

## Оценка состояния поверхностных водных объектов в районе полигона захоронения ядохимикатов

© 2021. Т. Я. Ашихмина<sup>1,2</sup>, д. т. н., профессор, г. н. с., зав. лабораторией,  
С. Г. Скугорева<sup>1</sup>, к. б. н., н. с., Т. А. Адамович<sup>2</sup>, к. г. н., доцент,  
Е. В. Товстик<sup>2</sup>, к. б. н., доцент, с. н. с.,

<sup>1</sup>Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,  
167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,

<sup>2</sup>Вятский государственный университет,  
610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, д. 36,  
e-mail: ttjnadamvich@rambler.ru

На территории Кировской области с 1975 г. эксплуатируется Кильмезское захоронение ядохимикатов (КЗЯ), на котором захоронены неликвидные, пришедшие в негодность хлор-, азот-, ртуть-, фосфор-, мышьяк- и медьсодержащие ядохимикаты. На территории вблизи КЗЯ в течение многих лет проводится экологический мониторинг состояния растительности, почв, атмосферного воздуха, подземных вод, установлены фоновые показатели. За последние годы выявлена тенденция к увеличению в изучаемых объектах поллютантов, что может свидетельствовать о необходимости проведения работ по рекультивации полигона и комплексном обследовании прилегающей к нему территории.

Исследования, проведённые в 2015–2018 гг., показали, что в воде рек Лобань и Осиновка, протекающих вблизи полигона, содержание большинства исследуемых неорганических ионов не превышало предельно допустимых концентраций (ПДК) и фоновых значений. Исключение составило содержание ионов аммония, значения концентраций которых существенно меняются: в 2015–2016 гг. превысило ПДК<sub>р.х.</sub> и ПДК<sub>х.н.</sub> до 8,4 и 2,2 раза соответственно, в то время как в 2017–2018 гг. превышений не было, а в 2020 г. вновь выявлено превышение нормативов. Не отмечается влияния полигона захоронения ядохимикатов на химический состав и токсичность воды р. Лобань, расположенной на более дальнем расстоянии от полигона, в то время как в пробах воды и в донных отложениях р. Осиновки отмечено увеличение с приближением к полигону содержания меди, соединения которой входят в состав захороненных отходов. Пробы воды исследуемых водотоков не обладают острым токсическим действием по биотесту *Daphnia magna* Straus. В целом, по результатам проведённых исследований состояние рек Лобань и Осиновка можно охарактеризовать как удовлетворительное.

**Ключевые слова:** малые реки, поверхностные воды, донные отложения, полигон захоронения ядохимикатов, ионный состав, тяжёлые металлы, токсичность.

## Assessment of the state of surface water bodies in the area of the landfill for pesticides

© 2021. T. Ya. Ashikhmina<sup>1,2</sup> ORCID: 0000-0003-4919-0047,  
S. G. Skugoreva<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-5902-5187, T. A. Adamovich<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-8684-927X,  
E. V. Tovstik<sup>2</sup> ORCID: 0000-0003-1861-6076

<sup>1</sup>Institute of Biology of the Komi Science Centre of the Ural Branch of RAS,  
28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,

<sup>2</sup>Vyatka State University,  
36, Moskovskaya St., Kirov, Russia, 610000,  
e-mail: ttjnadamvich@rambler.ru

On the territory of the Kirov region, since 1975, the Kilmez burial of pesticides (KBP) has been operated, where unusable chlorine, nitrogen, mercury, phosphorus, arsenic and copper-containing pesticides are buried. For many years, environmental monitoring of the state of vegetation, soil, atmospheric air, groundwater has been carried out on the territory near the KBP, background indicators have been established. In recent years, a tendency to an increase in pollutants in the studied objects has been revealed, which may indicate the need for landfill reclamation work and a comprehensive survey of the adjacent territory.

Research conducted in 2015–2018 showed that in the water of the Loban' and Osinovka rivers flowing near the landfill the content of most of the studied ions did not exceed the maximum permissible concentrations (MPC) and background values. The exception was the content of ammonium ions, the concentration values of which changed

significantly: in 2015–2016 exceeded  $MPC_{fish}$  and  $MPC_{drink}$  up to 8.4 and 2.2 times, respectively, while in 2017–2018 there was no excess, and in 2020 the excess of the MPC was again revealed. No influence of the landfill on the chemical composition and toxicity of the water of the Loban' river located at a farther distance from the landfill was revealed, while in water samples from the Osinovka river and in the bottom sediments, an increase in the content of copper, whose compounds are included in the buried waste, was noted with an approach to the landfill. Water samples from the studied streams do not have an acute toxic effect according to the *Daphnia magna* Straus biotest. In general, according to the results of the studies carried out, the condition of the Loban' and Osinovka rivers can be characterized as satisfactory.

**Keywords:** small rivers, surface waters, bottom sediments, landfill for pesticides, ionic composition, heavy metals, toxicity.

В настоящее время (с 2018 г. по 2024 г.) Правительством Российской Федерации (РФ) принят и реализуется национальный проект «Экология», который включает проект по ликвидации наиболее опасных объектов накопленного экологического вреда «Чистая страна» [1]. На территории Кировской области к таким объектам должно было относиться Кильмезское захоронение ядохимикатов (КЗЯ). Однако его не удалось включить ни в федеральный проект «Чистая страна», ни в показатель «Количество ликвидированных наиболее опасных объектов накопленного вреда окружающей среды» в рамках новой национальной цели «Комфортная и безопасная среда для жизни» до 2030 г., так как оно находится на землях лесного фонда и относится к бесхозным объектам. Механизм финансирования таких объектов в настоящее время на федеральном уровне отсутствует.

Кильмезское захоронение ядохимикатов находится на границе Немского и Кильмезского районов Кировской области. В 1975–1976 гг. на КЗЯ было захоронено более 70 наименований химических веществ общей массой около 590 т, из них 52 т – пестициды I и II классов опасности [2]. Номенклатура захороненных химикатов представлена хлор- (58,6%), азот- (5,9%), ртуть- (5,2%), фосфор- (4,0%) и мышьякорганическими соединениями (4,0%), а также веществами неорганической природы (11,6%), включая соединения мышьяка (3,7%), меди (1,7%), железа (1,2%) и др. [3].

В настоящее время в РФ всё большую актуальность приобретают мероприятия, связанные с установлением целостности хранилищ отходов и отсутствием в них утечек [4–6]. Современный уровень развития инструментальных методов физико-химического анализа позволяет с лёгкостью идентифицировать ядохимикаты в объектах окружающей среды (ОС) [7–10]. Однако важно учитывать, что препаративные формы пестицидов, наряду с действующими веществами, включали и другие компоненты, которые под действием факторов ОС в случае

утечки могли трансформироваться [11, 12]. В виду высокой опасности ядохимикатов в районе действующего полигона проводятся регулярные наблюдения за состоянием объектов ОС [13–14]. За 46-летний период существования объекта эпизодические наблюдения за возможным влиянием захоронения на ОС проводились разными организациями [2].

Согласно данным за 2010–2011 гг. [15, 16] и 2014 г. [2], поверхностная вода р. Осиновки, протекающей вблизи КЗЯ, оценивалась как загрязнённая и грязная, содержание органических веществ, ионов аммония, мышьяка, растворённых форм железа, марганца и меди превышало предельно допустимые концентрации (ПДК) для рыбохозяйственных водных объектов до 64 раз.

Актуальность исследования состояния поверхностных вод малых рек, протекающих вблизи КЗЯ, обусловлена тем, что они являются притоками р. Кильмезь, которая впадает в р. Вятку – источник водоснабжения областного центра Кировской области – г. Кирова.

Цель работы: дать оценку состояния поверхностных водных объектов вблизи Кильмезского захоронения ядохимикатов, основываясь на данных физико-химических и токсикологических исследований воды и донных отложений.

## Объекты и методы исследования

Объектами исследования были вода и донные отложения рек Лобани и Осиновки, протекающих вблизи КЗЯ. Пробы воды отбирали в осенний период (сентябрь–ноябрь) 2015–2018 гг. в пунктах №№ 1–3 р. Лобани и № 4 р. Осиновки с глубины 0,3 м. Отбор проб производили в предварительно подготовленные ёмкости объёмом 1,5 л. Наиболее близко к полигону расположен пункт № 4 (в 5 км), более удалены от объекта пункты №№ 3, 2 и 1 (в 15, 30 и 35 км соответственно). В 2018 г. на данных участках рек проводили также отбор проб донных отложений.

Анализ проб воды и донных отложений осуществляли в научно-исследовательской

экоаналитической лаборатории Вятского государственного университета. В пробах воды определяли органолептические показатели по ГОСТ 2761-84, удельную электропроводность – кондуктометрическим методом на кондуктометре Cond 340i, водородный показатель – потенциометрическим методом на рН-метре МИ-150 согласно РД 52.24.495-2017. Массовую концентрацию неорганических ионов в пробах воды определяли методом ионной хроматографии на жидкостном хроматографе «Стайер» по ФР.1.31.2005.01724 и ФР.1.31.2005.01738. Общую жёсткость воды определяли расчётным путём. Определение содержания тяжёлых металлов (ТМ) в воде проводили методом инверсионной вольтамперометрии по ФР.1.31.2011.10126, в донных отложениях – методом атомно-абсорбционной спектроскопии согласно ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011. Полученные в ходе химического анализа данные по концентрации ионов сравнивали с ПДК для водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК<sub>х.п.</sub>) (ГН 2.1.5.1315-03) и для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение (ПДК<sub>р.х.</sub>) [17]. Острую токсичность воды и донных отложений определяли по смертности и изменению плодовитости дафний *Daphnia magna* Straus (ФР 1.39.2007.03222).

**Результаты и обсуждение**

**Органолептические показатели, рН электропроводность воды.** При определении органолептических показателей (запах, цветность и пенистость) проб воды за 2015–2018 гг. было установлено полное соответствие значений этих показателей требованиям СанПиН 2.1.5.980-00 для поверхностных вод. Большинство проанализированных проб воды

имело слабожёлтую окраску и не имело выраженного запаха.

По уровню кислотности пробы воды относились к водам с нейтральной и слабощелочной реакцией среды (табл. 1). Значения водородного показателя для проб воды варьировали от 6,5 до 8,5 ед., т. е. в пределах норматива СанПин 2.1.4.1074-01 для питьевой воды (6–9 ед.). Во всех пунктах отбора проб воды с 2015 по 2018 гг. наблюдалась тенденция к увеличению значений рН.

Электропроводность воды служит критерием общего содержания ионов. Значения данного показателя для проб воды за исследуемый период времени варьировали в пределах от 132 до 425 мкСм/см (табл. 1). Полученные значения электропроводности достаточно низки и свидетельствуют об относительно невысоких концентрациях ионов и низком уровне минерализации воды в исследуемых водотоках.

Для р. Лобани характерна стабильность изменения удельной электропроводности. Наибольшая динамика значений электропроводности установлена для р. Осиновки (пункт № 4). На данном участке реки максимальная электропроводность воды была отмечена в 2015 г. – 425 мкСм/см, а в 2017 г. – она была минимальной (132 мкСм/см). Одной из причин изменения общей минерализации воды может быть различный уровень воды в водотоке.

**Ионный состав воды, общая жёсткость.**

В ходе хроматографического анализа установлено, что среди катионов в пробах воды преобладает Ca<sup>2+</sup>: его содержание в среднем больше, чем Na<sup>+</sup> (табл. 2). Концентрация Na<sup>+</sup> выше по сравнению с Mg<sup>2+</sup>, а содержание ионов магния превышает концентрацию K<sup>+</sup>.

Общая жёсткость проб воды составила 1,15–4,76 мг-экв./дм<sup>3</sup>. Значения жёсткости

**Таблица 1 / Table 1**

Водородный показатель (рН, ед.) и электропроводность (χ, мкСм/см) воды из рек Лобани и Осиновки  
The acidity index (pH, units) and electrical conductivity (χ, μS/cm) of water from the Loban' and Osinovka rivers

№ пункта отбора No. sampling points	Дата отбора (год) / Sampling date (year)							
	2015		2016		2017		2018	
	рН	χ	рН	χ	рН	χ	рН	χ
1 – р. Лобань Loban' river	7,2±0,1	377±19	7,9±0,1	396±20	8,0±0,1	348±17	8,4±0,1	356±18
2 – р. Лобань Loban' river	6,5±0,1	370±19	7,7±0,1	406±20	8,0±0,1	359±18	8,5±0,1	361±18
3 – р. Лобань Loban' river	6,9±0,1	371±19	7,9±0,1	409±21	8,0±0,1	354±18	8,2±0,1	352±18
4 – р. Осиновка Osinovka river	7,1±0,1	425±21	6,9±0,1	225±11	7,5±0,1	132±13	8,0±0,1	172±17

Таблица 2 / Table 2

Содержание катионов (мг/дм<sup>3</sup>) и общая жёсткость (Ж, мг-экв./дм<sup>3</sup>) воды рек Лобань и Осиновки  
Cation content (mg/dm<sup>3</sup>) and total hardness (H, mg-eq./dm<sup>3</sup>) of water in the Loban' and Osinovka rivers

№ пункта отбора No. sampling points	Год Year	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Ж H
1 – р. Лобань, 35 км от полигона Loban' river, 35 km from the landfill	2015	13,5±2,0	<b>2,14±0,22</b>	1,16±0,17	12,4±1,2	48±5	3,41
	2016	16,8±2,5	<b>2,90±0,29</b>	2,17±0,33	15,9±1,6	66±7	4,60
	2017	18,6±2,8	–	1,52±0,23	14,2±1,4	58±6	4,05
	2018	16,9±2,5	–	2,20±0,30	13,9±1,4	48±5	3,54
2 – р. Лобань, 30 км от полигона Loban' river, 30 km from the landfill	2015	12,9±1,9	<b>1,76±0,18</b>	0,87±0,17	12,3±1,2	48±5	3,41
	2016	18,7±2,8	<b>4,2±0,4</b>	3,0±0,5	16,6±1,7	68±7	4,76
	2017	18,1±2,7	–	1,31±0,20	14,1±1,4	58±5	4,05
	2018	17,1±2,6	–	1,70±0,30	10,4±1,0	43±4	3,01
3 – р. Лобань, 15 км от полигона Loban' river, 15 km from the landfill	2015	13,6±2,0	<b>1,98±0,20</b>	1,39±0,21	12,4±1,3	48±5	3,41
	2016	16,7±2,5	<b>4,1±0,4</b>	3,5±0,5	14,7±1,5	59±6	4,15
	2017	17,9±2,7	–	1,40±0,20	13,9±1,4	56±6	3,94
	2018	15,1±2,3	–	1,80±0,30	14,3±0,4	25,7±2,6	2,46
4 – р. Осиновка, 5 км от полигона Osinovka river, 5 km from the landfill	2015	16,8±2,5	<b>2,64±0,26</b>	2,02±0,30	15,6±1,6	46±5	3,58
	2016	11,9±1,8	<b>3,33±0,33</b>	2,7±0,4	7,8±0,8	35±4	2,39
	2017	7,1±1,1	–	1,20±0,20	5,1±0,6	23,6±2,4	1,60
	2018	10,0±1,5	–	1,70±0,30	4,1±0,4	16,2±1,6	1,15
ПДК <sub>р.х.</sub> / MPC <sub>f</sub>		120	0,5	50	40	180	*
ПДК <sub>х.п.</sub> / MPC <sub>d</sub>		200	1,93	*	50	*	*

Примечание: прочерк обозначает, что концентрация иона в воде ниже предела обнаружения метода, жирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК; ПДК<sub>р.х.</sub> и ПДК<sub>х.п.</sub> – ПДК для водных объектов рыбохозяйственного [17] и хозяйственно-питьевого значения (ГН 2.1.5.1315-03); \* – норматив не установлен.

Note: a dash indicates that the ion concentration in water is below the detection limit of the method; MPC<sub>f</sub> and MPC<sub>d</sub> – MPC for water bodies of fishery [17] and drinking water value (GN 2.1.5.1315-03); \* – standard not established.

соответствуют категориям мягких вод и вод средней жёсткости, не превышая норматива для питьевой воды СанПин 2.1.4.1074-01.

В проанализированных пробах воды содержание большинства катионов не превышало ПДК, за исключением ионов аммония. Во всех пробах, отобранных в 2015 г., содержание NH<sub>4</sub><sup>+</sup> превышало ПДК<sub>р.х.</sub> в 3,5–5,3 раза, а для проб в пунктах № 1 и 4 – ПДК<sub>х.п.</sub> в 1,1 и 1,4 раза. В 2016 г. отмечено, по сравнению с 2015 г., увеличение в 1,3–2,4 раза концентрации NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, при этом ПДК<sub>х.п.</sub> и ПДК<sub>р.х.</sub> были превышены в 1,5–2,2 и 5,8–8,4 раза соответственно. В 2017 и 2018 гг. превышений содержания ионов аммония во всех исследуемых пробах воды не было выявлено. Таким образом, содержание NH<sub>4</sub><sup>+</sup> в воде исследуемых водотоков колеблется в разные годы. Повышенные относительно ПДК<sub>р.х.</sub> значения содержания NH<sub>4</sub><sup>+</sup> установлены нами также и для поверхностных водных объектов фоновых территорий [18, 19]. Вероятной причиной этого являются климатические особенности региона, выражающиеся в выпадении большого количества осадков или явлением засухи с низким уровнем воды в реках, а также различной активностью про-

цессов разложения азотсодержащих органических веществ природного происхождения.

Содержание анионов во всех исследуемых пробах воды не превышало ПДК (табл. 3). Среди анионов в пробах воды преобладают сульфаты, их содержание в среднем больше по сравнению с хлоридами в 2 раза и варьировало от 1,38 до 33 мг/дм<sup>3</sup>, а хлоридов – от 1,68 до 8,5 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальное содержание сульфатов было зафиксировано на участке р. Осиновки в пробе № 4 в 2015 г., хлоридов – на участке р. Лобани в пробе № 3 в 2016 г. Содержание данных ионов незначительно изменялось в разных пунктах отбора проб. С 2017 г. намечилось уменьшение содержания фторидов в воде, а в 2018 г. оно было ниже предела обнаружения метода во всех пробах.

По результатам хроматографического анализа ряд распределения катионов (по снижению их концентрации) имеет вид: Ca<sup>2+</sup> > Na<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup>, для анионов: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > Cl<sup>-</sup> > NO<sub>3</sub><sup>-</sup> > F<sup>-</sup>, что типично для пресных вод, за исключением преобладания Na<sup>+</sup> над Mg<sup>2+</sup> [20]. Сходное распределение ионов определено нами для поверхностных водных объектов заповедных территорий государственного

Таблица 3 / Table 3

Содержание анионов (мг/дм<sup>3</sup>) в воде рек Лобани и Осиновки  
The content of anions (mg/dm<sup>3</sup>) in the water of the Loban' and Osinovka rivers

№ пункта отбора No. sampling points	Год Year	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1 – р. Лобань, 35 км от полигона Loban' river, 35 km from the landfill	2015	0,141±0,021	5,8±0,9	1,68±0,25	7,4±0,7
	2016	0,23±0,04	6,7±0,7	–	12,4±1,3
	2017	0,100±0,015	6,6±1,0	1,53±0,23	11,8±1,2
	2018	–	5,7±0,6	1,60±0,24	7,4±0,7
2 – р. Лобань, 30 км от полигона Loban' river, 30 km from the landfill	2015	0,122±0,018	5,6±0,6	1,62±0,24	7,3±0,7
	2016	0,19±0,04	5,8±0,6	–	14,2±1,4
	2017	0,100±0,015	6,5±1,0	1,06±0,16	11,32±1,1
	2018	–	5,0±0,5	1,86±0,28	8,5±0,9
3 – р. Лобань, 15 км от полигона Loban' river, 15 km from the landfill	2015	0,31±0,05	6,1±0,6	1,69±0,25	7,3±0,7
	2016	0,23±0,04	8,5±1,3	–	12,34±1,2
	2017	0,109±0,016	5,5±0,8	1,24±0,19	10,57±1,1
	2018	–	5,2±0,8	1,22±0,18	9,3±0,9
4 – р. Осиновка, 5 км от полигона Osinovka river, 5 km from the landfill	2015	0,193±0,029	5,2±0,5	0,35±0,05	33±3
	2016	0,145±0,022	3,02±0,31	0,171±0,026	5,1±0,5
	2017	–	1,68±0,025	–	1,60±0,16
	2018	–	2,08±0,21	0,215±0,032	1,38±0,14
ПДК <sub>р.х.</sub> / MPC <sub>f</sub>		0,75	300	40	100
ПДК <sub>х.п.</sub> / MPC <sub>d</sub>		1,5	350	45	500

Примечание: прочерк обозначает, что концентрация иона в воде ниже предела обнаружения метода; ПДК<sub>р.х.</sub> и ПДК<sub>х.п.</sub> – ПДК для водных объектов рыбохозяйственного [17] и хозяйственно-питьевого значения (ГН 2.1.5.1315-03).

Note: a dash indicates that the ion concentration in water is below the detection limit of the method; MPC<sub>f</sub> and MPC<sub>d</sub> – MPC for water bodies of fishery [17] and drinking water value, respectively (GN 2.1.5.1315-03).

Таблица 4 / Table 4

Содержание тяжёлых металлов в воде и донных отложениях рек Лобани и Осиновки  
Content of heavy metals in water and bottom sediments of the Loban and Osinovka rivers

№ пункта отбора No. sampling points	Cu <sup>2+</sup>		Pb <sup>2+</sup>	
	вода, мкг/дм <sup>3</sup> water, µg/dm <sup>3</sup>	донные отложения, мг/кг bottom sediments, mg/kg	вода, мкг/дм <sup>3</sup> water, µg/dm <sup>3</sup>	донные отложения, мг/кг bottom sediments, mg/kg
1 – р. Лобань / Loban' river	0,53±0,12	0,25±0,07	0,00381±0,0009	0,125±0,031
2 – р. Лобань / Loban' river	0,23±0,06	0,265±0,021	0,0244±0,006	–
3 – р. Лобань / Loban' river	0,16±0,05	0,29±0,08	0,052±0,013	–
4 – р. Осиновка / Osinovka river	0,121±0,034	0,32±0,09	0,103±0,026	–

Примечание: прочерк обозначает, что концентрация иона в воде ниже предела обнаружения метода.

Note: a dash indicates that the ion concentration in water is below the detection limit of the method.

природного заказника «Пижемский» и государственного природного заповедника «Нургуш» [48, 49], которые можно использовать как фоновые. В целом, пробы воды исследуемых водотоков (реки Лобань и Осиновка) по концентрации природных неорганических ионов различаются, а именно, концентрация ионов в пробах воды р. Лобани выше, чем в р. Осиновки. Превышений фоновых значений не выявлено.

**Содержание тяжёлых металлов в воде и донных отложениях.** В пробах воды и донных

отложений, отобранных в 2018 г., определяли содержание ионов свинца (II) и меди (II). Концентрация ионов свинца (II) в пробах воды варьировала от 0,0038 до 0,103 мкг/дм<sup>3</sup> и не превышала значений ПДК (табл. 4). Наибольшая концентрация ионов Pb<sup>2+</sup> отмечается в пробе воды из р. Осиновки (пункт № 4), наиболее близко расположенной к полигону. В донных отложениях, отобранных на участках рек Лобани и Осиновки в пунктах № 2–4, ионы свинца не были обнаружены, лишь на участке р. Лобани в пункте № 1, наиболее уда-



Таблица 5 / Table 5

Токсичность проб воды и донных отложений по смертности дафний  
Toxicity of water and bottom sediment samples by mortality of *Daphnia*

№ пункта отбора No. sampling points	Количество выживших дафний* контроль/опыт / Number of surviving <i>Daphnia</i> * control/experience		Смертность дафний в опыте, в % к контролю / <i>Daphnia</i> mortality in experience, in% to control	
	вода water	донные отложения bottom sediments	вода water	донные отложения bottom sediments
1 – р. Лобань / Loban' river	10/10	10/10	0	0
2 – р. Лобань / Loban' river	10/10	10/10	0	0
3 – р. Лобань / Loban' river	10/10	10/9	0	10
4 – р. Осиновка Osinovka river	10/9	10/8	10	20

Примечание: \* – среднее арифметическое по параллельным сериям.  
Note: \* – arithmetic mean over parallel series.

лённом от полигона, содержание ионов  $Pb^{2+}$  в донных отложениях составило 0,125 мг/кг, в то время как в воде оно было минимальным – 0,0038 мкг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация ионов меди(II) в исследуемых пробах воды варьировала от 0,12 до 0,53 мкг/дм<sup>3</sup>, что находится в пределах ПДК (табл. 4). По мере удаления от полигона концентрация меди(II) в пробах воды р. Лобани увеличивается, в то время как содержание данного элемента в донных отложениях несколько уменьшается. Различие в динамике содержания элементов для донных отложений и воды может быть обусловлено тем, что донные отложения являются их аккумуляторами и отражают ситуацию по загрязнению поллютантами в прошлом.

По данным наших исследований, в 2018 г. содержание ионов свинца(II) и меди(II) в исследуемых водотоках не превышало не только ПДК, но и их фоновых значений [18], в то время как в 2020 г. согласно [21], вода из р. Осиновки имела превышения (1,1–10,7 ПДК) по органическим веществам, содержанию ионов аммония и меди. Такое изменение может быть связано с разным уровнем воды в реках, в 2020 г. отмечен низкий уровень воды в р. Осиновке, а также с возможным распространением загрязняющих веществ от полигона.

**Токсичность воды и донных отложений.** В пробах воды и донных отложений, отобранных в 2018 г., определяли токсичность воды по смертности дафний (табл. 5). В большинстве проб воды и донных отложений на момент окончания экспозиции (через 96 ч) количество выживших особей составляло 100%. Исключение составили проба воды из р. Осиновка в пункте № 4 и пробы донных отложений рек Лобани и Осиновки из пунктов №№ 3 и 4, рас-

положенных ближе к полигону. В целом, по критериям токсичности (ФР 1.39.2007.03222), все исследованные пробы не оказывают остро-го токсического действия на биотест *Daphnia magna* Straus. Однако проба донных отложений из р. Осиновки в пункте № 4 не является безвредной и требует дополнительного анализа на определение хронической токсичности.

### Заключение

Таким образом, по результатам исследования проб воды и донных отложений рек Лобани и Осиновки, расположенных на различных расстояниях от полигона захоронения ядохимикатов, сделаны следующие выводы.

1. По реакции среды все пробы воды являются нейтральными или слабощелочными, значения рН находятся в пределах норматива для питьевых вод. С 2015 по 2018 гг. отмечается незначительный рост значений рН, что может быть связано с изменением ионного состава воды.

2. Для р. Лобани во всех пунктах отбора проб воды (на протяжении от 15 до 35 км) характерен достаточно стабильный ионный состав. В 2017 и 2018 гг. отмечено снижение концентрации большинства исследуемых ионов и электропроводности воды р. Осиновки. Природный ионный состав воды из р. Осиновки значительно меняется в зависимости от года отбора, что, вероятно, связано с различным уровнем воды в водотоке.

3. Содержание ионов  $Cu^{2+}$  и  $Pb^{2+}$  в пробах воды исследуемых водотоков в 2018 гг. не превышало фоновых значений и ПДК, в то время как по данным 2020 г. в пробах воды из р. Осиновки обнаружены превышения нормативов (в пределах 1,1–10,7 ПДК) по органическим

веществам, содержанию ионов аммония и меди. Полученные данные по исследованию проб воды р. Осиновки, расположенной на более близком расстоянии к полигону, могут свидетельствовать о возможном влиянии источника загрязнения на химический состав воды. Пробы воды не оказывали острого токсического действия на дафний.

4. В пробах донных отложений наибольшие значения по содержанию ионов  $Cu^{2+}$  отмечаются в р. Осиновки. Они превышают значения данного загрязняющего вещества в пробах воды почти в 3 раза. С приближением к источнику воздействия в пробах донных отложений р. Лобани также увеличивается содержание меди. Содержание свинца в донных отложениях р. Лобани на порядок выше, чем в воде. Донные отложения, в отличие от воды, являются аккумуляторами тяжёлых металлов и, соответственно, в большей степени могут отражать влияние источника загрязнения, что подтверждается полученными результатами.

В целом, по результатам проведённого исследования не выявлено влияния полигона захоронения ядохимикатов на химический состав и токсичность воды р. Лобани, расположенной на более дальнем расстоянии от полигона, в то время как в пробах воды р. Осиновки и в донных отложениях отмечено увеличение содержания меди с приближением к полигону. При этом следует отметить, что на данном полигоне соединения меди входят в состав захороненных ядохимикатов. Полученные данные могут свидетельствовать о возможном влиянии источника загрязнения и необходимости проведения постоянного комплексного мониторинга всех компонентов природной среды, в том числе поверхностных водных объектов, по широкому спектру поллютантов на территории вблизи КЗЯ.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.*

## References

1. Ashikhmina T.Ya., Albegova A.V. Implementation of the federal project "Clean country" in the framework of the national project "Ecology" in the Kirov region // Utilization of production and consumption waste: innovative approaches and technologies: Materialy II Vserossiyskoy

nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kirov: Vyatka State University, 2020. P. 26–30 (in Russian).

2. Ashikhmina T.Ya., Domnina E.A., Perminova E.Yu. On the state of the environment in the area of the Kilmez pesticide burial // Commemorative book of the Kirov region and calendar for 2016. Kirov: Territorialnyy organ Federalnoy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Kirovskoy oblasti, 2015. P. 269–274 (in Russian).

3. Shukletsova E.S., Domnina E.A. Analysis of pesticides buried in the Kilmez burial ground for pesticides // Ecology of the native land: problems and solutions: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Kirov: VESI, 2014. P. 182–184 (in Russian).

4. Serpokrylov N.S., Borisova V.Yu., Kondakova N.V., Khalil A. Assessment of the accumulated environmental damage of the landfill for pesticides and agrochemicals // Water purification technologies "Tekhnovod-2017": Materials of the X Jubilee International Scientific and Practical Conference. Astrakhan: OOO "Lik" (Novocherkassk), 2017. P. 259–262 (in Russian).

5. Andreychik M.F. Geoeological problems of waste disposal facilities in the republic Tyva // Perspektivy nauki. 2010. No. 1 (3). P. 95–101 (in Russian).

6. Khoroshman L.M., Lazareva G.A., Kanaykina E.D. Disposal of toxic waste in Kamchatskom krae // Municipal Waste Management as an Important Factor for the Sustainable Development of a Metropolis: International Conference. Sankt-Peterburg: FGAOU VO Sankt-Peterburgskiy State Electrotechnical University LETI name V. I. Ulyanova (Lenina), 2018. No. 1. P. 258–260 (in Russian).

7. Metelkova L.O., Zhakovskaya Z.A., Kukhareva G.I. Pesticides in shallow bottom sediments Finskogo zaliva // Regionalnaya ekologiya. 2019. No. 1 (55). P. 54–68 (in Russian). doi: 10.30694/1026-5600-2019-1-54-68

8. Montory M., Ferrer J., Rivera D., Villouta M.V., Grimalt J.O. First report on organochlorine pesticides in water in a highly productive agro-industrial basin of the Central Valley, Chile // Chemosphere. 2017. V. 174. P. 148–156. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.12.125

9. Poiger T., Buerge I.J., Bächli A., Müller M.D., Balmer M.E. Occurrence of the herbicide glyphosate and its metabolite AMPA in surface waters in Switzerland determined with on-line solid phase extraction LC-MS/MS // Environmental Science and Pollution Research. 2017. V. 24. P. 1588–1596. doi: 10.1007/s11356-016-7835-2

10. Sjerps R.M.A., Kooijja P.J.F., Loona A., Wezel A.P. Occurrence of pesticides in Dutch drinking water sources // Chemosphere. 2019. V. 235. P. 510–518. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.06.207

11. Golovkov V.F., Koshelev A.V., Glukhan E.N., Eleev Yu.A., Afanasev V.V., Bogoyavlenskaya Yu.S. Methodical approach to inspection of obsolete pesticide storage facilities // Khimiya i tekhnologiya organicheskikh veshchestv. 2019. No. 3 (14). P. 68–79 (in Russian).

12. Vasnëva O.V. Modeling the processes of the spread of pesticides in groundwater in the territory Postavskogo burial // Prirodopolzovanie. 2010. No. 17. P. 69–77 (in Russian).

13. Sukhikh G.V., Ashikhmina T.Ya. Optimization of the integrated environmental monitoring system in the area of influence of the Kilmezhskogo disposal of pesticides // Ecology of the native land: problems and solutions: Materials of the All-Russian youth scientific-practical conference with international participation. Book 1. Kirov: Loban, 2012. P. 205–208 (in Russian).

14. Berezin G., Kondakova L., Domracheva L., Dabakh E. Features of soil microbial groups in the area Kilmezhsky landfill dumping of toxic chemicals (Kirov Region) // Principy èkologii. 2016. No. 2. P. 4–15. doi: 10.15393/j1.art.2016.4882

15. Sukhikh G.V., Ashikhmina T.Ya., Domnina E.A. Monitoring of natural surface and ground waters in the area of influence of the Kilmez poison cemetery // Biological monitoring of natural and technogenic systems: Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Part 1. Kirov: Loban', 2011. P. 232–234 (in Russian).

16. Sukhikh G.V., Ashikhmina T.Ya. Optimization of the integrated environmental monitoring system in the area of influence of the Kilmez burial of pesticides // Ecology of

the native land: problems and solutions: Materialy Vserossiyskoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Book 1. Kirov: Loban, 2012. P. 205–208 (in Russian).

17. The list of fishery standards, maximum permissible concentrations (MPC) and tentatively safe exposure levels of harmful substances to water of water bodies of fishery importance. Moskva: VNIRO, 1999. 304 p. (in Russian).

18. Adamovich T.A., Skugoreva S.G., Tovstik E.V., Ashikhmina T.Ya. Study of the chemical composition of water bodies protected area for use as a regional background // Theoretical and Applied Ecology. 2020. No. 1. P. 89–96 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2020-1-089-096

19. Adamovich T.A., Skugoreva S.G., Knyazeva E.V., Ashikhmina T.Ya. Studying the ionic composition of the water of the lakes of the Nurgush State Nature Reserve // Water and ecology: problems and solutions. 2017. No. 4 (72). P. 3–12 (in Russian). doi: 10.23968/2305-3488.2017.22.4.3-12

20. Nikanorov A.M. Hydrochemistry. Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat, 2001. 444 p. (in Russian).

21. NTA – Volga region. Volga Federal District news. Scientists have estimated the concentration of hazardous substances at the Kilmez burial of pesticides in the Kirov region [Internet resource] [https://www.nta-nn.ru/news/pfo/2020/news\\_626765/](https://www.nta-nn.ru/news/pfo/2020/news_626765/) (Accessed: 18.11.2020).