоём возле функционирующей в то время Выставки достижений сельского хозяйства области. Морфометрические характеристики пруда приведены в табл. 1. Вокруг пруда многоэтажный гараж (5 м от берега), группа металлических гаражей и огороды частных жилых домов (заборы в 3 – 5 м от берега). Пруд окружен кольцом крупных старых деревьев и их подростом. Пруд мало посещаем, но к 2013 г. на его берегах и мелководьях накопился почти сплошной слой бытового мусора, а по поверхности воды плавал «остров» из пластиковых бутылок и других отходов, занимающий примерно половину акватории. В начале лета 2014 г. этот мусор был убран (работы организовала районная администрация), но дно не очищалось. Загрязнение пруда происходит за счёт берегового стока, в том числе с огородов и гаражей, в пруду часто можно увидеть гусей (8 – 10 экз.) одного из местных домовладельцев и диких крякв. В 2013 г. в пруду совсем не было водных цветковых растений.

Пруд 4. Верхнее Воронежское озеро (Промышленный район) расположено в большом сквере, расстояние от крупных ул. Стара-Загора и пр. Кирова – 30 м и

450 м соответственно. Воронежские озёра – памятник природы регионального значения (территория вокруг них – экологический парк). Это один из наиболее изученных гидробиологами городских непроточных водоёмов, однако последнее комплексное обследование прошло в 2006 г., с тех пор состояние водоёма изменилось. Верхнее Воронежское озеро – достаточно крупный водоём (см. табл. 1). Прибрежное мелководье почти полностью занято водной растительностью, поверхность воды летом покрывается ряской. На окружающей озеро территории много отдыхающих жителей и, как следствие этого, бытовой мусор – бутылки, упаковки и пищевые отходы. Сюда несколько раз запускали рыбу разных видов и на берегах постоянно присутствуют рыболовы. Озеро активно посещают кряквы. Источники загрязнения те же, что и в вышеописанных прудах.

Пруд 5 расположен на обширном (более 1 га) пространстве между домами в глубине квартала в 13-м микрорайоне (Кировский район). Вокруг пруда жилые многоэтажные дома, техникум (на расстоянии 20 – 30 м), две школы и детский садик (на расстоянии 50 – 100 м). До автомагистралей с оживлённым движением транспорта (ул. Стара-Загора, пр. Кирова, Московское шоссе) 350 – 500 м. Пруд средних размеров (см. табл. 1), но периодически (2012, 2014 гг.) почти полностью пересыхает. В 1970-е гг. был намного полноводнее, в 2000-е гг. вода занимала только нижнюю часть котловины. По периметру – кольцо крупных старых деревьев, скамейки, урны. В мелководной западной части разрастается рогоз, поверхность воды летом покрывается сплошным толстым слоем ряски. На пруду постоянно кряквы (до 50 – 60 особей одновременно). Территория вокруг пруда и полоса мелководья вдоль берега ежегодно во время общегородского субботника очищаются от мусора местными жителями и учащимися техникума и школ, при этом уничтожается и часть зарослей рогоза. Поверхностный сток поступает только с северной стороны, так как остальные берега образованы насыпной дамбой.

Данные по гидрохимическим характеристикам имеются для прудов 4 и 5 (табл. 2).

Таблица 2

Гидрохимические характеристики прудов г. Самара

Показатели	Водоём	
	Воронежские озера	Пруд в 13-м микрорайоне
Перманганатная окисляемость, мгО/л	7.65	–
Бихроматная окисляемость, мгО/л	24.2	–
Сероводород и сульфиды в придонном слое, мг/л	0.11	–
Фосфор неорг., мг/л	0.05	–
Нитраты, мг/л	0.023	0.1
Нитриты, мг/л	0.11	0.25
Аммоний, мг/л	0	0
Нефтепродукты	0.06	0.03

Примечание. Сост. по: Синицкий, 2004; Герасимов и др., 2014.

АЭРОБНАЯ И ФАКУЛЬТАТИВНО АНАЭРОБНАЯ МИКРОБИОТА

Во всех исследованных водоёмах функционируют планктонные сообщества, включающие десятки видов ракообразных, коловраток, водных насекомых (прочие группы беспозвоночных пока не изучены). Наибольшее видовое богатство выявлено в Воронежских озёрах, наименьшее – в пруду 13-го микрорайона (Герасимов, 2009; Герасимов и др., 2009).

Отбор проб и методика исследований. Отбор проб осуществляли в стерильные флаконы. Посев и выращивание проводили стандартными для аэробных и факультативно анаэробных гетеротрофов, используя МПА в качестве питательной среды. Количество КОЕ/мл определяли после 6-суточного роста при 28°C. Определение энтеробактерий осуществляли, высевая пробы воды на среду Ресселя, уколом вглубь среды и штрихом по поверхности агара. Наличие и видовую принадлежность энтеробактерий устанавливали после 3-суточного роста при 28°C, руководствуясь изменениями окраски среды и выделением газов.

Учет псевдомонад проводили, используя метод Д. А. Викторова с соавторами (2011). Пробы воды высевали в жидкую среду накопления, а после 24-часового культивирования проводили пересев на плотную дифференциально-элективную среду. Посевы на плотной элективной среде инкубировали при 28°C в течение трёх суток, после чего вели подсчет КОЕ/мл.

Во всех случаях использовали среднее значение из трех повторностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Посевы проб воды в летний период показали, что количество аэробных и факультативно анаэробных бактерий в обследованных городских водоёмах превышало санитарные нормы в трех (пруды 2, 3, 5) из пяти (табл. 3) (Виноградова и др., 1991; Санитарные правила и нормы..., 2001;). При этом следует учесть, что пруд 2 находится на территории городского парка. В нем летом и осенью обитают лебеди и утки, которых кормят посетители, что приводит к усилению загрязнения озера органическими соединениями. Пруд 5 (на территории жилого микрорайона) очень неухоженный, по берегам валяется мусор, около пруда живет стая бродячих собак, рядом с прудом 3 находятся частные одноэтажные дома, жители которых выпускают в пруд гусей.

Осенью улучшение показателей по общему количеству бактериальной микробиоты наблюдали только для водоёма 4. Возможно оно обусловлено прекращением работы некоторых предприятий общественного питания летнего типа, формирующихся вокруг данного озера в летний период. В остальных водоёмах числен-

Таблица 3
Количество КОЕ/мл, бактерий растущих на поверхности МПА, высеянных летом – осенью 2013 г. из пяти водоёмов, находящихся на территории городского округа Самара

№ водоёма	Количество проб за период		КОЕ/мл	
	Лето	Осень	Лето	Осень
1	3	4	3393±243	6588±497
2	3	2	5570±413	5570±476
3	3	2	5383±330	5970±564
4	3	2	4370±343	5870±276
5	4	2	6460±418	4750±320

ность бактерий либо увеличивалась, либо оставалась на прежнем уровне (см. табл. 3). Стационарное состояние водоёма 2, возможно, связано с активизацией осенью бактерий вида *Pseudomonas fluorescens*, что способствовало естественной самоочистке водоёма (табл. 4). Возможность самоочищения водоёма обусловлена постоянно предпринимаемыми мерами его защиты от засорения бытовым мусором (водоём на территории парка).

Таблица 4

Количество КОЕ/мл бактерий вида *Pseudomonas fluorescens* и обнаруживаемые энтеробактерии в водоёмах городского округа Самара, высеянных летом – осенью 2013 г.

№ водоёма	КОЕ/мл <i>P. fluorescens</i>		Представители энтеробактерий	
	Лето	Осень	Лето	Осень
1	2542±136	3588±219	<i>Salmonella paratifi</i>	<i>Salmonella paratifi</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Alcaligenes faecalis</i>
2	4817±357	9730±869	<i>Alcaligenes faecalis</i>	<i>Alcaligenes faecalis</i>
3	4047±291	3095±207	<i>Salmonella paratifi</i>	<i>Salmonella paratifi</i>
4	6445±519	2950±277	<i>Salmonella paratifi</i> , <i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
5	4065±226	3285±294	<i>Shigella flexneri</i> , <i>Escherichia coli</i>	<i>Shigella flexneri</i> , <i>Escherichia coli</i>

Во всех водоёмах обнаруживались представители семейства энтеробактерий. Наиболее загрязненным оказался водоём 1, где в осенний период обнаруживались сальмонеллы, шигеллы и *Alcaligenes faecalis*. Сохранение такого количества энтеробактерий связано со сбросом в данный водоём отходов от деятельности летних кафе, наличием бродячих кошек и собак, а также выгуливанием собак, разжиганием костров жителями окрестных домов с целью организации пикников на берегу озера.

Наши наблюдения показывают, что все исследованные водоёмы загрязняются в основном поверхностным стоком, атмосферными выпадениями и бытовым мусором, кроме того, биогенные элементы вносятся водоплавающими птицами. На территориях вокруг всех прудов, кроме пруда 3, местными жителями производится выгул многочисленных собак, поэтому поверхностный сток содержит биогенные элементы. Все это служит причиной обнаружения значительного количества представителей группы энтеробактерий.

Результаты мониторингового исследования бактериальной микробиоты некоторых городских водоёмов показали ухудшение экологического состояния малых водоёмов, находящихся на территории г. Самара в 2013 г. по сравнению с исследованиями М. В. Уманской 1999 – 2003 гг., когда наибольшее количество обнаруживаемых бактерий составило 5690 КОЕ/мл (Уманская, 2007). В «Голубой книге Поволжья» указано, что «содержание лактозоположительных палочек в воде Воронежских озёр превышает требования ГОСТа 17.1.05.2-80 к зонам рекреации в несколько раз», но цифры не приводятся. Свидетельством неблагоприятного со-

стояния исследованных водоёмов является наличие в них даже в осенний период представителей энтеробактерий, что показывает постоянное фекальное загрязнение акваторий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные мониторинговые исследования пяти стоячих городских водоёмов г. Самара, находящихся на территории жилых микрорайонов и являющихся обычно зонами отдыха населения, показали их неудовлетворительное экологическое состояние. Общее содержание КОЕ/мл аэробных и факультативно анаэробных бактерий превышало санитарные нормы и не снижалось в осенний период. В воде и летом, и осенью обнаруживались представители группы энтеробактерий, что свидетельствует о фекальном загрязнении озёр и может быть небезопасным для жителей города. Количество псевдомонад, являющихся маркерами процессов самоочищения стоячих водоёмов, значительно повышается только в воде озера, находящегося на территории городского парка, где осуществляется регулярный контроль за состоянием водоёма. В остальных исследованных водоёмах самоочищение затруднено, а загрязнение происходит постоянно. В связи с этим необходим тщательный контроль, наблюдение и очистка стоячих городских водоёмов, тем более, что они служат любимыми местами для прогулок и отдыха жителей микрорайонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Васин А. Е., Герасимов Ю. Л., Дюжаева И. В., Сачкова Ю. В., Селезнева Е. С.* Беспоночные в экосистеме пруда на ул. Аминова (г. Самара) в 2010 г. // Вестн. Самар. гос. ун-та. Естеств.-науч. сер. 2012. № 3/2 (94). С. 45 – 52.
- Викторов Д. А., Артамонов А. М., Сидорова М. М., Богданов И. И.* Выделение бактерий-нефтедеструкторов рода *Pseudomonas* // Ветеринарная медицина XXI века : инновации, опыт, проблемы и пути их решения : материалы междунар. науч.-практ. конф. Ульяновск : Изд-во Ульян. гос. с.-х. академии, 2011. Т. 3. С. 72 – 75.
- Виноградова Л. А., Пархомчук Т. К.* Комплексные санитарно-микробиологические критерии оценки качества водных объектов в условиях нарастающей антропогенной нагрузки // Гигиена и санитария. 1991. № 2. С. 24 – 26.
- Герасимов Ю. Л.* Коловратки прудов урбанизированных территорий (г. Самара) // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2009. Т. 11, № 1. С. 171 – 176.
- Герасимов Ю. Л., Теньгаев Е. И.* Ракообразные прудов урбанизированных территорий (г. Самара) // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2009. Т.11, № 1 (4). С. 699 – 701.
- Герасимов Ю. Л., Шабанова А. В.* Рекультивация водоёмов в социально-экономическом развитии территории // Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем : материалы междунар. конф. Тольятти : Кассандра, 2014. С. 69 – 73.
- Герасимов Ю. Л., Дюжаева И. В., Тарасова Н. Г.* Первые сведения об элементах планктонного сообщества пруда в парке Металлургов г. Самары // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2011. Т. 13, № 1. С. 194 – 198.
- Головин В. Н., Соловьева В. В.* Старинные пруды в городе Самаре // «Зеленая книга» Поволжья : Охраняемые природные территории Самарской области. Самара : Кн. изд-во, 1995. С. 180 – 181.

Голубая книга Самарской области. Самара : Изд-во Самар. науч. центра РАН, 2007. 199 с.

Капустина Л. Л. Оценка качества воды малых городских водоемов с помощью санитарномикробиологических параметров // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем : сб. материалов междунар. конф. СПб. : Любавич, 2011. С. 156 – 161.

Матвеев В. И., Гейхман Т. В., Соловьева В. В. Самарские пруды как объект ботанических экскурсий. Самара: Изд-во Самар. гос. пед. ин-та, 1995. 44 с.

Санитарные правила и нормы (СанПиН) 2.1.5.980-00 / Минздрав России. М., 2001. 12 с.

Синицкий А. В. Особенности структурной организации зоопланктоценозов малых водоемов урбанизированных территорий : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Самара, 2004. 167 с.

Уманская М. В. Особенности развития бактериопланктона малых озер Самарской Луки // Озерные экосистемы : биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды : материалы III междунар. науч. конф. Минск : Изд. центр Белорусского гос. ун-та, 2007. С. 262 – 263.

Шабанова А. В., Бауман М. А. Оценка состояния водоемов во внутриквартальной застройке по комплексу гидрохимических и гидробиологических показателей на примере Самары // Экологические проблемы промышленных городов : материалы 6-й Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. Саратов : Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та, 2013. С. 304 – 306.