

Зыков Игорь Евгеньевич
Харламов Никита Михайлович

**ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ПРОЕКТНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ЭКОЛОГИИ
В СРЕДНЕЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЕ
(НА ПРИМЕРЕ БРИО- И ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ)**

Аннотация: проведен анализ методических подходов к организации проектно-исследовательской деятельности школьников в области экологии с использованием методов брио- и лихеноиндикации. Рассмотрены нормативные основания такой деятельности в контексте современных ФГОС, национальных проектов и стратегических документов Российской Федерации, подчеркивающих важность экологического воспитания и формирования исследовательских компетенций. Выявлены ключевые проблемы внедрения биоиндикационных методов в школьную практику: шаблонность исследований и отсутствие возрастной дифференциации методик. Отмечена необходимость разработки готовых к применению методических рекомендаций и протоколов, которые позволят учителям организовывать содержательную и последовательную исследовательскую работу, способствующую не только выполнению учебных проектов, но и реальному участию школьников в локальном экологическом мониторинге, формированию экологически ответственной, критически мыслящей личности.

Ключевые слова: проектная деятельность, экологический мониторинг, биоиндикация, бриоиндикация, лихеноиндикация, исследовательские компетенции.

Abstract: the analysis of methodological approaches to the organization of design and research activities of schoolchildren in the field of ecology using the methods of bryoindication and lichenoindication carried out. The normative bases of such activities in the context of modern Federal State Educational Standards, national projects

and strategic documents of the Russian Federation emphasizing the importance of environmental education and the formation of research competencies are considered. The key problems of introducing bioindication methods into school practice identified: the pattern of research and the lack of age differentiation of methods. The need to develop ready-to-use methodological recommendations and protocols that will allow teachers to organize meaningful and consistent research work that contributes not only to the implementation of educational projects, but also to the real participation of schoolchildren in local environmental monitoring, the formation of an environmentally responsible, critically thinking personality.

Keywords: *project activities, environmental monitoring, bioindication, bryoindication, lichenoindication, research competencies.*

Введение.

Актуальность темы определяется тем, что согласно обновленному ФГОС учителя, должны развивать в учащихся навыки исследовательской деятельности, формировать естественно-научную грамотность и основы экологической культуры согласно нынешнему уровню экологического мышления [6–8]. В условиях возрастания антропогенной нагрузки на окружающую среду свою значимость приобретают оперативные и малозатратные методы экологического мониторинга, к которым относится биоиндикация. Проблемы использования методов биоиндикации в школьных исследованиях связаны с адаптацией сложных научных методов, систематическим определением индикаторных видов в школьных условиях, обеспечением репрезентативности данных, интерпретацией результатов, организацией и ресурсным обеспечением. Таким образом интеграция методов брио- и лихеноиндикации в школьную исследовательскую деятельность отвечает потребностям в области экологического контроля, в сфере современного образовательного процесса и обеспечивает изучение организмов, которые активно применяются в разных сферах нашей жизни.

Целью исследования является анализ и попытка адаптации методических разработок для организации школьной исследовательской деятельности с использованием брио- и лихеноиндикации.

Задачи исследования:

- 1) анализ значимости применения биоиндикации в школьных исследованиях с учетом современных ФГОС, национальных проектов и основополагающих законов Российской Федерации;
- 2) изучение вопроса использования экологического мониторинга с применением биоиндикации в школьных исследованиях;
- 3) выявление проблем и предложение путей их решения с использованием методов брио- и лихеноиндикации в школьной исследовательской деятельности.

Нормативные основания организации школьной исследовательской деятельности.

Современная образовательная модель, закрепленная в Федеральных образовательных стандартах (ФГОС), кардинальным образом изменила подходы к организации образовательного процесса сместив акцент с передачи знаний на формирование универсальных учебных действий (УУД) и личностных качеств учащихся.

Анализ требований ФГОС общего образования позволяет выделить три группы результатов, достижению которых способствует применение методов брио- и лихеноиндикации в школьной исследовательской деятельности [7, 8].

В области личностных результатов, во ФГОС подчеркивается формирование «экологической культуры и ответственного отношения к окружающей среде». Проведение исследований с использованием мохобразных и лишайников позволяет перевести абстрактное понятие «ответственное отношение» в практическую значимость путем проведения измерений, наблюдений, интерпретации результатов и т. п. Учащиеся не просто получают теоретические знания об экологических проблемах, а формируют выводы основываясь на собственных результатах, что приводит к осознанию причастности к выявлению проблемы и формированию путей ее решения [8].

Относительно метапредметных результатов, школьные исследования с применением биоиндикации способствуют формированию всего спектра универсальных учебных действий (УУД). В процессе работы, обучающиеся осваивают познавательные УУД, в числе которых выдвижение и проверка гипотез, планирование хода исследований, анализ и систематизация полученных данных, установление причинно-следственных связей. Формируются регулятивные УУД, такие как целеполагание, самоконтроль и корректировка своих действий в ходе работы. Не менее важны и коммуникативные УУД, поскольку исследования часто проводятся в группах, что требует от обучающихся договариваться, распределять обязанности, предоставлять и защищать полученные результаты [6–8].

В контексте межпредметных результатов методы брио- и лихеноиндикации позволяют выстроить связь с широким рядом дисциплин, изучаемых в школе. Основой данных исследований является предмет биология, что обеспечивает углубленное понимание тем, связанных не только с мхами и лишайниками, но и с экологией организмов, взаимосвязями в природе и влиянием антропогенных факторов на живые системы. Связь с географией осуществляется в момент картирования территорий на основе полученных результатов обилия, покрытия или содержания поллютантов с учетом типов местности. При изучении распространения видов на различных субстратах закрепляются понятия из школьного курса физики. Обработка и интерпретация данных, полученных в ходе исследования, выстраивает связи с математикой и информатикой. Анализ химической природы загрязнения создает прямые связи как с неорганической химией (тяжелые металлы, оксиды серы, фториды и т. д.), изучаемой в 8–9 классах, так и с органической (полициклические ароматические углеводороды, пестициды, микропластик и т. д.), изучаемой в 10–11 классах. Таким образом, используя методы биоиндикации, можно преодолеть предметную разобщенность и продемонстрировать учащимся целостную картину мира.

Значимость исследовательской деятельности экологической направленности подкреплена рядом стратегических документов, определяющих долгосрочное развитие Российской Федерации.

Одним из наиболее значимых является национальный проект «Экологическое благополучие» (2025–2030 гг.), в рамках которого поставлены конкретные задачи по улучшению экологической обстановки. Школьные исследования с использованием методов брио- и лихеноиндикации, направленные на оценку качества атмосферного воздуха, являются практической формой участия граждан, в том числе подрастающего поколения, в решение этих масштабных государственных задач. Полученные школьниками данные, даже несмотря на свою упрощенность, могут служить источником информации для формирования общественного мнения и стимуляцией интереса к экологии родного края.

Другим фундаментальным документом являются «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года». В этом документе указывается на необходимость «формирования экологической культуры, развитие экологического образования и воспитания». В качестве одного из механизмов достижения этих целей предлагается «привлечение граждан к решению вопросов в области охраны окружающей среды». Осуществление в школах биоиндикационных исследований является одним из самых доступных способов такого привлечения. Через практическую деятельность у учащихся формируется не только понимание экологических проблем, но и убежденность в возможности личного участия в их решении.

Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» устанавливает, что государственная политика в сфере образования направлена на «воспитание взаимоуважения, трудолюбия, гражданственности, патриотизма, ответственности, правовой культуры, бережного отношения к природе и окружающей среде». Данная формулировка интегрирует в себе несколько воспитательных аспектов, которые могут быть реализованы в исследовательской деятельности экологической направленности.

Конкретизация воспитательной работы осуществляется через «Федеральную рабочую программу воспитания», которая является обязательной составляющей образовательной программы в каждой школе. Анализ данной программы

позволяет выделить несколько модулей, содержание которых напрямую пересекается с использованием методов экологического мониторинга и, в частности, брио- и лихеноиндикации [9].

Проведение исследований с выстраиванием гипотез, анализом и интерпретацией данных, формулированием выводов и т. д., способствует «Формированию ценности научного познания». Не только ведение собственных исследований, но и анализ работ известных ученых формирует полное понимание познания [9].

Исследования состояния окружающей среды с использованием мхов и лишайников являются основной деятельностью в рамках модуля «Экологического воспитания». Они позволяют сформировать у школьников экологическое сознание не просто на абстрактных призывах, а на собственном участии [9].

Изучение и мониторинг природы родного края, забота о его экологическом состоянии воспитывает любовь к малой родине, что лежит в основе модуля «Гражданско-патриотического воспитания». Обучающийся исследующий и стремящийся сохранить природу своей улицы, парка, района и т. д., проявляет гражданскую ответственность [9].

Исследование чистоты атмосферного воздуха через биоиндикацию демонстрирует связь между состоянием окружающей среды и человека, что заложено в модуле «Здоровьесберегающего воспитания». Это знание способствует ответственному отношению к здоровью, как своему, так и окружающих [9].

Экологический мониторинг с использованием биоиндикации в школьной исследовательской деятельности.

Экологический мониторинг представляет собой систему регулярных наблюдений, анализа, оценки и прогноза изменений окружающей среды. В школьной практике реализуются три формы мониторинга [3; 4].

Локальный мониторинг представляет собой изучение отдельного объекта (группы объектов) или определенной территории (школьный участок, парк, водоем и т. д.). Данный тип мониторинга, наиболее приемлем для проведения в школе, т. к. может проводиться регулярно и не требует больших трудозатрат.

Импактный мониторинг направлен на наблюдение состояния окружающей среды под действием антропогенной нагрузки. В школьных исследованиях, обучающиеся могут проводить сравнение зон с разной антропогенной нагрузкой (лес, парк, район города и т. д.), что доступно показывает изменения, которые возникают под влиянием человека.

Ретроспективный мониторинг подразумевает изучение динамики изменений, происходящих в окружающей среде. В данной форме исследований могут использоваться как собственные результаты учащихся, так и архивные данные, полученные другими людьми (при условии достоверности и репрезентативности данных).

Проведение мониторинговых исследований обладает высоким образовательным потенциалом. Учащиеся получают не только теоретические знания, но и применяют их на практике, углубляя понимание экологических закономерностей.

Биоиндикация – это оценка экологического состояния окружающей среды, основанная на наблюдении за составом и численностью видов-индикаторов. Выбор подходящих биоиндикаторов является ключевым моментом в школьной исследовательской деятельности. Существует три критерия выбора видов-индикаторов. Первый критерий – это доступность и распространенность, которая обеспечивает возможность проведения массовых и долгосрочных исследований без специального забора материала. Второй критерий – простота идентификации, позволяет учащимся успешно проводить исследования без углубленного изучения специфичных данных, предпочтение отдается объектам с хорошо различимыми систематическими признаками. Третьим критерием является четкая реакция на изменение условий окружающей среды, которая обеспечивает надежность полученных данных, при этом виды-индикаторы должны демонстрировать воспроизводимую реакцию на определенные виды антропогенной нагрузки [3; 5; 12].

В школьной практике находят применение разные методы биоиндикации.

Морфологические методы основаны на оценке видимых изменений организмов под воздействием различных факторов. Эти методы доступны для начинающих исследователей, т. к. не требуют специализированного оборудования.

Анатомические методы предполагают изучение внутреннего строения организма. Эти методы требуют более серьезной подготовки и понимания теоретического материала, что существенно ограничивает возраст обучающихся, которые могут их применять.

Популяционные методы основаны на учете численности, разнообразия и структуры популяций биоиндикаторов. Эти методы позволяют получить интегральную оценку состояния экосистем [1; 5].

Основания объединения мохообразных и лишайников в исследовательской деятельности.

Мохообразные – это группа высших споровых растений, включающая в себя три отдела. Лишайники – это симбиотические организмы, состоящие из растительного компонента (одноклеточной зеленой водоросли или цианобактерии) – фотобионта и гриба – микобионта.

Обе группы сильно отличаются друг от друга как по систематике (мхи относятся к царству растения – Plantae, лишайники к царству грибы – Fungi), так и по морфологическим характеристикам. Мохообразные и лишайники широко применяются в биоиндикации качества воздуха, но гораздо реже для оценки загрязнения почвы или воды. Их совместное использование связано с уникальными биологическими особенностями, которые делают обе группы идеальными индикаторами атмосферных загрязнений [10; 11].

Мхи и лишайники полностью лишены настоящих проводящих тканей ксилемы и флоэмы, которые служат для перемещения веществ по организму растений. Также у них полностью отсутствуют специализированные механические ткани, которые у высших растений представлены колленхимой и склеренхимой.

Мохообразные и лишайники не имеют настоящих корней, поэтому используют различные морфологические адаптации для фиксации на субстрате. У мхов

они представлены ризоидами, которые являются нитевидными выростами, напоминающими корневые волоски. Лишайники крепятся к субстрату с помощью ризин (в некоторых источниках, называемых ризоидами, но не в ботаническом смысле, а по аналогии с ризоидами мохообразных), которые являются пучками грибных гиф. Как и мхи, лишайники получают воду осмотическим путем. Уровень влаги в их тканях изменяется в зависимости от колебаний влажности окружающей среды [14–16].

За счет непрочного прикрепления эти группы имеют широкий спектр субстратов для произрастания. Эпигеиды растут на земляных субстратах (почва, глина, песок и др.). Эпилиты обитают на каменистых субстратах (валунах, каменистых осыпях, гравии и др.). Эпиксилы – на гнилой древесине (пнях, валежнике и др.). Эпифиты обитают на коре деревьев, именно эта группа используется при биоиндикационных исследованиях состояния атмосферного воздуха.

Эти особенности приводят к ряду преимуществ. Все вещества поступают в мхи и лишайники исключительно через поверхность тела. Концентрация загрязнителей отражает их содержание в атмосфере. Характерно быстрое накопление даже при низких концентрациях. Визуальные изменения (некрозы, обесцвечивание) проявляются за 2–3 недели. Минимальное влияние почвенного фактора. Отсутствие плотных клеточных слоев облегчает проникновение загрязнителей. Ускоренное накопление аэрозольных частиц. Упрощение морфологии в условиях загрязнения (редукция выростов, уплощение). Возможность визуальной оценки степени загрязнения. Четкая градация повреждений в зависимости от концентрации загрязнителей [2; 13].

Проблематика брио- и лихеноиндикационных исследований в школе.

Несмотря на теоретическую обоснованность и образовательный потенциал, практическое внедрение методов брио- и лихеноиндикации в школьную исследовательскую деятельность сталкивается с рядом системных проблем. Можно выделить два ключевых проблемных аспекта: шаблонное применение методов и

отсутствие возрастной градации методик, что снижает эффективность и образовательную ценность работ [1; 3; 5].

Шаблонный подход в школьных брио- и лихеноиндикационных исследованиях обусловлен несколькими факторами. Ориентация на формальный результат часто превалирует над целями развития исследовательских компетенций, что приводит к выбору проверенных тем и методов. Недостаток времени у педагога на разработку оригинальной программы для каждого исследования, особенно при массовом вовлечение учащихся [1; 5].

Типичная шаблонизация в практике школьных исследований проявляется в нескольких аспектах. Подавляющее большинство работ сводится к двум-трем темам: «Оценка чистоты воздуха по лишайникам в районе школы», «Изучение лихенофлоры парка» или «Биоиндикация состояния окружающей среды с помощью мхов». Редко затрагиваются такие параметры как временная динамика или влияние конкретного типа загрязнения. Исследования строятся по единому алгоритму, используется одна и та же шкала оценки и стандартные способы закладки пробных площадок. Работы демонстрируют схожую структуру, а выводы часто носят общий, декларативный характер без глубокой интерпретации и обсуждения погрешностей.

Критическим препятствием в реализации потенциала брио- и лихеноиндикации в школе становится игнорирование возрастных особенностей познавательной деятельности учащихся. Преобладающая практика предлагает единый методический подход для различных возрастных групп, что приводит к дисбалансу между сложностью задачи и возможностями школьников. Для 5–7 классов стандартные протоколы, требующие тонкой морфологической дифференциации и работы с определителями, оказываются чрезмерно сложными, провоцируя механическое выполнение действий без понимания их биологической сущности. Для старшеклассников те же методики, напротив, становятся упрощенными до примитивизма, не создавая интеллектуального вызова и не позволяя применять уже накопленные знания. Данный методический тупик требует внедрения принципа

строгой возрастной дифференциации, где каждая ступень соответствует познавательным возможностям.

На начальном уровне (5–7 классы) целью должно являться не столько проведение индикации, сколько формирование базовых навыков полевого наблюдения и первичного научного мышления. На этом этапе важно сознательно сузить фокус до одного, наиболее наглядного и легко определяемого вида-индикатора. Учащиеся учатся уверенно находить и идентифицировать именно этот вид. Методы работы: визуальное наблюдение, фотофиксация, нанесение точек на схематическую карту местности. Такое упрощение служит не снижению планки, а созданию фундамента для будущих более сложных исследований.

Базовый уровень (8–9 классы) должен быть построен на принципе от наблюдения к анализу. Если на предыдущей ступени учащиеся научились видеть и распознавать объекты в природе, то здесь акцент смещается на понимание их функций как аккумуляторов. Это требует интеграции биологических методов с инструментальными подходами, прежде всего, химическими. Методика должна позволять не только констатировать наличие загрязнения по косвенным признакам, но и переходить к изучению самих накопленных веществ. Целью становится установление факта и примерной интенсивности биологического накопления поллютантов в конкретных условиях. Для этого необходимы адаптированные протоколы экспонирования биоиндикаторов и их последующего анализа с использованием доступного школьного лабораторного оборудования.

Углубленный уровень (10–11 классы) ориентирован на решение комплексных современных экологических задач, выходящих за рамки учебника. Исследовательская деятельность на этом уровне должна быть приближенной к реальной научной практике. Это предполагает работу с актуальными, зачастую малоизученными проблемами. Методический арсенал значительно расширяется: от точных методов полевого отбора проб и статистической обработки данных до применения более сложных лабораторных процедур анализа. Задача старшеклассника не просто обнаружить загрязнение, а проанализировать его природу, воз-

можные источники, пространственные закономерности распространения и оценить потенциальные риски. Работа на этом уровне формирует не просто навык, а целостное мировоззрение и готовность к решению нестандартных проблем.

Таким образом, преодоление кризисов лежит в проектировании не отдельных разрозненных работ, а сквозной исследовательской вертикали. В ней каждый этап имеет четкие, возрастосообразные цели: от формирования первичного интереса и навыков наблюдения через освоение экспериментального анализа аккумуляции к решению комплексных научно-прикладных задач. Такая система требует разработки соответствующего методического обеспечения от пошаговых инструкций до пакетов проектных заданий. Только при таком подходе школьные брио- и лихеноиндикация смогут реализовать свой образовательный потенциал, перестав быть формальными упражнениями и превратиться в полноценный путь познания окружающего мира.

Заключение.

В результате анализа значимости применения биоиндикации в школьных исследованиях с учетом современных ФГОС, национальных проектов и основополагающих законов Российской Федерации установлено, что данная деятельность имеет глубокое нормативное обоснование и высокую социальную значимость.

В ходе изучения вопроса использования экологического мониторинга с применением биоиндикации в школьных исследованиях установлен его значительный образовательный и практический потенциал, а также существующие методологические ограничения.

Выявлены две ключевые системные проблемы использования методов брио- и лихеноиндикации в школьной практике: шаблонность исследований и отсутствие возрастной дифференциации. Для их решения могут быть отобраны и адаптированы конкретные методы брио- и лихеноиндикации, обеспечивающие последовательное развитие исследовательских компетенций от простого к сложному.

Таким образом, ФГОС создает нормативную базу для внедрения исследовательской деятельности, где методы брио- и лихеноиндикации являются не только источником знаний по биологии и экологии, но и эффективным инструментом

для достижения личностных и метапредметных результатов, заложенных в стандарте.

Практическая значимость такой работы заключается в том, что методические рекомендации и конкретные протоколы исследований могут быть применены учителями биологии, экологии и химии в школьных исследовательских проектах. Они позволяют организовать содержательную, последовательную и безопасную исследовательскую работу, результатом которой станут не только учебные проекты, но и реальный вклад в локальный экологический мониторинг.

Перспективы дальнейшей работы видятся в:

- 1) аprobации и доработке стандартных методов в конкретных образовательных учреждениях с учетом региональных особенностей флоры и специфики загрязнения;
- 2) создании цифрового ресурса (базы данных, определительных онлайн-ключей, картографической платформы) для поддержки школьных исследований;
- 3) разработке программ дополнительного образования или элективных курсов естественнонаучного цикла.

Приведенное исследование не только вносит вклад в методику преподавания естественных наук, но и предлагает конкретный путь формирования экологически ответственной, критически мыслящей и обладающей практическими навыками научного познания личности, что является одной из приоритетных задач современного образования.

Список литературы

1. Апкин Р.Н. Экологический мониторинг: учебное пособие / Р.Н. Апкин, Е.А. Минакова. – Казань: КГЭУ, 2015. – 127 с.
2. Жидков А.Н. Использование некоторых лишайников для оценки воздушной среды: экология, мониторинг и рациональное природопользование / А.Н. Жидков. – Т. 302 (1). – М.: МГУЛ, 1998. – С. 112–119.

3. Зыков И.Е. Современные технологии биоиндикации в проектной деятельности учащихся / И.Е. Зыков, Л.В. Федорова // Перспективы инновационных технологий в фармации: материалы заочной научно-практической конференции с международным участием. – Орехово-Зуево, 2016. – С. 113–124. – URL: https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_011204209/?ysclid=mljef6651135737014 (дата обращения: 13.02.2026). EDN XWUVEJ

4. Зыков И. Е. Эпифитные лишайники северной Мещеры в локальном экомониторинге / И.Е. Зыков // Научное обозрение. Биологические науки, 2025. – №3. – С. 45–50. – URL: <https://science-biology.ru/jats.1417.xml> (дата обращения: 13.02.2026). DOI 10.17513/srbs.1417. EDN RHFZXG

5. Кузнецова Д.Д. Экологический мониторинг в школьной проектной деятельности / Д.Д. Кузнецова, И.Е. Зыков // Студенческая наука Подмосковью. Материалы международной научной конференции молодых ученых. – Орехово-Зуево, 2018. – С. 297–300. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35285806&ysclid=mljf0cawlj624750166> (дата обращения: 13.02.2026).

6. Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования: Приказ Минобрнауки России от 06.10.2009, №373 (ред. от 11.12.2020). – URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-noo/> (дата обращения: 13.02.2026).

7. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования: Приказ Минобрнауки России от 17.12.2010, №1897 (ред. от 11.12.2020). – URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-ooo/> (дата обращения: 13.02.2026).

8. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования: Приказ Минобрнауки России от 17.05.2012, №413 (ред. от 11.12.2020). – URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-soo/> (дата обращения: 13.02.2026).

9. Примерная программа воспитания одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию (протокол от 23 июня 2022, №3/22). – URL: <https://upload.medialibrary/aef/orxve66kt39augto500oy0ozcgnmrc2e.pdf> (дата обращения: 13.02.2026).

10. Фронтасьева М. Мхи как биомониторы загрязнений воздуха: исследования воздуха в Европе и за ее пределами на наличие тяжелых металлов, азота и стойких органических загрязнителей за 2015–2016 гг. / М. Фронтасьева, Г. Харменс, А. Ужинский, О. Чалигава [и др.]. – Дубна: ОИЯИ, 2020. – 136 с. – URL: <https://www.jinr.ru/posts/novosti-izdatelskogo-otdela-oiyai-240720/> (дата обращения: 13.02.2026).

11. Харламов Н.М. Методические подходы к оценке качества воздуха с помощью лихеноиндикации / Н.М. Харламов, И.Е. Зыков // Экология и экологическое образование в современном мире: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции (Орехово-Зуево, 06 декабря 2024). – Орехово-Зуево: ГГТУ, 2025. – С. 137–144. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82874484&ysclid=mljfcjw6o6547376117> (дата обращения: 13.02.2026).

12. Харламов Н.М. Оценка качества воздуха с помощью мхов и лишайников на антропогенно измененных территориях / Н.М. Харламов, И.Е. Зыков // Проблемы техносферной и экологической безопасности в промышленности, строительстве и городском хозяйстве: материалы III Международной научной конференции (Макеевка, 13 февраля 2025). – Макеевка: ФГБОУ ВО «ДОННАСА», 2025. – С. 226–228. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82309421&ysclid=mljffwo61a980532902> (дата обращения: 13.02.2026).

13. Ares A. Towards the methodological optimization of the moss bag technique in terms of contaminants concentrations and replicability values / A. Ares, J.A. Fernández, A. Carballeira, J.R. Aboal // Atmospheric Environment. 2014. Vol. 94. P. 496–

507. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/264255416> (дата обращения: 13.02.2026). DOI 10.1016/j.atmosenv.2014.05.066. EDN UOFCFX

14. Chaudhuri, S. Moss Bags as Active Biomonitorers of Air Pollution: Current State of Understanding, Applications and Concerns / S. Chaudhuri, M. Roy // *Nature Environment and Pollution Technology*. 2024. Vol. 23. No. 2. Pp. 829–841. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/381142119> (дата обращения: 13.02.2026). DOI 10.46488/nept.2024.v23i02.019. EDN WAEFPE

15. Świsłowski P. Comparison of Exposure Techniques and Vitality Assessment of Mosses in Active Biomonitoring for Their Suitability in Assessing Heavy Metal Pollution in Atmospheric Aerosol / P. Świsłowski, A. Nowak, M. Rajfur // *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2022. Vol. 41. No. 6. Pp. 1429–1438. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/358868658> (дата обращения: 13.02.2026). DOI 10.1002/etc.5321. EDN DPNZIK

16. Świsłowski P. Is Active Moss Biomonitoring Comparable to Air Filter Standard Sampling? / P. Świsłowski, A. Nowak, S. Wacławek [et al.] // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19. No. 8. 16 p. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/359931681> (дата обращения: 13.02.2026).

Зыков Игорь Евгеньевич – канд. биол. наук, доцент, ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет», Орехово-Зуево, Россия.

Харламов Никита Михайлович – сотрудник ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет» Орехово-Зуево, Россия.
