

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЯ /
BIOLOGICAL RESOURCES, ECOLOGY****ЭКОЛОГИЯ**

Оригинальная научная статья

УДК 502/504: 574.63: 574.5

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-16-29>**Оценка состояния водных экосистем в зоне влияния
четырех закрытых полигонов ТКО****Алексей Викторович Евграфов, Никита Сергеевич Косов,
Наталья Владимировна Лагутина**

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

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

Актуальность темы статьи обусловлена фрагментарностью не только официальных, но и научных представлений о вкладе полигонов ТКО в загрязнение ОС, разрозненностью гидробиологических исследований как таковых и потребностью в достоверных данных о строении и механизмах формирования водных экосистем. Цель работы – обнаружить единство и различия в состоянии водных экосистем, сформированных в зоне влияния сходных по стадии жизненного цикла полигонов ТКО (уже закрытых и реконструированных). Задачами работы стали выбор четырех представительных закрытых полигонов ТКО, сбор официальных данных об их техническом состоянии, выполнение комплексного экологического обследования с обязательным отбором проб и проведением гидробиологических и гидрохимических анализов, анализ результатов с точки зрения оценки соответствия нормативам, поиск зависимости загрязненности от стадии жизненного цикла полигона и формулирование предположений об условиях формирования экосистем под влиянием комплекса антропогенных воздействий (в том числе не связанных с полигонами). В статье приведены результаты экологического обследования притоков реки Лихоборки (вблизи полигона ТКО «Долгопрудненский»), притока р. Радомля (в деревне Радумля вблизи бывшего незаконного полигона), р. Нара (вблизи полигона ТКО «Слизнёво»), р. Черничка (вблизи полигона ТКО «Царёво»). Даны описания прочих хозяйственных объектов на их водосборных территориях и предположения о возможном вкладе этих дополнительных источников в загрязнение водных экосистем. Представлена методика рекогносцировки, проб на гидрохимический и гидробиологический анализы и их результаты. Расчетом индекса Пантале и Букка определено умеренное загрязнение как до полигонов, так и после них. Отслежены изменения видового состава и частоты встречаемости на втором створе относительно первого. Расчетом ИЗВ установлено в целом умеренное фоновое загрязнение (более сильное в районе Долгопрудного по причине как минимум четырех сосредоточенных сбросов, не связанных с полигоном, и менее сильное – в экологически благополучном ввиду близости к истоку и незагруженности фона Царёво). Отслежены характерные увеличения концентраций загрязнителей (в первую очередь – проблемного для всех участков аммония). Сформулирован вывод об относительно небольшом вкладе закрытых полигонов в загрязнение рек.

Ключевые слова

полигоны твердых коммунальных отходов, река Лихоборка, река Бусинка, ручей Коровий Враг, Полигон ТКО «Долгопрудный», река Радомля, Незаконный Полигон ТКО «Радумля», река Нара, Полигон ТКО «Слизнёво», река Черничка, Полигон ТКО «Царёво», инженерно-экологические изыскания, гидробиологические исследования, индекс Пантале-Букка, зоопланктон, зообентос

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководителю пресс-службы Министерства экологии и природопользования Московской области Ирине Александровне Лаврухиной и заместителю директора Мособлэкомониторинга Ксении Маратовне Доос за информацию о параметрах полигонов, организацию выездов на пробоотбор и гидрохимический анализ.

Для цитирования

Евграфов А.В., Косов Н.С., Лагутина Н.В. Оценка состояния водных экосистем в зоне влияния четырех закрытых полигонов ТКО // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 2. С. 16-29. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-16-29>

**Assessment of aquatic ecosystems in the zone of influence of four closed MSW landfills****Alexey V. Evgrafov, Nikita S. Kosov, Nataliya V. Lagutina**

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

Corresponding author: Alexey V. Evgrafov; a.evgrafov@rgau-msha.ru**Abstract**

The relevance of the article is conditioned by the fragmentation of not only official, but also scientific ideas about the contribution of municipal solid waste (MSW) landfills to environmental pollution, the fragmentation of hydrobiological research as such, and the need for reliable data on the structure and mechanisms of formation of aquatic ecosystems. The aim of the work is to discover the unity and differences in the state of aquatic ecosystems formed in the zone of influence of MSW landfills similar in life cycle stage (already closed and reconstructed). The objectives of the work were to select four representative closed MSW landfills, to collect official data on their technical condition, to conduct a comprehensive environmental survey with obligatory sampling and hydrobiological and hydrochemical analyses, to analyze the results in terms of assessing compliance with standards, to search for the dependence of pollution on the life cycle stage of the MSW landfill and to formulate assumptions about the conditions of ecosystem formation under the effect of a complex of anthropogenic impacts (including those not related to the MSW landfills). The article presents the results of an environmental study of the tributaries of the Likhoborka river (near the Dolgoprudnensky MSW landfill), a tributary of the Radomlya river (in the village Radumlya near the former illegal MSW landfill), the Nara River (near the Sliznevo MSW landfill), and the Chernichka River (near the Tsarevo MSW landfill). Descriptions of other economic objects in their catchment areas and assumptions about the possible contribution of these additional sources to the pollution of aquatic ecosystems are given. The methodology of investigation, sampling for hydrochemical and hydrobiological analyses and their results are presented. Moderate pollution both before and after the MSW landfills was determined by calculating the Pantle-Buck index. Changes in species composition and abundance at the second site relative to the first site were monitored. The WPI calculation revealed generally moderate background pollution (higher in the Dolgoprudny area due to at least four concentrated discharges not associated with the MSW landfill, and lower in the ecologically safe area due to proximity to the source and the unloaded background of Tsarevo). Characteristic increases in pollutant concentrations (mainly ammonium, which is problematic for all areas) were observed. The conclusion about the relatively small contribution of the closed MSW landfills to river pollution was formulated.

Keywords

landfills of municipal solid waste, the Likhoborka river, the Businka river, the Koroviy Vrag stream, the Dolgoprudnensky MSW landfill, the Radomlya river, the Radumlya illegal MSW landfill, the Nara river, the Sliznevo MSW landfill, the Chernichka river, the Tsarevo MSW landfill, engineering and environmental surveys, hydrobiological studies, Pantle-Buck index, zooplankton, zoobenthos

Acknowledgments

The authors thank Irina A. Lavrukhina, Head of the Press Service of the Ministry of Ecology and Nature Management of the Moscow Region, and Ksenia M. Doos, Deputy Director of Mosoblekomonitoring, for information on MSW landfill parameters and for organizing sampling and hydrochemical analysis visits.

For citation

Evgrafov A.V., Kosov N.S., Lagutina N.V. Assessment of aquatic ecosystems in the zone of influence of four closed MSW landfills. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(2):16-29. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-16-29>

Введение Introduction

Полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) являются, пожалуй, одними из самых проблемных для местного населения хозяйственных объектов. Их вредное воздействие, выражающееся в изъятии полезных площадей и замусоривании как собственной, так и окружающей территории, распространении неприятных запахов,

загрязнении почв, грунтов, подземных вод, часто служит поводом для жалоб и роста социального напряжения.

В ходе «мусорной реформы» Министерство экологии и природопользования Московской области проделало огромную работу: большинство проблемных объектов за последние годы было либо закрыто, либо преобразовано в предприятия по сортировке и переработке отходов. Залогом спокойствия и устранения социально-психологической

напряженности могут стать открытость и достоверность информации о составе работ, реальном качестве окружающей среды и негативных воздействиях на нее.

Негативное воздействие полигона количественно обычно представляют составом фильтрата, а состояние окружающей среды (ОС), подверженной влиянию полигона, – концентрациями загрязнителей в почвах, грунтовых водах, воздухе. По нашему мнению, влияние полигонов на поверхностные воды изучено недостаточно. Чаще всего в качестве доказательства безопасности захоронения отходов общественности предоставляются протоколы химического анализа стоков, и, как правило, из поля зрения выпадает ключевой компонент – биота.

Общегосударственная сеть станций контроля водных объектов по гидробиологическим показателям является чрезвычайно редкой. В то же время ради изучения местных экологических проблем многие вузы и НИИ проводят соответствующие исследования. Некоторые специалисты в качестве тест-объектов выбирают только дафний и водоросли [1] либо более широкий круг индикаторных организмов, включающий в себя зоопланктон, зообентос, нектон [2]. Другие ограничиваются только исследованиями химического состава воды и донных отложений [3] или, развивая междисциплинарный подход [4], изучают почвы, покрывающие полигон и окрестности, атмосферный воздух и фильтрат. По нашему мнению, претензия на междисциплинарный характер не состоятельна без гидробиологических исследований.

Научное значение. Серьезных исследований водных экосистем, расположенных в районах расположения полигонов, достаточно много. Но, как правило, их авторы представляют результаты замеров по какому-нибудь одному полигону, не стремясь к формулированию каких-либо обобщений и зависимостей.

Концепция научно-исследовательского проекта состояла в комплексном обследовании водных экосистем по гидробиологическим, гидрохимическим и гидрофизическим показателям как на фоновых участках, так и на участках, находящихся под антропогенным воздействием в зонах влияния полигонов.

Практическое значение. Базу данных по исследованным участкам (8 створов) можно использовать при проведении учебных практик [5], научно-исследовательских работ, выполняемых как учащимися и сотрудниками РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, так и внешними организациями [6]), а также при совместных со службой Мосооблэкомониторинга и общественностью действиях.

Цель исследований: оценить влияние закрытых полигонов на видовой состав планктонных и бентосных организмов, представительство видов и химический состав воды.

Задачами работы явились:

1) выбор четырех представительных закрытых полигонов ТКО, сбор официальных данных об их техническом состоянии;

2) выполнение комплексного экологического обследования с обязательным отбором проб и проведением гидробиологических и гидрохимических анализов;

3) анализ результатов с точки зрения оценки соответствия нормативам, поиск зависимости загрязненности от стадии жизненного цикла полигона и формулирование предположений об условиях формирования экосистем под влиянием комплекса антропогенных воздействий (в том числе не связанных с полигонами).

Методика исследований

Research method

В качестве объектов исследований были выбраны районы расположения четырех рекультивированных полигонов ТКО в Московской области (рис. 1).

Методика исследований, проведенных в октябре и ноябре 2023 г., заключалась в выборе створов до полигона и после него по течению реки (фоновый – примерно 500 м выше по течению от границы полигона, контрольный – также примерно 0,5 км ниже). Отбор проб осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59024-2020. На месте замерялись также гидрофизические показатели: глубина в точке отбора, прозрачность, pH, электропроводность, температура воды и воздуха. Пробы воды на гидрохимический анализ отбирались пробоотборником на двухметровой штанге, в объеме 1 л на каждом створе.

Кислотность воды определялась портативным pH-метром марки Hanna Instruments HI 83141 pH Meter. Прозрачность в полевых условиях определялась Белым диском. Транспортирование проб, предназначенных на гидрохимический анализ, выполнялась в переносном кофре-холодильнике.

Пробы планктона отбирались сетью Апштейна (пропусканием через нее 50 л воды, отобранных ведром). Упаковка – бутылки объемом 0,5 л с оставлением небольшого количества воздуха под завинчивающейся крышкой без консервирования. Далее производились максимально быстрая транспортировка и разбор пробы в тот же день.

Пробы бентоса отбирались дночерпателем Экмана-Берджа (с площадью покрытия 10×10 см) на тех же точках, что и пробы планктона (рис. 8, слева). Упаковка – двойной полиэтиленовый пакет; без консервирования. Как и в отношении проб планктона, произведена максимально быстрая транспортировка и осуществлен лабораторный анализ.

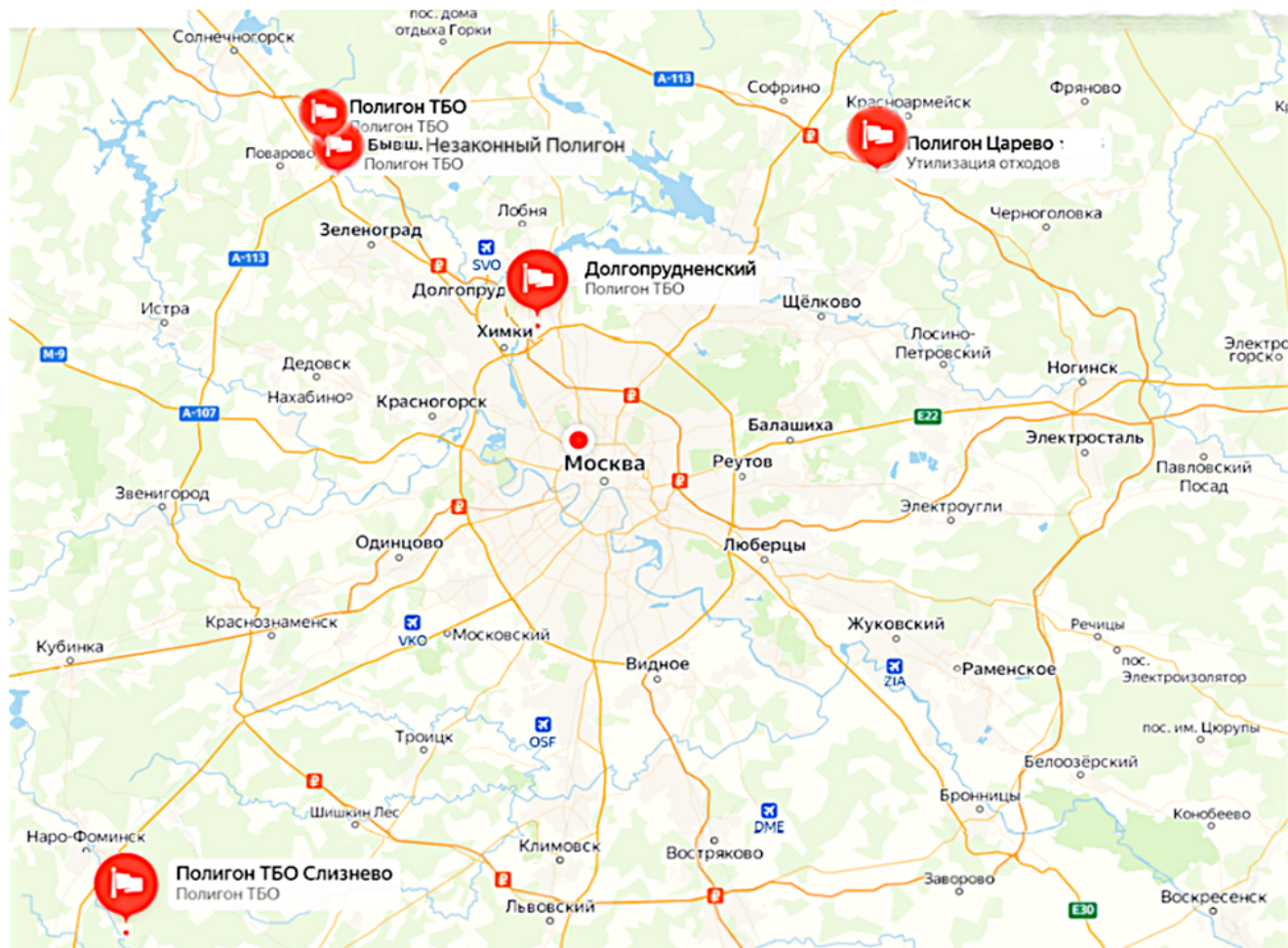


Рис. 1. Объекты исследований

Fig. 1. Objects of research

Инструктивными документами по отбору и анализу служили Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений (под ред. В.А. Абакумова [7]) и Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России (М.В. Чертопруд, Е.С. Чертопруд [8]).

Гидрохимический анализ был выполнен в аналитической лаборатории Мособлэкомониторинга. Исследования состояния воды в отобранных пробах проведены по 13 показателям: водородный показатель (рН), температура воды, удельная электрическая проводимость, окислительно-восстановительный потенциал, солесодержание, растворенный кислород, фторид-ион, нитрат-ион, хлорид-ион, натрий-ион, аммоний-ион, запах, прозрачность.

Разбор всех гидробиологических проб проводился в лаборатории кафедры экологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Для выделения существ и их счета использовались бинокулярный микроскоп МСП-1, а также микроскоп-монокуляр большого увеличения Symphony для идентификации видов по видовым признакам после изготовления препаратов.

Ввиду того, что выезды на объекты были разовыми, а также с учетом того, что при гидрохимическом анализе определялось содержание

ограниченного числа ионов, оценка загрязненности была выполнена:

- 1) сопоставлением с ПДК;
- 2) расчетом ИЗВ.

С целью возможности сопоставить результаты оценки по разным рекам оценка выполнялась с использованием как рыбохозяйственных, так и хозяйственно-питьевых ПДК.

Индекс загрязненности вод (ИЗВ) вычисляется по 6 ингредиентам: 4 веществам с наибольшими превышениями ПДК, органическим веществам, определяемым по биохимическому потреблению кислорода за 5 суток (БПК₅) и O₂:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{6} \left(\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} + \frac{C_4}{\text{ПДК}_4} + \frac{\text{БПК}_5}{\text{норматив БПК}_5} + \frac{\text{норматив O}_2}{C_{\text{O}_2}} \right),$$

где C_i – концентрация каждого из ингредиентов.

Гидробиологический анализ, как указано выше, заключался в идентификации видов и оценке количества особей того или иного вида. Если видовое разнообразие планктонных организмов было достаточным (порядка 7 видов), вычислялся

индекс Пантале-Букка в модификации Сладечка (иногда при малой частоте приходилось немного отступать от этого правила), и выполнялась оценка качества воды по средневзвешенной сапробности:

$$S = \frac{\sum s_i h_i}{\sum h_i},$$

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

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Полигон ТКО «Долгопрудный» был закрыт в 2014 г. Его площадь составляет почти 14 га, где накоплено порядка 2,5 млн м³ отходов. В 2019 г. началось формирование свалочного тела, вдоль реки Бусинки с его восточной стороны устроена противофильтрационная завеса. Обустроена система сбора фильтрата, включающая в себя двухконтурный дренаж по периметру свалочного тела с отводом фильтрата в 2 накопительные подземные емкости по 50 м³ каждая, и предусмотрено устройство

двух КНС. Устроены армогрунтовая подпорная стенка, защитный экран полигона (предназначенный для изоляции свалочных масс, предотвращения попадания атмосферных осадков в тело полигона и выхода фильтрата из тела полигона в окружающую среду) и система отвода свалочного газа со скважины для пассивной дегазации.

В районе расположения полигона ТКО «Долгопрудный» для пробоотборов были выбраны две точки (рис. 2).

Точка № 1 (фоновая) – на ручье Коровий Враг, притоке р. Бусинка (55.906688, 37.528461); пробы были отобраны из небольшого, расположенного на ручье водоема, берега которого сильно заросли (рис. 3, слева). С юга от этой точки находится МКАД, со всех других сторон расположен Долгопрудненский лесопарк.

Вероятно, водная экосистема находится под сильным влиянием сосредоточенного сброса «на рельеф» сточных вод, и его воды исходят из подземного выпуска, по склону сбегая в водоем. Запах сточных вод – резкий, химический. Возможно, в стоке присутствуют нефтепродукты (рис. 3, справа).

Как берега этого водоема, так и продолжение рассматриваемого участка местами замусорены (в том числе вблизи АЗС «Роснефть»),

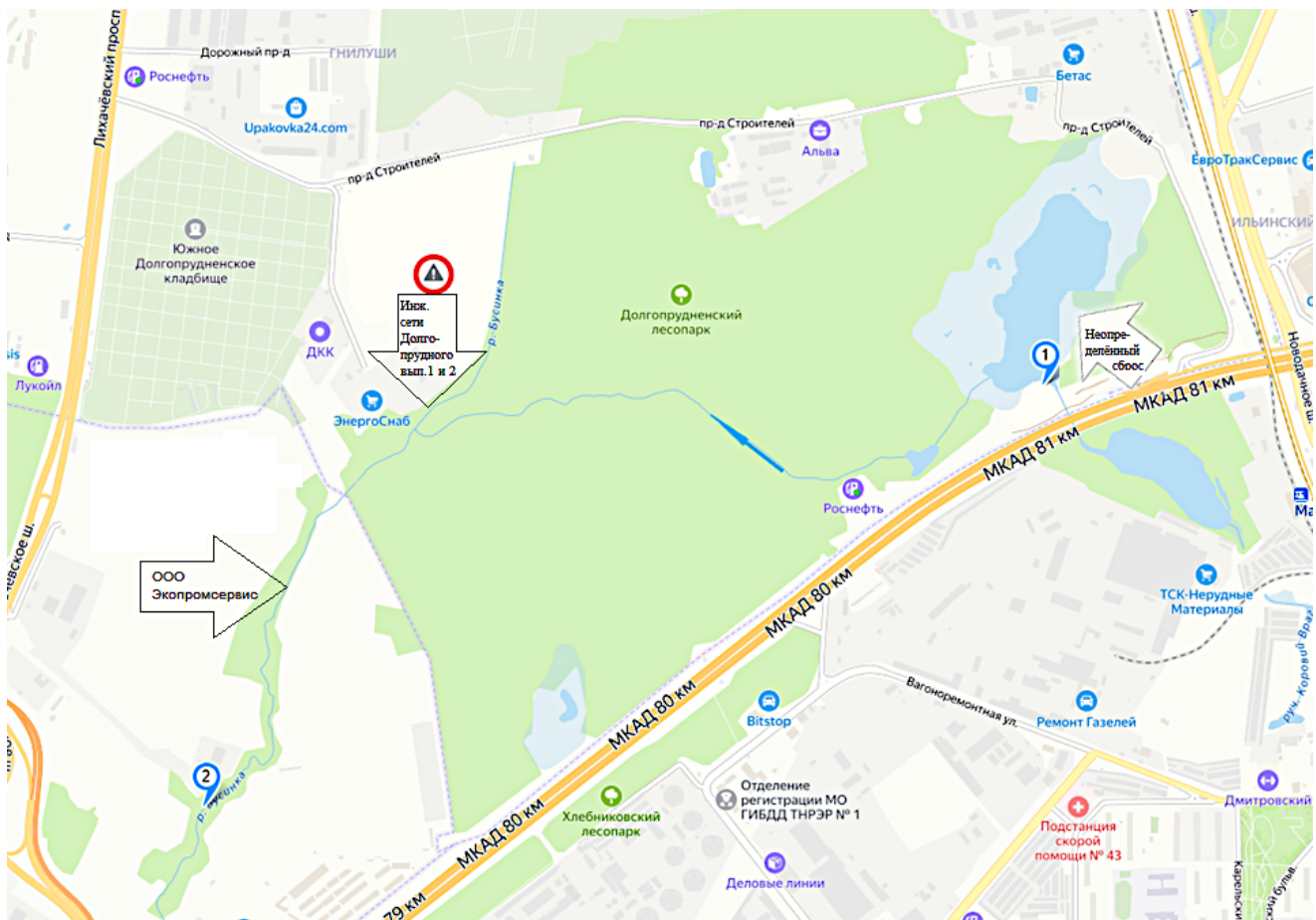


Рис. 2. Карта-схема окрестностей полигона ТКО «Долгопрудный» с местами отбора проб (синие кружки) и сосредоточенными сбросами сточных вод (стрелки)

Fig. 2. Schematic map of the surrounding area of the Dolgoprudny MSW landfill with the sampling sites (blue circles) and concentrated wastewater discharges (arrows)

встречаются шалаши бомжей и даже брошенные использованные шприцы. Суммируя отзывы посетителей лесопарка, засоренность водосбора можно оценить на уровне средней степени.

Установленные нормативы превысил хлорид-ион (1,4 ПДК_{р-х} и 1,2 ПДК_{к-б}) и аммоний-ион (1,8 ПДК_{р-х}). Запах – гнилостный (0/1 балл), прозрачность – 26 см.

Особенностью видового состава водоема на данный момент (поздняя осень) было массовое развитие свободно плавающих личинок поденок *Habrophlebia lauta* (бетамезосапробы – бм), циклопов *Microcyclops varicans*, *Cyclopus strenuous* (альфамезосапробы – ам) и крупных дафний *Daphnia Magna* (ам-бм). Последние имели розовый цвет, который может быть признаком недостатка кислорода в воде, хотя норматив O₂ не превышен.

Точка № 2 (контрольная) – р. Бусинка, приток р. Лихоборка, после впадения в нее Коровьего Врага (55.898147, 37.498061), расположенная в 1200 м ниже по течению от полигона (рис. 4, слева). На левом берегу за неширокой лесополосой расположены ворота и въезд для мусоровозов (рис. 4, справа). На правом берегу, также за неширокой лесополосой, – площадки и здания ООО «Экопромсервис», с заездом на МКАД.

На рассматриваемом участке сброс сточных вод в р. Бусинка осуществляют два хозяйствующих субъекта: ООО «Экопромсервис» и МУП «Инженерные сети г. Долгопрудного» (рис. 2). В связи с этим источником возросших концентраций

аммоний-иона (8,4 ПДК_{р-х} и 2,8 ПДК_{к-б}), а также изменений в структуре водной экосистемы может являться хозяйственная и/или иная деятельность вышеупомянутых юридических лиц. Запах – гнилостный (2/3 балла), прозрачность – 20 см.

На данной точке наблюдаются, во-первых, резкое снижение общей численности планктонных организмов, во-вторых – перевес циклопов над представителями других групп: в пробе массово присутствовали те же виды циклопов, и лишь в единичных количествах – дафнии и поденки. В бентосной пробе обнаружены одна личинка комара-звонца опушенного *Chironomus plumosus* и 5 личинок малощетинкового червя – трубочника обыкновенного *Tubifex tubifex* (полисапроб – п).

Для выявления возможного влияния полигона ТКО «Долгопрудненский» на водоток необходимо проведение дополнительных исследований.

Бывшая несанкционированная свалка возле деревни Радумля (рис. 5) вмещала более 3000 т ТКО. По границе «мусорки» протекал ручей, который из-за нее был просто отравлен. В 2020 г. въезд мусоровозов был прекращен. 100 тыс. м³ отходов вывезли в течение 5 месяцев. Свалки уже нет, теперь здесь находятся территория ОРЦ «Радумля» и логистический парк [9].

Точка № 1 (56.080642, 37.143480) – ручей без названия (приток р. Радомля), А-107, Ленинградско-Дмитровский перегон, второй километр (рис. 6, слева). Дно – без ила.



Рис. 3. Место отбора пробы № 1 (ручей Коровий Враг)

Fig. 3. Sampling site No. 1 (the Koroviy Vrag stream)



Рис. 4. Место отбора пробы № 2 (река Бусинка)

Fig. 4. Sampling site No. 2 (the Businka river)

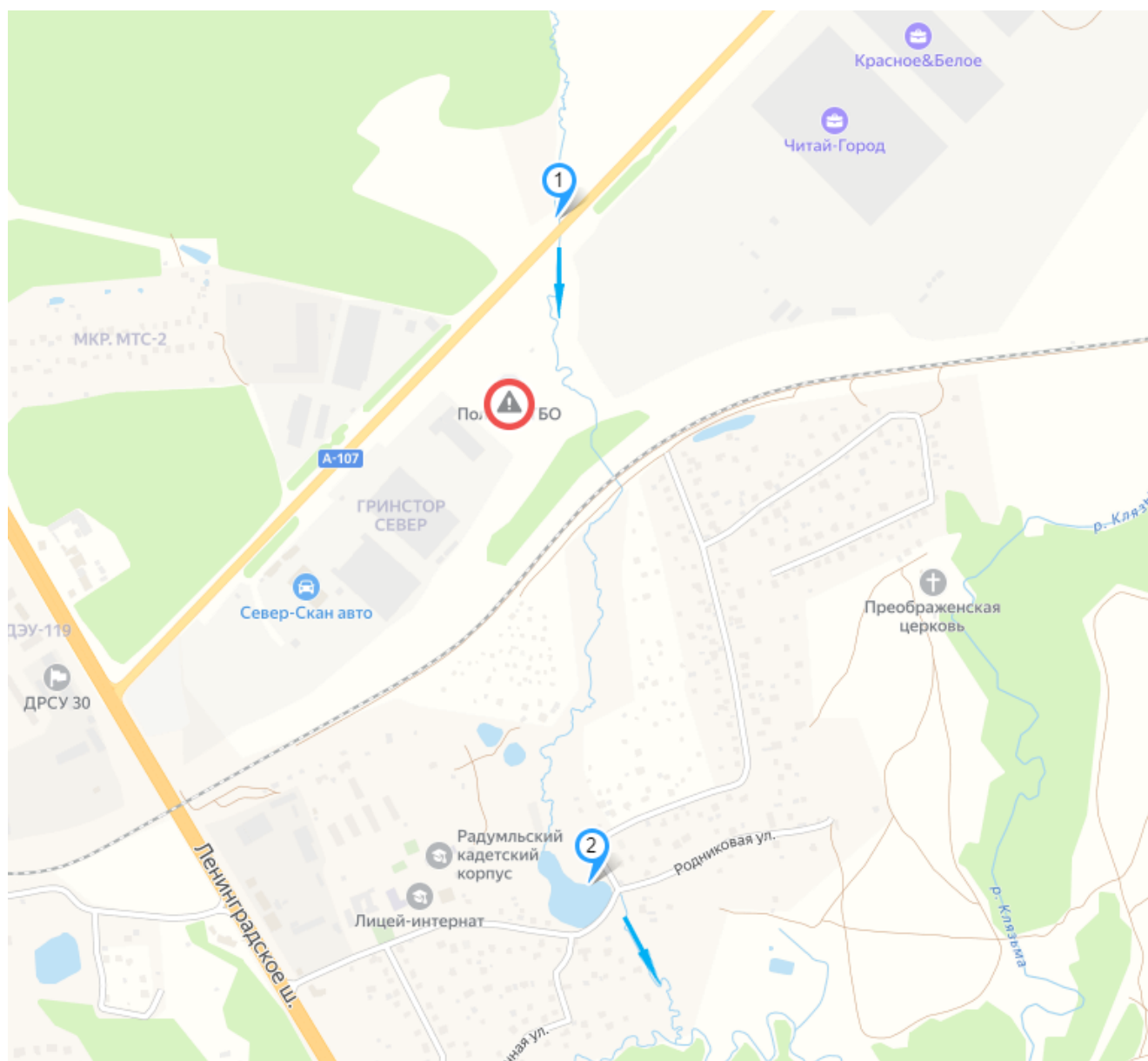


Рис. 5. Карта-схема окрестностей бывшей несанкционированной свалки в деревне Радумля с местами отбора проб (синие кружки)

Fig. 5. Schematic map of the surroundings of the former illegal MSW landfill in the village of Radumlya with the sampling sites (blue circles)



Рис. 6. Места отбора проб № 1 и № 2 (приток реки Радомли)

Fig. 6. Sampling sites No. 1 and No. 2 (tributary of the Radomlya river)

Выявлено небольшое превышение нормативов по хлорид-иону (1,2 ПДК_{р-х}), весьма значительное – по аммоний-иону (7,8 ПДК_{р-х} и 2,6 ПДК_{к-б}). Запах – гнилостный (0/2 балла). Содержание аммоний-иона в концентрациях, превышающее фоновое значение, говорит о загрязнении сточными водами.

Ввиду отсутствия потенциально опасных производственных и коммунальных объектов в непосредственной близости можно предположить вклад в формирование загрязненности вышележащего полигона ТКО (северо-западнее д. Майдарово), а также промпредприятий данного населенного пункта (птицеферма и завод аттракционов).

Гидробионты на данной точке имели единичную встречаемость: циклопы *Ectocyclops phaleratus* и *Cyclopus strenuous*, поедок *Habrophlebia lauta* и личинки комара обыкновенного *Culex pipiens*. В пробе планктона – трубочник *Tubifex tubifex* (останки). Наличие последних двух организмов указывало на загрязненность ручья.

Точка № 2 (56.070039, 37.144408) – ручей без названия (приток р. Радомля), дер. Радумля, вблизи д. 14/2. Место отбора представляло собой водоем около СНТ. Берега и отмель покрывали ивовые листья.

По ходу движения от точки 1 до точки 2 концентрация аммония даже снизилась в 2 раза и выше. Вероятно, на качестве воды благотворно сказываются процессы самоочистки, происходящие в водоеме на точке 2.

В отличие от первой точки, на которой гидробионты имели единичную встречаемость, в стоячей воде пруда их обнаружилось достаточно много, причем количество циклопов в пробе (более 100 шт.) на порядок превзошло количество дафний (12 шт.). В донном иле массово присутствовал характерный для заиленных стоячих водоемов, загрязненных ручьев и рек полисапроб трубочник обыкновенный (13 шт.).

Полигон ТКО «Слизнево» на Наре закрыт и реконструирован в 2019-2021 гг. Общая площадь составляет 10,8 га. Объем отходов – 730 000 т. Полигон накрыт защитным экраном из нескольких изолирующих слоев, дегазация – пассивная (свалочный газ из тела полигона отводится с помощью специальных скважин), фильтрат собирается со всего периметра и очищается.

Расположение точек отбора представлено на рисунке 7.



Рис. 7. Карта-схема окрестностей полигона ТКО «Слизнево» с местами отбора проб (синие кружки)
Fig. 7. Schematic map of the area of the Sliznevo MSW landfill with the sampling sites (blue circles)

Точка 1 (55.302303, 36.773471) – р. Нара (приток реки Оки), деревня Слизнево, вблизи д. 1. В прибрежной защитной полосе много поваленных деревьев. Склон довольно крутой и покрыт луговой растительностью. В верхней части склона расположена деревня Слизнёво. Сельские дома (Покровка) – также на противоположном берегу (рис. 8, слева).

Отличие географического положения данного участка от трех прочих заключается в том, что он располагается не в маловодных верховьях, а в среднем течении, на расстоянии около четырех десятков километров от истока. Вероятно, значительное влияние на гидрохимический режим (с превышением ПДК по аммоний-иону на уровне 3,9 ПДК_{р-х} и 1,3 ПДК_{к-б}, а также прозрачностью всего 15 см) оказывают вышерасположенные КБХ Наро-Фоминска, ферма КРС на Софринском пруду и др. По данным общественного контроля, во многих поселках, малых и средних городах не работают или работают плохо очистные сооружения [10, 11].

Поскольку по прочим ингредиентам превышений ПДК не было, ИЗВ получился на границе чистых и слабозагрязненных вод (табл. 1). Удалось идентифицировать довольно много видов (больше, чем на ранее осмотренных точках) включая ранее не встречавшиеся. Данная точка особенно отличилась обилием коловраток – обитательниц олигосапробных (о) и бета-мезосапробных вод: *Keratella quadrata* (о-бм) – очень часто; *Keratella cochlearis* (бм-о) – очень часто; *Asplanchna priodonta* (о-бм) – 1 шт. Дафнии были представлены видом *Bosmina longirostris* (о-бм) – 3 шт. Присутствовал также один циклоп *Cyclopus strenuous* (бм-ам) – 1 шт. В пробе бентоса присутствовали трубочники *Tubifex tubifex* (6 шт.) и личинки комаров *Chironomus plumosus* (9 шт.). Тубифексы на данной точке были практически полностью закопавшимися в ил. Это является признаком большого количества кислорода в воде (более 5 мг/л), что подтверждается результатами гидрохимического анализа.

Точка 2 (контрольная) – р. Нара (приток реки Оки), ниже полигона (55.295841, 36.785334). Примакаящий к точке берег – длинный пологий склон, поросший травяной растительностью (рис. 8, справа).

Выявлено превышение нормативов по аммоний-иону, но это превышение является даже несколько меньшим, чем на фоновой точке. Прозрачность – 12 см, что на 3 см хуже, чем на фоновой точке, где прозрачность составляла 15 см. Содержание аммоний-иона в концентрациях, более значительных на фоновой точке, чем на контрольной, свидетельствует о загрязнении сточными водами, попадающими в водный объект на участке именно до полигона. Сам же он вносит незначительный вклад в формирование загрязненности нижерасположенных участков.

Едва заметно на точке за полигоном сократилась численность тяготеющих к олигосапробным водам дафний и коловраток: *Bosmina longirostris* (о-бм) – 3 шт.; *Keratella quadrata* (о-бм) – часто; *Keratella cochlearis* (бм-о) – часто; *Asplanchna priodonta* (о-бм) – 2 шт.; обнаружена пара представителей среднезагрязненных вод брахионус калицифлорус: *Brachionus calyciflorus* (бм-ам) – 2 шт. Также незначительно, как и до полигона, были представлены циклопы *Cyclopus strenuous* (бм-ам) – 1 шт. В пробе бентоса: *Tubifex tubifex* – 3 шт, *Chironomus plumosus* – 2 шт.

Полигон ТКО «Царёво» закрыт в 2017 г. Фактический объем накопленных отходов составляет 5 444,73 тыс. м³ (4 355,78 тыс. т). Расположен полигон на двух земельных участках общей площадью 216166 м² (21,6 га). Особенности рекультивации – полностью переформатированное тело полигона, активное перемещение свалочных масс в специально созданную чашу (экран – решетка, песок, геомембрана) и большая армогрунтовая стена. Имеется активная система дегазации с утилизацией биогаза на термической установке. Предусмотрены система сбора фильтрата методом лучевого дренажа, противofильтрационная завеса из шпунта, а также очистные сооружения.

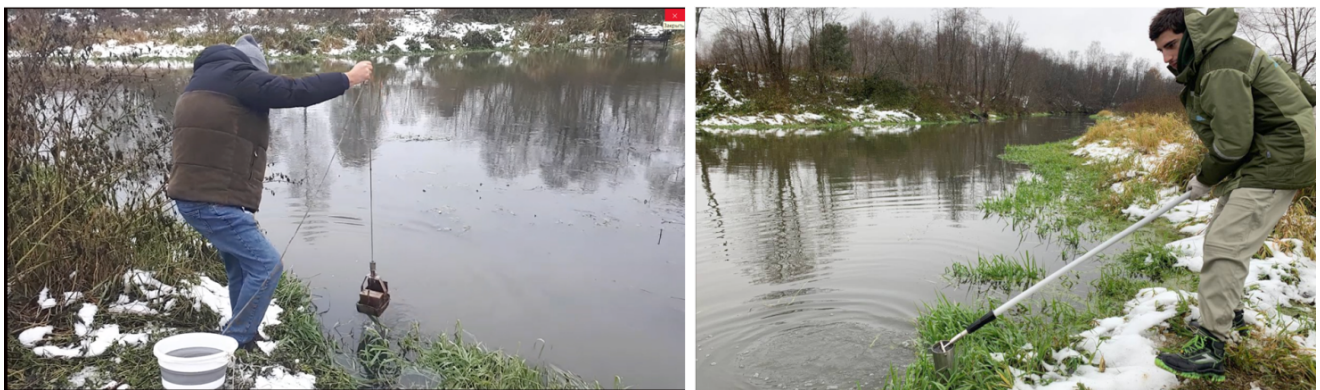


Рис. 8. Места отбора проб № 1 и № 2 (река Нара)
Fig. 8. Sampling sites No. 1 and No. 2 (the Nara River)

Расположение точек отбора представлено на рисунке 9.

Точка № 1 (фоновая) – на пруду без названия, г.о. Пушкинский, вблизи с. Царёво (56.078446, 38.086215). На берегу обустроена водоохранная зона из древесных насаждений. Между деревенскими домами и ВОЗ – кукурузное поле (рис. 10, слева). По результатам исследований превышения ПДК не выявлены. Это самая насыщенная растворенным кислородом точка.

Обнаружены представители всего двух родов планктонных организмов и один типичный бентосный вид, а именно: в пробе планктона – циклопы *Microcyclops varicans*, *Cyclopus strenuous* (ам) – 14 шт.; коловратки *Keratella quadrata* (о-бм) – 2 шт. В пробе бентоса *Tubifex tubifex* – единицы.

Точка № 2 (контрольная) – р. Черничка (приток реки Вори), г.о. Пушкинский (56.068418, 38.102972). Место отбора (выше трубчатого переезда) является весьма красивым. От полигона

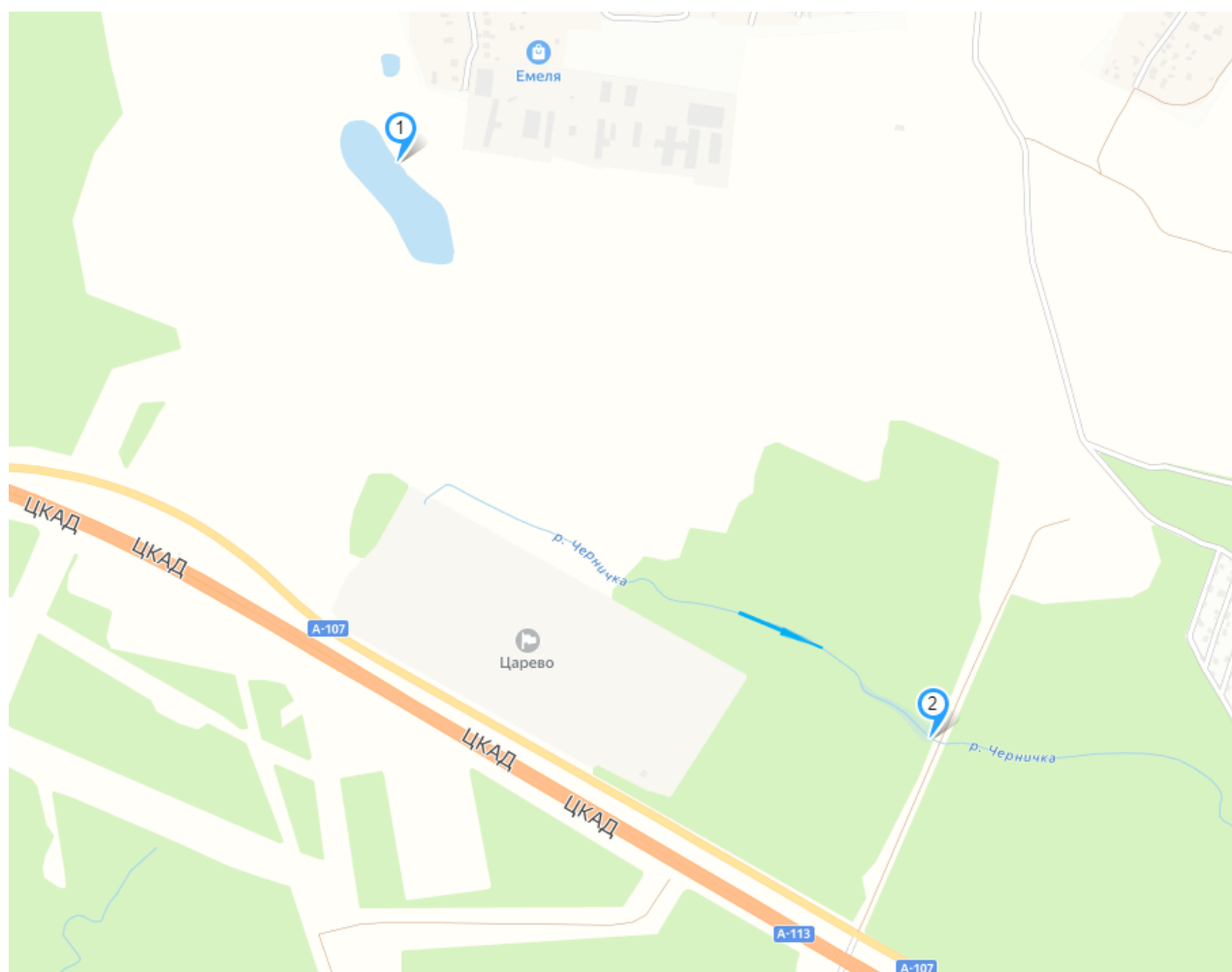


Рис. 9. Карта-схема окрестностей полигона ТКО «Царёво» с местами отбора проб (синие кружки)

Fig. 9. Schematic map of the area of the Tsarevo MSW landfill with the sampling sites (blue circles)



Рис. 10. Места отбора проб № 1 и № 2 (пруд и река Черничка)

Fig. 10. Sampling sites No. 1 and No. 2 (pond and the Chernichka river)

до данной точки расположен лес (рис. 10, справа). Берег и дно – с камнями (строительный материал, использовавшийся при обустройстве переезда), поверхность воды в ряске. Выявлено незначительное превышение норматива по аммоний-иону, установленного для водных объектов рыбохозяйственного значения (1,1 ПДК_{р-х}).

Гидробиологический анализ пробы 2 за полигоном явился отражением столь же живописной, как берега вокруг, великолепной по разнообразию и представительству видов водной экосистемы с обилием зеленых водорослей спирогиры (*Spirogyra*), ряски, личинок комаров и других видов гидробионтов. В пробе планктона были обнаружены,

в том числе: дафнии включая *Bosmina longirostris* – 5 шт. (о-бм); циклопы (вероятно, *Cyclops strenuus*) – редко; личинки циклопов (науплии) – очень редко; плавающие личинки поденок *Habrophlebia lauta* – очень часто (более 8 шт.); личинки перистоусых комаров *Chaoborus crystalinus* (*Corethra plumicornis*) – массово (16 шт.). В пробе бентоса обнаружен трубочник *Tubifex tubifex* – единицы.

Сводные данные по всем участкам с оценкой по интегральным показателям ИЗВ и индекса сапробности, а также проблемным загрязнителям, по которым есть превышения ПДК, представлены в таблице.

Таблица

Комплексные показатели

Район полигона ТКО	Положение точки	Система ПДК _{р-х}		Система ПДК _{х-п}		Оценка по индексу Пантале и Букку
		Оценка по ИЗВ	Проблемный загрязнитель	Оценка по ИЗВ	Проблемный загрязнитель	
Долгопрудный	до	Умеренно загрязненная	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Чистая	Cl ⁻	Умеренно загрязненная
	после	Загрязненная	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная
Бывший в Радумле	до	Умеренно загрязненная	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная	NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная (ненадежна.)
	после	Умеренно загрязненная	NH ₄ ⁺	Чистая	NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная
Слизнёво	до	Умеренно загрязненная	NH ₄ ⁺	Чистая	NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная
	после	Умеренно загрязненная	NH ₄ ⁺	Чистая	NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная
Царёво	до	Чистая		Чистая		Умеренно загрязненная
	после	Чистая	NH ₄ ⁺	Чистая		Умеренно загрязненная

Composite indicators

District of the MSW landfill	Position of the sampling site	Maximum permissible concentration for water in commercial fishery reservoirs		Maximum permissible concentration for water in household and drinking reservoirs		Assessment by the Pantle-Buck index
		Assessment by WPI	Problem pollutant	Assessment by WPI	Problem pollutant	
Dolgoprudny	before	Medium polluted	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Clean	Cl ⁻	Medium polluted
	after	Polluted	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Medium polluted	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Medium polluted
Former in Radumlya	before	Medium polluted	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Medium polluted	NH ₄ ⁺	Medium polluted
	after	Medium polluted	NH ₄ ⁺	Clean	NH ₄ ⁺	Medium polluted
Sliznevo	before	Medium polluted	NH ₄ ⁺	Clean	NH ₄ ⁺	Medium polluted
	after	Medium polluted	NH ₄ ⁺	Clean	NH ₄ ⁺	Medium polluted
Tsarevo	before	Clean		Clean		Medium polluted
	after	Clean	NH ₄ ⁺	Clean		Medium polluted

Самым незагрязненным следует признать участок реки Чернички в районе ТКО «Царёво», а самым проблемным – участок притоки Лихоборки в районе ТКО «Долгопрудный».

На примере верховий Лихоборки (с учетом самостоятельно обнаруженного сброса сточных вод, официальной информации еще о трех водовыпусках и комментариев к протоколам гидрохимического анализа, предоставленным Мособлэкомониторингом) установлено, что гидрохимический режим рассмотренных участков формируется не только стоками с полигонов, но и деятельностью ряда других водопотребителей, осуществляющих сосредоточенные сбросы.

За исключением района Царёво речные воды прочих рассмотренных участков еще до попадания в зону влияния полигона являются загрязненными. Несмотря на то, что все полигоны, кроме Слизнёво,

находятся в верховьях рек, водные массы в зону их влияния приходят уже именно такими.

Основным является следующий вывод: вклад закрытых полигонов с учетом фона представляется не очень значительным. В некоторых случаях (как в Радумле) после прохождения участка некоторые показатели качества становились даже лучше. Вероятно, такая ситуация типична, если полигон уже закрыт и оборудован средствами минимизации негативного воздействия.

Биоценозы в зоне влияния рассмотренных полигонов демонстрируют определенную устойчивость (и в плане традиционности набора гидробионтов, и в части уровня загрязнения органикой, отражаемого индексом сапробности). Но наверняка есть некоторый предел антропогенного воздействия, за которым водная экосистема изменится более резко.

Из сказанного выше, в плане перспектив дальнейших исследований по данной теме и достижения поставленной цели, сформулированы следующие предложения:

1) увеличить количество объектов для исследований, включив в крупные полигоны (типа «Тимохово») и действующие объекты размещения ТКО или полигоны ТКО без современной реконструкции с малоэффективными средствами минимизации воздействия или без таковых;

2) повторить исследования (хотя бы на некоторых участках) в тех же точках летом, на пике развития биомассы, для выяснения сезонной динамики;

3) провести анализ химического состава сосредоточенных сбросов в реку, особенно на Лихоборке, чтобы объективно выяснить вклад каждого из участников водохозяйственного комплекса.

Выводы Conclusions

1. На подготовительном этапе был определен перечень участков рек с полигонами ТКО, находящимися на одной стадии жизненного цикла (после реконструкции и закрытия). Исключение составляет верховье реки Лихоборки, где водная экосистема формируется под воздействием нескольких существенных источников загрязнения (площадки

вне Долгопрудненского полигона, по-прежнему регулярно принимающие ТКО, неопознанный сосредоточенный сброс из-под МКАД, инженерные сети Долгопрудного, ООО Экопромсервис).

2. Воды обследованных участков как до полигона, так и после него, согласно методике Пантле и Букка по содержанию зоопланктона идентифицированы как умеренно загрязненные. Ингредиентом, измеренная концентрация которого хронически зашкаливает за ПДК, является ион аммония. По ИЗВ на всех точках до полигонов при расчете по ПДК_{х-п} воды обычно чистые, а при расчете по ПДК_{р-х} – обычно умеренно загрязненные. Переход к нижерасположенной точке не повышает класс загрязнения.

3. Обнаружены изменения видового разнообразия биоты до полигона и после него, но они не столь существенны, чтобы с продвижением вниз по течению поменялся класс вод. Можно с уверенностью утверждать, что хорошо обустроенные, закрытые полигоны оказывают весьма небольшое воздействие на биоту. Умеренное загрязнение до Радумли мы связываем с вышерасположенным другим полигоном, а особенную чистоту в Царёво – с близостью к истоку и низкой антропогенной нагрузкой от хорошо законсервированного полигона. Сток же Лихоборки, как и притока Радумли, формируется под воздействием ряда источников, не имеющих отношения к полигону.

Список источников

1. Гудкова Н.К., Горбунова Т.Л., Матова Н.И. Влияние полигонов ТКО на деградацию биогеоценозов прибрежных зон водотоков и Черного моря // *Природообустройство*. 2021. № 5. С. 117-124. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2021-5-117-124>
2. Василискова А.В., Кондратенко С.В., Меньшин А.С. Геоэкологическая характеристика водного объекта без названия, расположенного вблизи рекультивированного полигона твердых коммунальных отходов Калининградской области // *Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле»*. 2023. Т. 46. С. 16-34. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.46.16>
3. Хучунаева Л.В. Оценка экологического состояния водных объектов вблизи полигонов ТКО (на примере полигона ТКО поселка Кашхатау КБР) // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2023. Т. 9, № 1. С. 290-298. EDN: IGCDEK
4. Титова А.Г. Оценка влияния полигона твердых коммунальных отходов на окружающую среду с использованием междисциплинарного подхода // *Проблемы региональной экологии*. 2019. № 2. С. 53-58. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-12053>
5. Евграфов А.В., Косов Н.С., Цветкова А.В. Влияние экологических условий на состав зоопланктона в среднем течении реки Лихоборки // *Тимирязевский биологический журнал*. 2023. № 1. С. 73-79. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-1-73-79>

References

1. Gudkova N.K., Gorbunova T.L., Matova N.I. Influence of MSW landfills on degradation of biogeocenoses of coastal zones of water courses and the Black sea. *Prirodoustroystvo*. 2021;5:117-124. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2021-5-117-124>
2. Vasiliskova A.V., Kondratenko S.V., Menshenin A.S. Geoecological Characteristics of the unnamed water body located in the near vicinity of the recultivated municipal solid waste landfill of the Kaliningrad Region. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences*. 2023;46:16-34. (In Russ.) <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.46.16>
3. Khuchunaeva L.V. Assessment of the ecological state of water bodies near MSW landfills (on the example of MSW landfill of Kashkhatau KBR settlement). *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*. 2023;9(1):290-298. (In Russ.)
4. Titova A.G. Assessment of the impact of solid municipal waste landfills on the environment applying an interdisciplinary approach. *Problemy regional'noy ekologii*. 2019;2:53-59. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-12053>
5. 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 Russ.) <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-1-73-79>

6. Торопов Д.И., Лавровская Г.Н., Елисеєва Н.В., Попова О.А. и др. *Состояние социально-трудовой сферы села и предложения по ее регулированию: Ежегодный доклад по результатам мониторинга 2009 г.* Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2010. 260 с. EDN: QQAYZD

7. *Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений*: утв. Государственным комитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды 12 сентября 1982 г. / Под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983.

8. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. Москва: Макс Пресс, 2003. EDN: QKMMDV

9. Мусорный полигон в Радумле ликвидировали за 5 месяцев: Видеоклип // *Видеоканал 360 Солнечногорск*. 2020. 18 июля. URL: <https://rutube.ru/video/a8499bfd97db12c7a9ff9bbc70fddd20/> (дата обращения: 09.06.2024).

10. Баташов В. Современное состояние реки Нара от истока до устья: состояние, проблемы, предварительные выводы и предложения // *Великие реки России от истока до устья: Общественный проект*. URL: <https://rivers-russia.ru/expedition/2020/07/18/sovremennoe-sostoyanie-reki-nara-ot-istoka-do-ustya-sostoyanie-problemy-predvaritelnye-vyvody-i-predlozheniya.html?ysclid=lvnioushaw124721329> (дата обращения: 09.05.2024).

11. Торопов Д.И., Лавровская Г.Н., Елисеєва Н.В., Попова О.А. и др. *Состояние социально-трудовой сферы села и предложения по ее регулированию: Ежегодный доклад по результатам мониторинга 2009 г.* Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2010. 260 с. EDN: QQAYZD

6. Toropov D.I., Lavrovskaya G.N., Eliseeva N.V., Popova O.A. et al. *State of social and labor sphere of the village and proposals for its regulation: annual report on the results of monitoring of 2009*. Moscow, Russia: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Studies on Engineering and Technical Provision of Agro-Industrial Complex, 2010:260. (In Russ.)

7. *Manual on methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments*. Ed. by V.A. Abakumov. Leningrad, USSR: Gidrometeoizdat, 1983. (In Russ.)

8. Chertoprud M.V., Chertoprud E.S. Brief identification of freshwater invertebrates of Central European Russia. Moscow, Russia: Maks Press, 2003. (In Russ.)

9. *Landfill in Radumlya was liquidated within five months*: video clip. Telekanal 360 Solnechnogorsk, July 18, 2020. (In Russ.) URL: <https://rutube.ru/video/a8499bfd97db12c7a9ff9bbc70fddd20/> (accessed: June 05, 2024)

10. Batashov V. Current state of the Nara River from source to mouth: condition, problems, preliminary conclusions and proposals. *Velikie reki Rossii ot istoka do ust'ya: Obshchestvennyy proyekt: [website]*. July 18, 2020. (In Russ.) URL: <https://rivers-russia.ru/expedition/2020/07/18/sovremennoe-sostoyanie-reki-nara-ot-istoka-do-ustya-sostoyanie-problemy-predvaritelnye-vyvody-i-predlozheniya.html?ysclid=lvnioushaw124721329> (accessed: May 05, 2024)

11. Toropov D.I., Lavrovskaya G.N., Eliseeva N.V., Popova O.A. et al. *State of social and labor sphere of the village and proposals for its regulation: annual report on the results of monitoring of 2009*. Moscow, Russia: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Studies on Engineering and Technical Provision of Agro-Industrial Complex, 2010:260. (In Russ.)

Сведения об авторах

Алексей Викторович Евграфов, кандидат технических наук, доцент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: a.evgrafov@rgau-msha.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6306-2266>

Никита Сергеевич Косов, аспирант кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: nikitacosov@yandex.ru

Наталья Владимировна Лагутина, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: nlagutina@rgau-msha.ru. <https://orcid.org/0000-0003-1066-2211>

Information about the authors

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

Nikita S. Kosov, postgraduate student at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: nikitacosov@yandex.ru

Nataliya V. Lagutina, CSc (Eng), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: nlagutina@rgau-msha.ru. <https://orcid.org/0000-0003-1066-2211>

Статья поступила в редакцию 30.05.2024
Одобрена после рецензирования 20.06.2024
Принята к публикации 21.06.2024

The article was submitted to the editorial office May 30, 2024
Approved after reviewing June 20, 2024
Accepted for publication June 21, 2024