



Влияние экологических условий на состав зоопланктона в среднем течении реки Лихоборки

Алексей Викторович Евграфов, Никита Сергеевич Косов, Александра Владимировна Цветкова

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Евграфов Алексей Викторович, a.evgrafov@rgau-msha.ru

Аннотация. Актуальность обусловлена скудностью официальных данных о состоянии экосистем поверхностных вод России по гидробиологическим показателям и перспективностью развития гидробиологических исследований в составе инженерно-экологических изысканий. Цель работы – продолжение исследований экологических условий бассейна Лихоборки с выявлением пространственных и временных закономерностей в состоянии зоопланктона. Задачами работы стали: оценка изученности водной экосистемы Лихоборки; выполнение комплексного экологического обследования с отбором проб планктона и проведением гидробиологических анализов; изучение связи значения показателей качества воды по длине реки с источниками загрязнения. В статье приведены результаты экологического обследования водосбора р. Лихоборка: перечень источников загрязнения, методика рекогносцировки, детального обследования и гидробиологического анализа проб, отобранных в среднем течении в июне 2022 года. Работа является очередным этапом учебного экологического мониторинга водоохранных зон рек Москвы. На всем протяжении обследованного участка, от Головинских прудов до Дмитровского шоссе, степень загрязненности воды по индексу Пантале и Букка – умеренно загрязненная. В Головинских прудах массово размножаются дафнии. По длине участка преобладают коловратки. Общее солесодержание повышается с 185 до 821 мг/л. Наибольший вклад в загрязнение вносят загрязненные воды Лихоборки и Норишки, сосредоточенно поступающие через коллекторы. В коллекторе Лихоборки живые гидробионты практически не встречаются.

Ключевые слова: река Лихоборка, Головинские пруды, малые реки Москвы, инженерно-экологические изыскания, гидробиологические исследования, индекс Пантале-Букка, зоопланктон

Для цитирования: Евграфов А.В., Косов Н.С., Цветкова А.В. Влияние экологических условий на состав зоопланктона в среднем течении реки Лихоборка // Тимирязевский биологический журнал. 2023. № 1. С. 73–79. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2023-1-73-79>

© Евграфов А.В., Косов Н.С., Цветкова А.В.

ECOLOGY, SOIL SCIENCE, LAND MANAGEMENT, LAND CADASTRE AND LAND MONITORING

Original article
doi: 10.26897/2949-4710-2023-1-73-79

Effect of Environmental Conditions on the Composition of Zooplankton in the Middle Stream of the Likhoborka River

Aleksey V. Evgrafov, Nikita S. Kosov, Aleksandra V. Tsvetkova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Corresponding author: Aleksey V. Evgrafov, a.evgrafov@rgau-msha.ru

Abstract. The relevance is due to the paucity of official data on the state of surface water ecosystems in Russia in terms of hydrobiological indicators and the prospects for the development of hydrobiological research as part of engineering and environmental surveys. The aim of the work is to continue the research of the ecological conditions of the Likhoborka basin with the identification of spatial and temporal patterns in the state of zooplankton. The objectives of the work were: to assess the study of the Likhoborka aquatic ecosystem; to perform a comprehensive environmental survey with plankton sampling and hydrobiological analyses; to link the values of water quality indicators along the length of the river to sources of pollution. The article presents the results of an ecological survey of the Likhoborka river watershed: a list of pollution sources, methods of reconnaissance, detailed examination and hydrobiological analysis of samples taken in the middle stream in June 2022. The work is the next stage of the educational environmental monitoring of the water protection zones of the rivers of Moscow. Throughout the surveyed area from the Golovinsky Ponds to Dmitrovskoe Highway, the degree of water pollution according to the Pantle and Buck index is moderate. Daphnia are abundant in Golovinsky ponds. Along the length of the area, rotifers predominate. The total salinity increases from 185 to 821 mg/l. The greatest contribution to pollution is made by polluted waters of the Likhoborka and the Norishka, which are concentrated through the reservoirs. There are practically no living hydrobionts in the Likhoborka reservoir.

Keywords: the Likhoborka River, the Golovinsky ponds, small rivers of Moscow, engineering and environmental surveys, hydrobiological studies, Pantle-Buck index, zooplankton

For citation: Evgrafov A.V., Kosov N.S., Tsvetkova A.V. Effect of Environmental Conditions on the Composition of Zooplankton in the Middle Stream of the Likhoborka River // Timiryazev Biological Journal. 2023;1:73–79. (In Rus.). <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2023-1-73-79>

Введение

Городские реки – это уникальные объекты городской среды, выполняющие культурно-рекреационную (радуят глаз, являются местами отдыха) и производственно-техническую (принимают сточные, талые и дренажные воды, кое-где являются источниками водоснабжения – по крайней мере резервного) функции и т.д. Ввиду огромного количества источников загрязнения водные экосистемы почти всегда находятся в угнетенном состоянии.

Следует понимать, что экологическое состояние участка реки, которое может быть оценено, в том числе, по присутствию микроорганизмов, зависит не только от расположенных на нем спусков сточных вод, но и от состояния водосборной площади в целом. Склоновый сток, собирающий загрязнения с асфальтированных территорий, газонов и крыш, а также грунтовый сток, извлекающий загрязнения из почвогрунтов, и все сосредоточенные спуски сточных вод, расположенные выше исследуемого участка, в совокупности формируют определенный уровень загрязнения.

Практически все гидробионты (особенно стенобионты) могут что-то «рассказать» о качестве воды или о каком-то процессе, протекающем в водной экосистеме (например, эвтрофикации). Однако развитию биоиндикации, применению ее результатов мешает, по нашему мнению, весьма незначительная густота сети государственного мониторинга по гидробиологическим показателям. Так, в ежегодниках состояния экосистем поверхностных вод России по гидробиологическим показателям в пределах Москвы и Московской области представлен только один пост – на Ивановском водохранилище. Разумеется, исследования гидробионтов проводят и НИИ, и вузы, но эти исследования носят локальный характер и не пополняют государственный фонд данных экомониторинга. Ввиду особенностей парковых водоемов г. Москвы есть потребность не только в сборе фактического материала, но и в совершенствовании методологии оценки состояния прудов в городских агломерациях [1].

Как отмечено, качество природных вод зависит от условий землепользования, формирующих диффузные (площадные) и сосредоточенные источники загрязнения. Актуальными задачами представляются обследование и инвентаризация потенциально-опасных объектов в пределах водоохранных зон (ВОЗ) и прилегающих территорий, изучение состояния водных экосистем и антропогенного влияния на них, оценка вклада конкретных хозяйствующих субъектов в суммарное загрязнение.

Научное значение гидробиологических изысканий заключается в повышении степени изученности сообществ водных организмов, пополнении информационных фондов, а практическая ценность – во встраивании гидробиологических исследований в систему инженерных изысканий, формулировании научно обоснованных рекомендаций по обустройству городских территорий.

Цель исследований – продолжение исследований экологических условий бассейна Лихоборки с выявлением пространственных и временных закономерностей в состоянии зоопланктона.

Задачи исследований:

- 1) оценить изученность водной экосистемы реки Лихоборки;
- 2) выполнить комплексное экологическое обследование с обязательным отбором проб и проведением гидробиологических анализов;
- 3) связать значения показателей качества воды по длине реки с источниками загрязнения.

Методика исследований

Гидробиологические исследования, как и другие виды изысканий, начинаются с анализа литературных и фондовых данных, а также результатов изысканий прошлых лет. В ходе рекогносцировочного обследования уточняют состояние местности (расположение источников загрязнения, мест сброса, зон загрязнения) с оформлением карты-схемы. Кафедрой общей и инженерной экологии (ныне кафедры экологии) была разработана собственная методика проведения рекогносцировочного обследования водоохранных зон (ВОЗ), которую можно использовать для проведения общественного экологического контроля [2] и образовательного мониторинга. Методика основана на категорировании источников загрязнения по степени их потенциальной опасности и обозначении на карте-схеме точками разных цветов. Опасные объекты – красные точки – это места сброса сточных вод с ярко выраженными органолептическими свойствами и загазованные места, идентифицировать которые можно без приборов контроля. Потенциально опасные объекты – желтые точки: автомойки, автозаправки, стройплощадки. Неизвестные объекты – белые точки: сбросы без цвета и запаха (это могут быть просто дренажные воды), огороженные территории, промышленные здания без табличек и информации о них на электронных картах Yandex и Google. В методику входит словесное описание точек по определенной схеме, а также в дополнение к картированию – GPS-привязка и фотодокументирование по единообразной схеме с определенных ракурсов (рис. 1).



Рис. 1. Пример фотодокументирования и описания потенциально опасного объекта (вблизи станции 7): Автомойка. Адрес: г. Москва, САО, Бескудниковский район, Дмитровское шоссе, 62, с. 4; GPS координаты: широта – 55.853514; долгота – 37.565310.

Обозначение на карте-схеме: общий вид предприятия; фрагмент территории с воздействием на ОС – разливы сточных моечных вод (возможность химического загрязнения поверхностного стока и грунтовых вод моющими средствами в результате стекания по уклону асфальтированной площади к реке и просачивания в грунт); потенциально опасный объект на границе ВОЗ

По прошествии времени состояние ВОЗ меняется. Например там, где несколько лет назад была потенциально опасная стройка [3], ныне – завершённый обустроенный объект. Еще одна задача второго этапа – выбор точек отбора проб. В соответствии с рекомендациями [4] и целью исследований, а также предварительно определенной по данным литературы конфигурацией гидросистемы станции отбора выбирались как на экологически благополучных (Головинский пруд), так и на экологически напряженных участках – таких, как места слияния водотоков, один из которых сильно загрязнен, за автодорожными мостами для косвенной оценки привносимых загрязнений. Ввиду тяги планктонных организмов к тихим заводям на водотоках по возможности выбирались соответствующие точки отбора.

На третьем этапе осуществляется отбор планктона сетью Апштейна (рис. 2). Объем воды – 50 л. Транспортировка – в чистых бутылках объемом 0,5 л без консервирования, поскольку есть возможность произвести разбор пробы буквально через 1...2 ч.

Одновременно с забором воды определяются общее солесодержание (прибором TDS-3), pH, температура воды и воздуха, уровень шума.

В лаборатории пробы дополнительно концентрируются через сетчатый материал – мельничный газ. Концентрат помещается в чашку Петри. Микроскопирование проводится с помощью бинокулярного микроскопа МБС-9. Гидробионты свободно плавают в чашке Петри. Для идентификации используются определители [5] и настольная книга гидробиологов – Руководство Абакумова [4].

Оценка класса и разряда воды производится по Индексу Пантале и Букка в модификации Сладечека, который вычисляется как

$$\frac{\sum s_i h_i}{\sum}$$

где s_i – сапробность i -го вида, баллы; h_i – обилие i -го вида (частота встречаемости по глазомерной шкале).



Рис. 2. Отбор проб воды на гидробиологический анализ

Результаты и их обсуждение

Лихоборка – река в Северном и Северо-Восточном административных округах Москвы, правый приток Яузы. Длина реки составляет 16 км, водосборная площадь – 70,6 км².

Лихоборка является уникальной рекой (рис. 3). Многие местные жители полагают, что она берет начало из Головинских прудов. На самом деле ее исток – в лесах рядом с бывшим поселком Ново-Архангельское. В районе Коровино она принимает свой правый приток – Бусинку, течет в подземном коллекторе. Выходит на поверхность в районе Лихоборской набережной, пересекает Октябрьское и Савеловское направления Московской железной дороги. Далее по коллектору река следует под депо Серпуховско-Тимирязевской линии метро, течет по северо-восточной окраине Главного ботанического сада РАН и впадает в Яузу напротив станции метро «Ботанический сад».

Лихоборка используется для обводнения рек Яузы и Москвы волжской водой, сбрасываемой из Химкинского водохранилища через Головинские пруды, Головинский канал и реку Норишку.

Обследуя Лихоборскую обводнительную систему на участке от Головинских прудов до Яузы, можно видеть ужасающую грязь (насыщенного желтого цвета, словно густая краска), поступающую из упомянутого выше коллектора (точка 4 на рисунке 4). По данным из Интернета, она также бывает сине-фиолетовой.

Рассмотрим, какие источники загрязнения скрываются за водовыпуском.

До этого места – Бусиновская свалка в верховьях Бусиновки, гаражи, промзоны и ДСК на водосборе руч. Коровий Враг, ТЭЦ-21 в районе МКАД и первого коллектора, Трубозаготовительный завод и Брестский мясокомбинат в районе второго коллектора в начале Ижорской улицы. Ниже по течению – Стационарные снегосплавные пункты «Лихоборский» в р-не м. Верхние Лихоборы, «Сигнальный» в районе Сигнального проезда, рядом – стройки, очистные сооружения и мусороперерабатывающий завод.

В Головинских прудах (точка 1), несмотря на илистое дно, вода относительно чистая, массово обнаруживаются дафнии (*Daphnia longispina*, бета-мезосапробный вид, $s_i = 2$, *Daphnia pulex* бета-мезосапробный вид, $s_i = 2,8$). Их доминирование является настолько сильным в теплые июньские дни (6.06.2022), что единичные представители прочих видов буквально теряются в их массе. Индекс Пантле-Букка не рекомендуется вычислять, если видов гидробионтов в пробе менее 10 и сумма частот встречаемости (обилия) h_i составляет менее 30.

Точки 2 и 3 находятся под воздействием вод, привнесенных в Лихоборскую гидросистему Норишкой, разбавленных волжской водой. Формируется сообщество планктонных организмов с преобладанием коловраток. Очень часто встречаются *Keratella cochlearis* и *Keratella quadrata*, олигосапробные и бета-мезосапробные виды с $s_i = 2$.

В пробе, взятой непосредственно из коллектора Лихоборки (точка 4), представители планктона не обнаружены вовсе (за исключением одинокого циклопа) – согласно условиям применимости Индекса Пантле-Букка этот индекс не вычислялся (табл.).

После смешения с водами «истинной» Лихоборки, принесенными коллектором на Лихоборской набережной, картина резко меняется: дафнии практически пропадают, не особенно массово, но стабильно присутствуют циклопы (*Cyclops strenuus*, альфа-мезо- и бета-мезосапробный вид с $s_i = 2,25$). Становится заметно больше детрита (точка 5).

На точке 6 в конце экологического парка Лихоборка, несмотря на его запущенность, восстанавливается сообщество планктонных организмов с преобладанием коловраток (массовое представительство аспланха *Asplanchna priodonta* и упомянутых выше *Keratella cochlearis* и *Keratella quadrata*, но только по одной особи); нередко встречались циклопы (3 шт.) и редко – дафния (2 шт., *Daphnia Magna*). Расчетные значения индекса Пантле-Букка и показатель солесодержания, хотя и незначительно, но уменьшаются.

Можно сделать вывод о том, что характер водосборной территории влияет на видовой состав и представительство гидробионтов, отсутствие сосредоточенных сбросов способствует самоочищению водной экосистемы, но эффект от ООПТ снижают многочисленные диффузные источники (строительные базы, дороги различного назначения), окружающие экопарк, а также замусоренная территория непосредственного самого парка.



Рис. 3. Водосбор Лихоборки

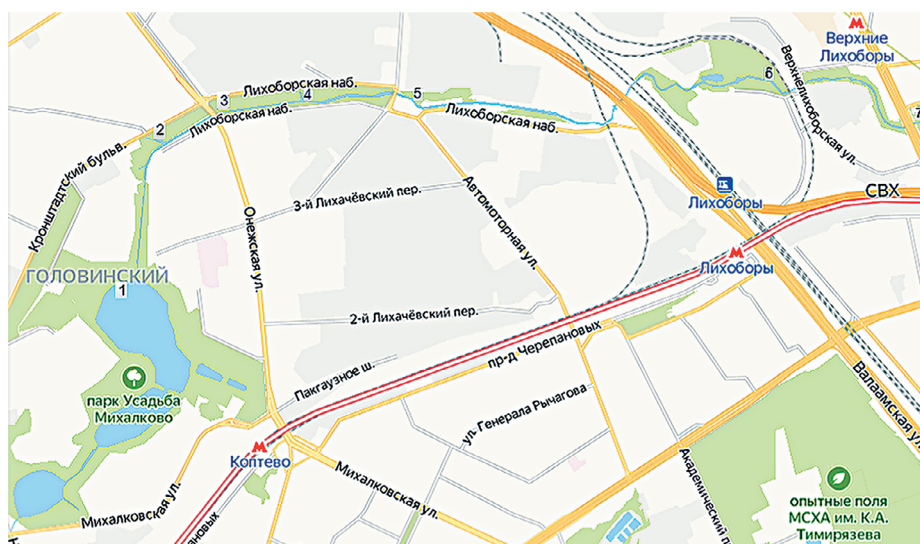


Рис. 4. Места отбора проб (1...7)

Таблица

Частота встречаемости зоопланктонных организмов, оценка степени загрязненности по индексу Пантале-Букка и значения некоторых дополнительных показателей по длине реки (июнь 2022 г.)

№	Водный объект или адрес ближайшего строения	Коловратки, %	Ци-клопы, %	Даф-нии, %	Индекс Панта-ле-Букка	Степень загрязненности воды	Показания TDS-метра, мг/л	pH	Темпе-ратура воздуха	Темпе-ратура воды	Глубина в месте отбора	Уровень шума, Дб
1	Головинский пруд			100			185	8,7	20	18	90	48
2	Выпуск из коллектора. Лихоборская наб., д. 34, к 1	60	30	10	1,88	умеренно загрязненная	263	7,9	19	17	15	51
3	Пересечение Лихоборской наб. и Онежской ул.	80	10	10	1,78	умеренно загрязненная	228	8,1	18	17	40	51 (65 – на мосту)
4	Выпуск из коллектора. Лихоборская наб., д. 5, с. 3		1 шт.				416	7,8	22	20	40	54
5	В 50 м ниже 4-го Лихачевского переулка	60	38	2	1,85	умеренно загрязненная	346	8,0	20	20	100	49
6	Парк Лихоборка	95	3	2	1,7	умеренно загрязненная	331	7,7	22	21	110	52
7	Под Дмитровским мостом. Дмитровское ш. 60, с. 8	93	2	3	1,67	умеренно загрязненная	821	7,7	22	21	120	56 (на мосту более 70)

На последней точке 7 за мостом, по которому Дмитровское шоссе пересекает Лихоборку, доминировали коловратки самых разных видов (замечены в числе прочих коловратки аспланха – *Asplanchna priodonta* – олиго- и бета-мезосапробный вид с $s_i = 2,25$), встречались личинки земноводного комара и других насекомых, а также их панцири. Обилие насекомых на этом участке отмечалось и в отчетах прошлых лет (2015, 2017).

Солесодержание на участке от точки 6 в экопарке до точки 7 ниже Дмитровского шоссе увеличивается в 2,5 раза (!). Можно с уверенностью сказать, что интенсивное жилищное строительство, строительные базы (в том числе метростроевские), дороги различного назначения, особенно проезды без перехвата загрязненного склонового стока, оказывают существенное антропогенное воздействие на Лихоборку.

Оценивая пространственную неоднородность представительства видов и родов, можно убедиться в том, что частота встречаемости варьирует в широких пределах. Особенно показателен пример дафний: в Головинском пруду наблюдалось их массовое развитие, в районе коллектора Лихоборки не было вообще, да и на конечном участке вблизи Дмитровского шоссе обнаруживались лишь отдельные особи (в среднем 18% особей, обнаруженных в пробе, были дафниями; коэффициент вариации частоты встречаемости по точкам – максимальный, $C_v = 2,0$).

Самая стабильная и массовая на протяжении изученного участка – группа коловраток. Их представительство варьировало от 60 до 95% (в среднем 40% особей, $C_v = 0,73$).

Частота встречаемости циклопов варьировала в наибольшей степени: от штучных экземпляров (представляет интерес то, что лишь они выживали в коллекторных водах) до 38%. В среднем к группе циклопов относилось 12% особей, $C_v = 1,3$.

Несмотря на значительный разброс по точкам представительства зоопланктонных организмов отдельных видов и родов, расчетное значение Индекса Пантиле-Букка колеблется по длине изученного участка не столь сильно (среднее – 1,78; диапазон – 1,67...1,88; $C_v = 0,05$). Основу сообщества составляют все-таки представители олиго-, бета-мезосапробный и альфа-мезосапробных зон, и перевес тех или иных приводит к вариациям значения индекса в пределах одного класса качества (III) и степени загрязнения.

Пространственная неоднородность экологических условий, в которых формируется сообщество, по крайней мере в отношении солесодержания, которое можно в первом приближении связать с уровнем химического загрязнения, достаточно велика (среднее – 370 мг/л; диапазон – 185...821 мг/л; $C_v = 0,58$). Коллекторные воды Норишки и Лихоборки, сосредоточенные и рассредоточенные стоки с застраиваемого и частично замусоренного водосбора на участке от Лихоборской набережной до Дмитровского шоссе существенно повышают минерализацию.

При сравнении результатов гидробиологических анализов 2022 г. с данными, полученными за предыдущие годы, значительные изменения в составе зоопланктона не выявлены. Антропогенно нарушенные участки, связанные со строительством станции метро Верхние Лихоборы, обустроены, но зато появились новые многочисленные стройплощадки (возведение многоэтажных жилых домов на границе ВОЗ), локальное замусоривание берегов и акватории на ряде точек маршрута. Можно предположить, что уровень антропогенной нагрузки на экосистему Лихоборки будет повышаться.

В перспективе планируется отдельно изучить самый проблемный участок на Бусинке и Коровьем Враге. Сосредоточенное поступление в гидросистему загрязненных вод Норишки, и особенно Лихоборки, существенно сказывается на представительстве особей различных видов в сообществе планктона. При этом следует учитывать и естественные факторы (прогрев, застой воды или наоборот: течение, в силу которого данное сообщество формируется в движении и дает осредненную оценку по некоему участку водотока).

Выводы

1. В свободном доступе имеется не так много экологически значимой информации по гидробионтам. Однако силами студентов и преподавателей МГУП (ныне – ИМВХС) за более чем 20-летний период накоплен обширный фактический материал об экосистеме Лихоборки.

2. Воды обследованной территории согласно методике Пантиле и Букка по содержанию зоопланктона – умеренно загрязненные. Общее солесодержание воды повышается с 185 мг/л на Головинских прудах до 821 мг/л в районе Дмитровского шоссе. В среднем по маршруту, состоявшему из 7 станций, 18% особей в пробах приходилось на дафнии ($C_v = 2,0$), причем в Головинском пруду отмечено их массовое развитие, а в районе коллектора Лихоборки – отсутствие, и лишь единичные экземпляры встретились в пробе за Дмитровским шоссе. Самым стабильным и массовым оказалось представительство коловраток – от 60 до 95% (в среднем 40% особей, $C_v = 0,73$). Частота встречаемости циклопов варьировала от штучных экземпляров (лишь они выживали в коллекторных водах) до 38% (в среднем 12% особей, $C_v = 1,3$).

3. По сравнению с данными гидробиологических исследований, выполненных в предыдущие годы, значительные изменения в составе зоопланктона в 2022 г. не выявлены.

Список источников

1. Бубунец Э.В., Жигин А.В., Бубунец С.О. О методах оценки (бонитировки) состояния прудов парковых зон в городских аггломерациях // Рыбное хозяйство. – 2019. – № 1. – С. 9–15.
2. Евграфов А.В. Общественный экологический контроль: правовое регулирование и практика // Природообустройство. – 2015. – № 4. – С. 27–30.

References

1. Bubunets E.V., Zhigin A.V., Bubunets S.O. O metodakh ot-senki (bonitirovki) sostoyaniya prudov par-kovykh zon v gorodskikh aglomeratsiyakh [On methods for assessing (grading) the condition of park ponds in urban agglomerations]. Rybnoe khozyaystvo. 2019; 1: 915. (In Rus.).
2. Evgrafov A.V. Obshchestvenniy ekologicheskiy kontrol': pravovoe re-gulirovanie i praktika [Public environmental control: Legal regulation and practice]. Prirodoobustroystvo. 2015; 4: 27–30. (In Rus.).

3. Лагутина Н.В., Неупокоев Л.П., Новиков А.В., Сумарукова О.В. Мониторинг водосборов р. Яуза и р. Лихоборка в связи с началом строительных работ по СВХ на участке от м. Ботанический сад до м. Владыкино // Доклады ТСХА. – 2020. – С. 149.

4. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений: утв. Государственным комитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды 12 сентября 1982 г. / Ред. В.А. Абакумов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983.

5. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. – 4-е изд., испр. и доп. – М.: КМК, 2011.

3. Lagutina N.V., Neupokoev L.P., Novikov A.V., Sumarukova O.V. Monitoring vodosborov r. Yauza i r. Lihoborka v svyazi s nachalom stroitel'nykh rabot po SVKh na uchastke ot m. Botanicheskiy sad do m. Vladykino [Monitoring of the Yauza and the Likhoborka watersheds when starting construction of the TSW between the metro stations Botanicheskiy Sad to Vladykino]. Doklady Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2020: 149. (In Rus.).

4. Abakumov V.A. Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozheniy: utverzhdeno Gosudarstvennym komitetom SSSR po gidrometeorologii i kontrolyu prirodnoy sredy 12 sentyabrya 1982 g. [Manual on methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments: approved by the USSR State Committee for Hydrometeorology and Environmental Control on September, 12, 1982.]. L.: Gidrometeoizdat, 1983. (In Rus.).

5. Chertoprud M.V., Chertoprud E.S. Kratkiy opredelitel' bespozvonochnykh presnykh vod tsentra Evropeyskoy. MGU im. M.V. Lomonosova, 4-e izd., ispr. i dop. [A brief identification of freshwater invertebrates of Central European Russia, Lomonosov Moscow State University, 4th edition, revised and supplemented]. M.: KMK, 2011. (In Rus.).

Сведения об авторах

Алексей Викторович Евграфов, доцент кафедры экологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева; канд. техн. наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: a.evgrafov@rgau-msha.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6306-2266>.

Никита Сергеевич Косов, магистрант кафедры экологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: nikitacosov@yandex.ru

Александра Владимировна Цветкова, магистрант кафедры экологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: sasha.tzvetkova2015@yandex.ru.

About the authors

Aleksey V. Evgrafov, CSc (Eng), Associate Professor of the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); E-mail: a.evgrafov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6306-2266>

Nikita S. Kosov, master's student of the Ecology Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); E-mail: nikitacosov@yandex.ru

Aleksandra V. Tsvetkova, master's student of the Ecology Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); E-mail: sasha.tzvetkova2015@yandex.ru