

УДК 372.857:579.266
ББК 74.262.8:28.4

DOI: 10.31862/1819-463X-2024-6-184-193

НАИБОЛЕЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ПОЧВ УРБООКОСИСТЕМ В ОРГАНИЗАЦИИ ШКОЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ПРОФИЛЬНЫХ КЛАССАХ

С. С. Астанин, И. И. Корецкая, И. Д. Свистова

Аннотация. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (ФГОС СОО) предполагает углубление знаний в процессе внеурочной деятельности; обучающиеся, освоившие углубленный уровень, должны владеть методами научного исследования. Школьный экологический мониторинг (ШЭМ) реализуется через исследовательскую деятельность практической краеведческой направленности. Рассмотрен вопрос участия ШЭМ в формировании экологического мышления и навыков научно-исследовательской деятельности школьников профильных химико-биологических классов. Предлагается организовать ШЭМ для обучающихся в профильных классах с использованием простых и доступных методов микробиоиндикации почвы. На основании исследований, по зонам города Воронежа с разным уровнем нагрузки отобраны наиболее чувствительные методы микробиоиндикации: фитотоксическая активность почвы (метод почвенных пластинок, тест-растение редис или редька масличная, показатель – ингибирование роста зародышевого корешка) и содержание азотобактера (метод обрастания почвенных комочков на безазотистой, селективной среде Эшби). Продемонстрирована информативность данных показателей – корреляция с уровнем загрязнения почвы разных городских зон (рекреационной, селитебной, транспортной). Разработан и реализован курс внеурочной деятельности с использованием разнообразных организационных форм: лекции, диспут, выездные экскурсии, лабораторный практикум, конференции, проектная деятельность. Статья поможет учителям и студентам-практикантам грамотно организовать и провести экологический мониторинг городских почв в профильных классах средней школы.

Ключевые слова: внеурочная деятельность школьников, школьный экологический мониторинг, методы микробиоиндикации почвы, экологическая культура, экологическое мышление, профильный класс.

© Астанин С. С., Корецкая И. И., Свистова И. Д., 2024



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Для цитирования: Астанин С. С., Корецкая И. И., Свистова И. Д. Наиболее чувствительные методы биотестирования почв урбоэкосистем в организации школьного экологического мониторинга в профильных классах // Наука и школа. 2024. № 6. С. 184–193. DOI: 10.31862/1819-463X-2024-6-184-193.

THE MOST SENSITIVE BIOTESTING METHODS IN THE ORGANISATION OF SCHOOL ENVIRONMENTAL MONITORING IN PROFILE CLASSES

S. S. Astanin, I. I. Koretskaya, I. D. Svistova

Abstract. *The Federal State Educational Standard for Secondary General Education (FGOS SGE) assumes deepening of knowledge in the process of extracurricular activities. Students who have mastered the advanced level should know the methods of scientific research. School environmental monitoring (SEM) is realised through research activities of practical local history orientation. The question of participation of SEM in formation of ecological thinking and skills of research activity of pupils of profile chemical-biological classes is considered. It is suggested to organise SEM for students in profile classes using simple and accessible methods of soil micro-bioindication. On the basis of research, in Voronezh city zones with different levels of pollution, the most sensitive methods of microbioidication are selected: phytotoxic activity of soil (method of soil plates, test-plant radish or oilseed radish, inhibition of germinal root growth as indicator) and content of Azotobacter (method of soil lumps fouling on nitrogen-free, selective Ashby's medium). The informativity of these indicators – their correlation with the level of soil pollution in different urban zones (recreational, residential, transport) was demonstrated. A course of extracurricular activities has been developed and implemented using a variety of organisational forms: lectures, debates, field trips, laboratory practice, conferences, project activities. The article will help teachers and students-practitioners to competently organise and conduct environmental monitoring of urban soils in profile classes of secondary school.*

Keywords: *extracurricular activities of schoolchildren, school environmental monitoring, methods of soil microbioidication, ecological culture, ecological thinking, profile class.*

Cite as: Astanin S. S., Koretskaya I. I., Svistova I. D. The most sensitive biotesting methods in the organisation of school environmental monitoring in profile classes. *Nauka i shkola*. 2024, No. 6, pp. 184–193. DOI: 10.31862/1819-463X-2024-6-184-193.

Введение

Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования предполагает углубление знаний обучающихся в процессе внеурочной деятельности [1]. Согласно требованиям Федеральной основной образовательной программы (ФООП), обучающиеся, осваивавшие профильный (углубленный) уровень изучения предмета «Биология», должны владеть методиками научного исследования, чтобы выявлять антропогенные изменения в экосистемах своей местности [2].

Школьный экологический мониторинг (далее – ШЭМ) – это часть системы экологического образования, предназначена для формирования экологических знаний, умений, навыков и мировоззрения на базе практической деятельности, включает программные наблюдения за состоянием окружающей среды определенного региона.

Существует федеральная «Единая государственная система экологического мониторинга», создаются территориальные программы экологического мониторинга, куда может быть включен ШЭМ как локальный компонент [3; 4].

Цели ШЭМ:

- в ходе проведения практических исследований сформировать у учащихся экологическую культуру, определенные знания и активную социальную позицию по охране природы;
- проведение анализа и подсчета экологических показателей, включая параметры, не отслеживаемые природоохранными организациями [3–5].

Организационные формы проведения школьного экологического мониторинга – кружки, научно-исследовательские группы, лабораторные работы, практикумы, конференции, летние экологические лагеря, экскурсии, экспедиции, проектная деятельность [6]. Методы исследования в рамках ШЭМ должны быть просты в исполнении (не требовать дорогостоящей аппаратуры и реактивов) и информативными, то есть объективно оценивать уровень загрязнения окружающей среды [6–8].

Биоиндикация позволяет оценить синергический эффект различных видов поллютантов или иных воздействий на экосистемы по состоянию живых организмов. Известно, что чувствительность микроорганизмов к воздействию внешних факторов на несколько порядков превышает макроорганизмы, что делает почвенное микробное сообщество удобным параметром для выявления ранних негативных тенденций при антропогенном воздействии [9–11]. Стоит отметить, что для биоиндикации в ШЭМ практически не используют микробное сообщество почвы [11].

Фитотоксическая активность почвы – это способность почвы ингибировать рост и развитие растений в результате накопления токсичных веществ. В литературе известны различные методы определения фитотоксической активности почвы: элюатный метод предусматривает приготовление вытяжки из почвы, замачивание семян растений (пшеницы) в этом растворе и наблюдение за процессом их прорастания [12], а также контактный метод, который предусматривает непосредственный контакт семян тест-растений с почвенными пластинками [13]. В последнем методе на всхожесть семян и рост проростков оказывают влияние как экстрагируемые водой, так и сорбированные почвенными частицами вещества [14]. Причины почвенного фитотоксикоза могут быть абиогенными (повышение ПДК тяжелых металлов, нефтепродуктов, пестицидов, значительное подкисление или защелачивание) и биогенными (микотоксины, выделяемые токсигенными микромицетами, бактериями и актиномицетами) [15].

Известно, что в городских почвах нарушается круговорот азота, особенно страдает продукционный процесс (азотфиксация). Ранее авторами было показано, что численность в почве анаэробных азотфиксаторов оказалась малоинформативной, более инертной, не выявлено зависимости данного показателя от уровня городской нагрузки на почву. Ограничивающим фактором также служит быстрое снижение численности облигатно анаэробных бактерий при хранении почвы на воздухе. Данный показатель не может быть рекомендован как параметр микробиоиндикации [15].

Более информативным показателем оказалась численность в почве аэробных азотфиксаторов – бактерий рода Азотобактер. Методика определения азотобактера в почве как биоиндикатора антропогенного загрязнения включена в базовый пакет научных исследований федерального проекта «Всероссийский атлас почвенных микроорганизмов», который реализуется в рамках научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 годы и курируется Министерством науки и высшего образования Российской Федерации [16].

Для городских школьников актуальным направлением ШЭМ может быть оценка экологического состояния разных городских зон в районе расположения школы с помощью методов микробиоиндикации почвы [14–16].

Цель исследования – выбор простых и информативных методов микробиомониторинга, доступных для внеурочной исследовательской деятельности обучающихся в профильных классах.

Материал и методы исследования

Почвенные пробы отбирали из верхнего слоя 0-20 см в городских зонах с разным уровнем нагрузки (рекреационных, селитебных, транспортных), контроль (фон) – пригородная почва. Фитотоксическую активность почвы определяли в почвенной вытяжке (элюатный метод) и на почвенных пластинках (контактный метод) (контроль опыта – проращивание на влажной фильтровальной бумаге) [17]. Содержание азотобактера определяли методом обрастания почвенных комочков на агаризованной безазотистой среде Эшби [18].

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве тест-растений для определения фитотоксической активности почвы авторами ранее были проверены семена травянистых растений 16 видов 7 семейств: Мятликовые, Мотыльковые, Маревые, Капустные (Крестоцветные), Амарантовые, Гвоздичные, Астровые. Наиболее чувствительными оказались виды семейства Капустные (Крестоцветные) – редис и редька масличная. Из тестируемых показателей более чувствительным оказался рост корня проростка тест-растения, различия с контролем по этому показателю выражены сильнее, чем по традиционному показателю всхожести семян [17].

С использованием выбранных авторами тест-растений и показателя их роста авторами была оценена фитотоксическая активность почвы разных городских зон Воронежа, результаты биотестирования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Фитотоксическая активность почвы разных зон г. Воронежа по показателю роста корня проростков редиса и редьки масличной (ингибирование, %). Числитель – диапазон min–max значения, знаменатель – max/min (коэффициент микрозональности почвы)

Фитотоксическая активность	Контроль	Городские зоны		
		рекреации	селитебные	транспортные
<i>Почвенная вытяжка</i>				
Min–max	4–5	4–6	3–7	6–13
Max/min	1,2	1,5	2,3	2,2
Превышение контроля, раз (среднее значение)	–	1,2	1,2	2,4
<i>Почвенные пластинки</i>				
Min–max	7–10	8–14	7–30	27–42
Max/min	1,4	1,8	4,3	1,6
Превышение контроля, раз (среднее значение)	–	1,2	3,5	4,4

Фитотоксическая активность почвы возрастала в селитебных и транспортных зонах города. Более чувствительным методом для оценки почвенного фитотоксикоза оказался метод почвенных пластинок, так как абсолютные значения показателя в этом случае были заметно выше. Этот метод был и более информативным, так как по отдельным точкам отбора максимальная разница с пригородными почвами достигала 7 раз, в среднем по зоне 4,4 раза [17]. Для почвенной вытяжки разница с пригородными почвами была ниже в 2–4 раза, этот метод не может быть рекомендован для ШЭМ.

В городских зонах с высоким уровнем антропогенной нагрузки (селитебные, транспортные) авторами также выявлено возрастание коэффициента микрizonaльности почвы в связи с ее загрязнением. Поэтому в этих зонах следует отбирать не менее 5–7 отдельных проб почвы методом конверта, а анализировать их можно отдельно или в виде смешанной пробы.

Выполнение анализа учащимися сложности не представляет. Почву увлажняют до 60% полной влагоемкости, формируют пластинку путем уплотнения в чашке Петри, на поверхности раскладывают 50 семян. Длину корня проростка определяют на 3–4 сутки роста, когда корень в контрольном варианте опыта (на увлажненной фильтровальной бумаге) достигнет 3–3,5 см [17].

Результаты по содержанию азотобактера в почве разных городских зон представлены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание азотобактера в почве разных зон Воронежа (% обрастания почвенных комочков). Обозначения те же, что в табл. 1

Сроки отбора проб	Контроль	Городские зоны		
		рекреации	селитебные	транспортные
Май	$\frac{85-90}{1,06}$	$\frac{88-90}{1,02}$	$\frac{80-98}{1,22}$	$\frac{20-38}{1,90}$
Снижение по сравнению с контролем, раз (среднее значение)	1,0	1,0	1,1	3,0
Сентябрь	$\frac{96-100}{1,04}$	$\frac{90-94}{1,04}$	$\frac{52-82}{1,58}$	$\frac{10-22}{2,20}$
Снижение по сравнению с контролем, раз (среднее значение)	1,0	0,9	1,4	5,2

По данному биоиндикационному показателю авторами выявлена обратная зависимость между уровнем городской нагрузки (загрязнением почвы) и содержанием азотобактера в почве. Содержание азотобактера в почве транспортной зоны города снижалось в 3–5 раз, что указывает на подавление процесса поступления азота в нарушенные и загрязненные почвы. Наиболее выражены отличия в конце вегетационного сезона. Коэффициент микромозаичности почвы по данному показателю также возрастал в селитебных и транспортных зонах города [18].

Простота и доступность данного метода для ШЭМ определяется возможностью проведения эксперимента в нестерильных условиях, так как агаризованная среда Эшби является селективной для группы бактерий-азотфиксаторов, а другие почвенные микроорганизмы на ней не вырастают.

По обоим предложенным авторами биоиндикационным параметрам отмечается хорошая корреляция с уровнем загрязнения почвы Воронежа поллютантами. Фитотоксическая активность почвы возрастала, а содержание в ней азотобактера снижалось по мере возрастания городской нагрузки в ряду: *рекреации* < *сели-тебные зоны* < *транспортные зоны* города [18].

На основании предложенных авторами информативных параметров и сроков проведения микробиоиндикации почвы урбозкосистем авторами был разработан и внедрен в образовательное пространство МБОУ «Лицей «Многоуровневый образовательный комплекс № 2» курс внеурочной деятельности по экологии и биологии. Курс проводился в профильных 9, 10 и 11-х классах в 2022/23 учебном году и был рассчитан на 18 часов (1 раз в две недели). Научными консультантами выступали преподаватели кафедры биологии растений и животных ВГПУ. Развернутое тематическое планирование курса представлено в табл. 3.

Таблица 3

**Тематическое планирование курса внеурочной деятельности
«Микробиоиндикация почвы различных городских зон Воронежа»**

Тема	Кол-во часов	Формы деятельности
Теоретические основы методов биоиндикации	1	Обзорная лекция
Этапы биомониторинга почв урбозкосистем	1	Обзорная лекция
Анализ оценки экологического состояния почв г. Воронежа (по научным публикациям)	2	Мини-конференция, заслушивание проектов
Знакомство с методиками исследования	1	Беседа, знакомство с лабораторным оборудованием и методами выращивания микроорганизмов
Отбор почвенных проб на территории МБОУ «Лицей «МОК № 2»	1	Экскурсия по территории школы, сбор почвенных проб для анализа
Отбор почвенных проб в различных зонах Воронежа в окрестностях лицея	3	2 часа – инструктаж, выездная экскурсия в места отбора почвенных проб (по группам); 1 час – подготовка почвы к хранению и исследованию
Определение фитотоксической активности почвы (постановка опыта)	2	Групповой практикум
Снятие результатов экспериментов, расчет показателей	1	Групповой практикум
Определение содержания азотобактера в почве (постановка опыта)	2	Групповой практикум
Снятие результатов экспериментов, расчет показателей	1	Групповой практикум
Презентация результатов исследования фитотоксической активности почвы разных зон г. Воронежа	1	Мини-конференция, диспут
Презентация результатов исследования содержания азотобактера в почвах разных зон г. Воронежа	1	Мини-конференция, диспут
Оформление отчетного сообщения и экологической карты района расположения МБОУ «Лицей «МОК № 2»	1	Оформительно-внедренческий этап, индивидуальные консультации

По результатам исследования, учащиеся химико-биологических классов, завершившие данный курс, стали призерами и победителями региональных конкурсов и конференций. Отмечалась положительная динамика мотивации обучающихся к научно-исследовательской деятельности, постановке опытов, их интерпретации, анализу актуальной экологической ситуации почв пришкольной территории и различных зон г. Воронежа. На последнем занятии было проведено анкетирование обучающихся экспериментальной группы о полезности и увлекательности апробированного учебного курса. В анкетировании приняло 96 обучающихся профильных 9, 10, 11-х классов (рис. 1).



Рис. 1. Результаты анкетирования учеников профильных классов МБОУ «Лицей «МОК № 2» на предмет полезности и увлекательности апробированного годового элективного курса

По окончании исследовательского этапа в рамках проведенного ШЭМ были организованы и проведены экологические акции в школе (в рамках недели экологии и недели естественности и научности). Результаты ШЭМ переданы в городской комитет охраны природы. Для Советского района г. Воронежа, в том числе территории Лицея, была спроектирована экологическая карта почвенного загрязнения с пометкой благоприятных и неблагоприятных зон.

Заключение

ШЭМ может быть включен в программу внеурочного экологического образования и закладывает основные экологические знания, умения, навыки научно-исследовательской деятельности. Авторами данной статьи были определены информативные параметры, оптимальные сроки отбора проб, количество почвенных образцов, модифицированы простые методы микробиоиндикации почвы, перспективные для организации проектной и учебно-исследовательской деятельности в условиях школы. Успешно реализован курс внеурочной деятельности учащихся профильных старших классов г. Воронежа. Локальный мониторинг в окрестностях школы представляет интерес для природоохранных организаций, позволяет учителю-предметнику участвовать в научных исследованиях и повышать свой профессиональный уровень. ШЭМ имеет и воспитательное значение: привлекает школьников к деятельности по анали-

зу экологической обстановки в своей местности, развивает активную общественную позицию обучающихся в области охраны окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 12.08.2022 № 732 «О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413» (зарег. 12.09.2022 № 70034). URL: <https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/Приказ-№7-от-12.08.2022.pdf> (дата обращения: 05.02.24).
2. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации № 62 от 01.02.2024 «О внесении изменений в некоторые приказы Министерства просвещения Российской Федерации, касающиеся федеральных образовательных программ основного и среднего общего образования» (зарег. 29.02.2024 № 77380). URL: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2024/03/prikaz_o_vnesenii_izmenenij_v_foopr_obzr.pdf (дата обращения: 13.03.24).
3. *Ашихмина Т. Я.* Школьный экологический мониторинг. М.: АГАР, 2006. 200 с.
4. *Юрьева Л. В.* Школьный экологический мониторинг // Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития: материалы Всерос. науч.-исслед. конф. Оренбург: Южный университет (ИУБиП), 2019. С. 265–267.
5. *Асафова Е. В.* Развитие экологической культуры старшеклассников в научно-исследовательской деятельности // Мониторинг качества образования и творческого саморазвития конкурентоспособной личности. Казань: Центр инновационных технологий, 2016. С. 146–148.
6. *Чарьева Ф.* Школьный экологический мониторинг как компонент биологического образования // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики: материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф. Тольятти: Волжский ун-т им. В. Н. Татищева, 2023. Т. 2. С. 232–235.
7. *Лукьянова Е. А.* Школьный экологический мониторинг в проектной деятельности обучающихся // Экологическая педагогика: проблемы и перспективы в свете развития технологий Индустрии 4.0: материалы Междунар. науч. школы. Мичуринск: МГАУ, 2017. С. 191–195.
8. *Аргунова М. В.* Методы учебного экологического мониторинга // Химия в школе. 2009. № 2. С. 65–70.
9. *Макаренко З. П.* Использование методик школьного экологического мониторинга для выявления и решения экологических проблем // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Киров: ВятГУ, 2020. Т. 1. С. 216–218.
10. *Курбатова Т. В.* Применение методики школьного экологического мониторинга в преподавании биологии // Вестн. Южно-уральского ГГПУ. 2009. № 2. С. 102–110.
11. *Рыжов И. Н., Ягодин Г. А.* Школьный экологический мониторинг городской среды: доп. пособие по экологии для учителей. М.: Галактика, 2020. 192 с.
12. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. М.: Стандартинформ, 2010. 15 с.
13. *Теплер З. Е., Шильникова В. К., Переверзева Г. И.* Методы почвенной микробиологии. М.: Колос, 2015. 175 с.
14. Биоиндикационные методы во внеурочной деятельности школьников / С. С. Астанин, Т. А. Молодых, И. И. Корецкая, И. Д. Свистова // Диалог на равных: материалы регионал. науч.-практ. конф., посвящ. Году педагога и наставника. Воронеж: ВГПУ, 2023. С. 11–15.
15. *Назаренко Н. Н., Свистова И. Д.* Микробиологическая индикация почв урболандшафтов. Воронеж: ВГАУ, 2013. 135 с.
16. Всероссийский атлас почвенных микроорганизмов. URL: <https://microbeatlas.ru/?ysclid=Ipsq45gucs504383176> (дата обращения: 15.01.24).

17. Свистова И. Д. Методические подходы к определению фитотоксической активности почвы и почвенных микроорганизмов // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9, № 2 (34). С. 40–46. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2019.2/5>.
18. Астанин С. С., Свистова И. Д. Биоиндикация в оценке активности азотфиксации разных категорий городских почв (на примере Воронежа) // Интеграция и устойчивость зеленой инфраструктуры: материалы Междунар. молодеж. науч. школы-конф. Воронеж: ВГЛУТ им. Г. Ф. Морозова, 2023. С. 199–203. DOI: https://doi.org/10.58168/ISGreenI2023_199-203.

REFERENCES

1. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 12.08.2022 No. 732 “О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. No. 413” (зарег. 12.09.2022 No. 70034). Available at: <https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/Prikaz-№-7-ot-12.08.2022.pdf> (accessed: 05.02.24).
2. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации No. 62 от 01.02.2024 “О внесении изменений в некоторые приказы Министерства просвещения Российской Федерации, касающиеся федеральных образовательных программ основного и среднего общего образования” (зарег. 29.02.2024 No. 77380). Available at: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2024/03/prikaz_o_vnesenii_izmenenij_v_foop_obzr.pdf (accessed: 13.03.24).
3. Ashikhmina T. Ya. *Shkolnyy ekologicheskiy monitoring*. Moscow: AGAR, 2006. 200 p.
4. Yuryeva L. V. Shkolnyy ekologicheskiy monitoring. In: *Molodezhnaya nauka v XXI veke: traditsii, innovatsii, vektory razvitiya. Proceedings of All-Russian research conference*. Orenburg: Yuzhnyy universitet (IUBiP), 2019. Pp. 265–267.
5. Asafova E. V. Razvitiye ekologicheskoy kultury starsheklassnikov v nauchno-issledovatel'skoy deyatel'nosti. In: *Monitoring kachestva obrazovaniya i tvorcheskogo samorazvitiya konkurentosposobnoy lichnosti*. Kazan: Tsentr innovatsionnykh tekhnologiy, 2016. Pp. 146–148.
6. Charyeva F. Shkolnyy ekologicheskiy monitoring kak komponent biologicheskogo obrazovaniya. In: *Tatishchevskie chteniya: aktualnye problemy nauki i praktiki. Proceedings of the XIX International scientific-practical conference*. Tolyatti: Volzhskiy un-t im. V. N. Tatishcheva, 2023. Vol. 2, pp. 232–235.
7. Lukyanova E. A. Shkolnyy ekologicheskiy monitoring v proektnoy deyatel'nosti obuchayushchikhsya. In: *Ekologicheskaya pedagogika: problemy i perspektivy v svete razvitiya tekhnologiy Industrii 4.0. Proceedings of International scientific school*. Michurinsk: MGAU, 2017. Pp. 191–195.
8. Argunova M. V. Metody uchebnogo ekologicheskogo monitoringa. *Khimiya v shkole*. 2009, No. 2, pp. 65–70.
9. Makarenko Z. P. Ispolzovanie metodik shkolnogo ekologicheskogo monitoringa dlya vyyavleniya i resheniya ekologicheskikh problem. In: *Ekologiya rodnogo kraya: problemy i puti ikh resheniya. Proceedings of the XV All-Russian with international participation scientific-practical conference*. Kirov: VyatGU, 2020. Vol. 1, pp. 216–218.
10. Kurbatova T. V. Primenenie metodiki shkolnogo ekologicheskogo monitoringa v prepodavanii biologii. *Vestn. Yuzhno-uralskogo GGPU*. 2009, No. 2, pp. 102–110.
11. Ryzhov I. N., Yagodin G. A. *Shkolnyy ekologicheskiy monitoring gorodskoy sredy: dop. posobie po ekologii dlya uchiteley*. Moscow: Galaktika, 2020. 192 p.
12. GOST R ISO 22030-2009. Kachestvo pochvy. Biologicheskie metody. Khronicheskaya fitotoksichnost v otnoshenii vysshikh rasteniy. Moscow: Standartinform, 2010. 15 p.
13. Tepper Z. E., Shilnikova V. K., Pereverzeva G. I. *Metody pochvennoy mikrobiologii*. Moscow: Kolos, 2015. 175 p.

14. Astanin S. S., Molodykh T. A., Koretskaya I. I., Svistova I. D. Bioindikatsionnye metody vo vneurochnoy deyatel'nosti shkolnikov. In: *Dialog na ravnykh. Proceedings of regional scientific-practical conference, dedicated to the year of the teacher and mentor*. Voronezh: VGPU, 2023. Pp. 11–15.
15. Nazarenko N. N., Svistova I. D. *Mikrobiologicheskaya indikatsiya pochv urbolandshaftov*. Voronezh: VGPU, 2013. 135 p.
16. Vserossiyskiy atlas pochvennykh mikroorganizmov. Available at: <https://microbeatlas.ru/?ysclid=lpsq45gucs504383176> (accessed: 15.01.24).
17. Svistova I. D. Metodicheskie podkhody k opredeleniyu fitotoksicheskoy aktivnosti pochvy i pochvennykh mikroorganizmov. *Lesotekhnicheskij zhurnal*. 2019, Vol. 9, No. 2 (34), pp. 40–46. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2019.2/5>.
18. Astanin S. S., Svistova I. D. Bioindikatsiya v otsenke aktivnosti azotfiksatsii raznykh kategoriy gorodskikh pochv (na primere Voronezha). In: *Integratsiya i ustoychivost zelenoy infrastruktury. Proceedings of International Youth Scientific School-Conference*. Voronezh: VGLTU im. G. F. Morozova, 2023. Pp. 199–203. DOI: https://doi.org/10.58168/ISGreenI2023_199-203.

Астанин Станислав Сергеевич, аспирант кафедры биологии растений и животных, естественно-географического факультета, Воронежский государственный педагогический университет; учитель биологии, Лицей «Многоуровневый образовательный комплекс № 2», г. Воронеж

e-mail: microbyrafl@gmail.com

Astanin Stanislav S., PhD post-graduate student, Plant and Animal Biology Department, Faculty of Natural Geography, Voronezh State Pedagogical University, biology teacher, Lyceum "Multilevel Educational Complex No. 2", Voronezh

e-mail: microbyrafl@gmail.com

Корецкая Инна Ивановна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии растений и животных естественно-географического факультета, Воронежский государственный педагогический университет

e-mail: innakoreckaja@rambler.ru

Koretskaya Inna I., PhD in Biology, Assistant Professor, Plant and Animal Biology Department, Faculty of Natural Geography, Voronezh State Pedagogical University

e-mail: innakoreckaja@rambler.ru

Свистова Ирина Дмитриевна, доктор биологических наук, профессор кафедры биологии растений и животных естественно-географического факультета, Воронежский государственный педагогический университет

e-mail: i.svistova@mail.ru

Svistova Irina D., ScD in Biology, Professor, Plant and Animal Biology Department, Faculty of Natural Geography, Voronezh State Pedagogical University

e-mail: i.svistova@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 05.02.2024
The article was received on 05.02.2024*