



**ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ**

**А.Г. Горецкая,
И.Ю. Калюжная,
И.Л. Марголина**

**Перспективы использования
методов лишеноиндикации
в экологическом образовании**

В работе рассмотрены возможности и перспективы использования методов лишеноиндикации в экологическом образовании. Проанализированы основные предпосылки использования лишайников как объекта изучения в образовательном процессе. Выделены и охарактеризованы основные методы лишеноиндикации, рекомендуемые для изучения состояния окружающей среды на разных ступенях экологического образования.

Ключевые слова: биоиндикация; лишеноиндикация; лишайники; экологическое образование; состояние окружающей среды.

В современном экологическом образовании большое внимание уделяется исследовательским проектам по изучению состояния и динамики различных компонентов окружающей природной среды, в которых используются биоиндикационные методы, в том числе методы лишеноиндикации [1; 3; 4; 6; 10; и др.].

В настоящей работе предпринята попытка обобщить и проанализировать подходы и опыт лишенологических и лишеноиндикационных исследований; оценить возможности использования методов лишеноиндикации в исследовательской работе на разных ступенях образовательного процесса.

Объем настоящей статьи не позволяет сделать детальный обзор и процитировать весьма значительный объем научных, учебных и учебно-методических публикаций, освещающих результаты многочисленных лишенологических и лишеноиндикационных исследований в России и в мире. Поэтому мы остановились только на отдельных методологических и практических аспектах использования лишайников как объекта исследовательских проектов.

Проведенный анализ соответствующей литературы [2–3; 7–13; и др.] позволил выделить несколько ключевых направлений лишенологических и лишеноиндикационных исследований:

1. Изучение морфологических, анатомических, физиологических и экологических особенностей лишайников, механизмов их адаптивных возможностей;

2. Инвентаризация таксономического и ценотического разнообразия лишайников; оценка их роли в структуре растительных сообществ и растительном покрове различных регионов и природных зон; обоснование мер по их охране и устойчивому использованию;

3. Изучение распространения таксонов лишайников и их реакции на изменения окружающей среды, включая природно- и антропогенно-обусловленные;

4. Определение индикационных возможностей лишайников; развитие методов лишеноиндикации для оценки и мониторинга состояния окружающей среды и ее компонентов;

5. Использование лишеноиндикационных методов в экологическом образовании и общественном экологическом мониторинге.

Популярность лишеноиндикационных методов и возможность их использования в экологическом образовании обусловлена следующими предпосылками:

– лишайники как симбиоз гриба и водоросли являются одними из наиболее сложно и разнообразно устроенных представителей низших растений и могут служить наглядными объектами при изучении различных разделов ботаники, эволюции растительного мира и экологии [2; 7; 11];

– лишайники распространены практически повсеместно, а наличие множества космополитичных и викарных видов делает возможным использование одних и тех же объектов на территории всей России [2; 7];

– лишайники произрастают в разных экологических условиях и на разных субстратах (камнях, почве, коре деревьев, бетоне, металле и т. д.); толерантны к временным колебаниям экологических параметров и в отличие от других растений активны и доступны для изучения в течение всего года [2; 7; 9];

– лишайники являются компонентом растительного покрова, наиболее чувствительным к механическому и химическому воздействию, в том числе техногенному, в связи с чем являются универсальными биологическими индикаторами загрязнения атмосферы [2–4; 7–13; и др.];

– достаточно крупные размеры лишайников, относительная простота сбора, определения и хранения материала без специальных приспособлений и навыков, длительная сохранность при сухом хранении (15 и более лет) и простота подготовки образца лишайника к работе, а также крайне малое количество ядовитых представителей делают возможным работу с ними не только специалистов и студентов вузов, но и школьников и даже дошкольников [5; 7];

– более чем 100-летняя история развития лишеноиндикационных исследований как в России, так и за рубежом [2; 3; 8; 13], обуславливают наличие широкого спектра методов, значительная часть которых достаточно проста и не требует использования специализированного дорогостоящего оборудования [5], что открывает большие возможности для тиражирования методологии и результатов успешных исследовательских проектов.

Сравнительный анализ лишеноиндикационных методов с позиции их применимости в образовательном процессе по ряду критериев (простота и доступность, наглядность и результативность, быстрота, дешевизна, безопасность), позволил условно разделить их на четыре группы (описательные, оценочные, аналитические и картографические методы), выделив при этом главные особенности, определяющие возможность их использования на той или иной ступени экологического образования (рис. 1).

| Лишеноиндикационные методы | | | |
|--|--|--|---|
| | Описательные | Оценочные | Аналитические |
| К а р т о г р а ф и ч е с к и е | | | |
| Параметры исследования | Встречаемость Определение по типу талома | Проективное покрытие Оценка видового разнообразия Оценка чистоты атмосферы Полеотолерантность | Определение концентраций загрязняющих веществ в пробах и водных вытяжках Выявление изменений биометрических и физиологических параметров |
| Продолжительность | До 45 минут | От 1-4 академических часов до нескольких дней | От нескольких дней до нескольких месяцев |
| Оборудование и приборная база | Линейка, палетка, лупа, дидактические карточки | Линейка, палетка, лупа, микроскоп, препаратные стекла, определители основных таксонов | Лабораторная посуда, химические реактивы, приборная база (весы аналитические, кондуктометр, спектрофотометр, флуоресцентный и электронный микроскопы и пр.) |
| Ступень образования | Дошкольное образование Начальная школа | Средняя школа Среднее профессиональное образование | Среднее профессиональное образование Высшая школа |
| Д о п о л н и т е л ь н о е э к о л о г и ч е с к о е о б р а з о в а н и е П о с т в у з о в с к о е о б р а з о в а н и е | | | |

Рис. 1. Характеристика лишеноиндикационных методов исследования для целей экологического образования

1. Описательные методы основываются преимущественно на получении качественной информации о наличии или отсутствии тех или иных таксонов (родов, видов и т. д.) и групп лишайников (накишные, листоватые, кустистые). В большей степени они нацелены на знакомство с лишайниками и приобретение учащимися первичных навыков исследовательской работы, а не на сбор точных данных. Эти методы не требуют специальной подготовки учащихся и сложного инструментария, в связи с чем широко используются на разных ступенях образования, в том числе в дошкольных образовательных учреждениях (ДОУ) и начальной школе.

В ДОУ (детских садах и центрах дополнительного образования) занятия могут происходить на территории самих учреждений, а для начальных школ

возможно проведение полевых исследований с большим территориальным охватом — на школьном дворе и прилегающих к нему участках, в скверах и парках, защитных лесонасаждениях, прилегающих к автомагистралям, и т. д. Во время натурных наблюдений важно обратить внимание учащихся на особенности лишайников, благодаря которым они чутко реагируют на загрязнение окружающей среды, прежде всего атмосферного воздуха.

Таким образом, уже на начальной ступени экологического образования учащиеся смогут получить базовые знания о лишайниках и приобрести навыки их определения, научиться анализировать полученные результаты и делать обоснованные выводы.

2. Оценочные методы лишеноиндикации ориентированы на получение количественной информации, выраженной в относительных (баллах или процентах) или абсолютных значениях.

Использование оценочных методов в образовательном процессе предполагает наличие у учащихся: а) базовых знаний о биологии, экологии и значении лишайников, возможностях их использования как биоиндикаторов качества окружающей среды; б) навыков натурных наблюдений и определения лишайников по отдельным признакам, в первую очередь по типу таллома; в) навыков простейшей математической обработки и анализа результатов (расчет процентов и пр.); г) простых измерительных приборов и дидактических материалов в образовательном учреждении.

Это обуславливает применение оценочных методов в учебной работе, начиная со средней школы и начальной профессиональной подготовки, в рамках коллективных или самостоятельных исследовательских проектов. Более подробное знакомство учащихся с лишайниками и методами лишеноиндикации возможно на внеурочных и внеклассных занятиях, а также в биологических кружках, на станциях юных натуралистов, в летних экологических лагерях и пр. При этом следует заметить, что понимание сущности и последовательности процесса исследования при использовании оценочных методов более важно, нежели точность полученных значений.

Для образовательных целей, по нашему мнению, наиболее полезны такие методы, как: оценка проективного покрытия лишайникового покрова, оценка видового разнообразия лишайников и метод полеотолерантности, расчет индекса чистоты атмосферы. Из них наиболее простой в применении является оценка проективного покрытия лишайникового покрова (как общего, так и по отдельным таксонам) на разном удалении от источников техногенного воздействия с последующим выделением участков различной степени загрязнения [2; 5; 7]. В упрощенной форме этот метод может быть использован и на более ранних ступенях экологического образования.

Метод оценки загрязнения окружающей среды по видовому разнообразию лишайников требует определенных знаний и навыков как натурных наблюдений, так и математического анализа, так как показатель видового разнообразия

лишайников имеет прямую корреляцию с концентрациями поллютантов. Метод полеотолерантности, основанный на индикаторной информативности таксономического разнообразия лишайников по отношению к уровню загрязнения среды [2; 9; 12], в последнее время все чаще применяется в школьных исследовательских проектах, о чем свидетельствует обзор веб-ресурсов.

Одной из часто используемых методик также является расчет индекса чистоты атмосферы (ОЧА), которая учитывает соотношение восприимчивости лишайников различных типов (кустистых, листоватых, накипных) к загрязнению воздуха и позволяет оценить относительную степень его загрязнения [5].

Овладев оценочными методами лишеноиндикации, учащиеся смогут получить опыт реализации полноценного исследовательского проекта, приобрести навыки получения достоверной количественной информации и пространственного анализа, что будет способствовать увеличению активности и мотивированности учащихся в выборе будущей профессии.

3. Аналитические (лабораторные) методы в лишеноиндикационных исследованиях позволяют получать количественную информацию в абсолютных значениях. Они могут использоваться для определения концентраций загрязняющих веществ в талломах лишайников, а также для выявления изменений в их строении и жизненных функциях под воздействием загрязнения [2; 3; 13].

Исследования этого уровня ориентированы на учащихся, обладающих знаниями в разных предметных областях, владеющих навыками работы с различными приборами в полевых и лабораторных условиях. Кроме того, применение аналитических методов требует довольно продолжительного периода времени и наличие хорошо оснащенной лаборатории, что не всегда возможно в условиях средней школы. Поэтому использование этих методов может быть рекомендовано для средних профессиональных и высших учебных заведений, а также для учреждений дополнительного экологического образования.

Аналитическим лабораторным исследованиям обязательно предшествует этап полевых наблюдений с использованием описательных и оценочных методов лишеноиндикации, закладкой и описанием пробных площадей и отбором образцов лишайников. Во время камерального этапа отобранные образцы лишайников проходят пробоподготовку для последующего анализа.

Среди физико-химических лабораторных методов, позволяющих определять содержание поллютантов (тяжелых металлов, оксида серы, органических веществ) в талломах лишайников, наибольшее распространение получили: метод эмиссионно-спектрального анализа, основанный на определении химического состава вещества по спектру излучения, и метод атомно-абсорбционного анализа, базирующийся на резонансном поглощении света свободными атомами, возникающем при пропускании пучка света через слой атомного пара [2; 3; 5; 12; 13].

В основе биологических лабораторных методов лежит выявление изменений биометрических и физиологических характеристик лишайников как реакции

на загрязнение. Среди них наиболее часто используются видимые повреждения таллома, фиксируемые при помощи простых увеличительных приборов (изменение размеров, окраски, деформация и пр.), и физиологические процессы (изменение скорости фотосинтеза, поглощение элементов, свойства пигментов, целостность мембран, активность ферментов и пр.), требующие применения флуоресцентного или электронного микроскопов [2; 3; 13].

На основе использования аналитических методов лишеноиндикации учащиеся получают опыт реализации многоэтапного исследовательского проекта с получением достоверных и обоснованных данных о концентрациях поллютантов, которые позволяют достаточно точно оценить степень техногенного загрязнения среды и в дальнейшем использовать полученные результаты для пространственно-временного анализа, оценки и прогнозирования экологической ситуации.

4. Картографические методы. Результирующим этапом в лишеноиндикационных исследованиях на всех ступенях экологического образования может стать пространственный анализ полученных результатов с использованием картографического метода [2; 5].

В описательных методах, ориентируясь на возраст учащихся, в качестве картографической основы возможно использование упрощенной схемы исследуемой территории, на которой различными значками отмечаются точки (площадки), где встречаются те или иные таксоны лишайников. Разными по размеру или цвету значками можно показать встречаемость, обилие и разнообразие лишайников. Для ДОУ можно делать такие схемы в виде набора карточек на магнитах и реализовывать задание в игровой форме.

В оценочных и аналитических методах для картографирования целесообразно использовать крупномасштабные топографические карты (планы) и космические снимки, на которые с помощью разработанных шкал условных обозначений наносят количественную информацию. Учащиеся могут использовать различные способы картографического изображения — внемасштабные значки, локализованные диаграммы, точечный способ. В учреждениях высшей школы и дополнительного профильного образования возможно применение ГИС-картографирования и создание серий электронных тематических карт.

Таким образом, лишеноиндикационные методы имеют ряд неоспоримых преимуществ относительно других методов оценки качества природной среды. Одним из них является возможность регулирования уровня и детальности исследования в зависимости от возраста и компетенций учащихся и преподавателя, целей и временных рамок исследовательского проекта, наличия приборной базы и вспомогательного оборудования.

Безусловно, предложенная схема не отражает всего разнообразия лишеноиндикационных методов, а фокусируется только на наиболее результативных, удобных в применении и наглядных для образовательных целей. Их использование в учебных научно-исследовательских проектах соответствует современным

представлениям об экологическом образовании для устойчивого развития, открывает большие возможности получения учащимися достоверной информации о степени техногенной нагрузки на экосистемы и состоянии окружающей природной среды и в конечном счете способствует повышению исследовательского потенциала учащихся и совершенствованию процесса обучения.

Литература

1. *Алексеев С.В., Груздева Н.В., Гущина Э.В.* Экологический практикум школьника: учеб. пособие. Самара: Учебная литература, 2006. 304 с.
2. *Бязров Л.Г.* Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир, 2002. 336 с.
3. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева и др. М.: Академия, 2007. 288 с.
4. *Габдулинова К.Г.* Ознакомление младших школьников с методом оценки качества воздуха с помощью лишайников // Начальная школа. 2010. № 7. С. 80–82.
5. *Горецкая А.Г., Марголина И.Л.* Применение лишайноиндикационных методов оценки атмосферного загрязнения в экологическом образовании // Экологические системы и приборы. 2014. № 10. С. 10–15.
6. *Кубышкина Е.Н., Веселова Е.И., Уразметов И.А.* Геоэкологический мониторинг городской среды как форма экологического образования и воспитания // Образование и саморазвитие. 2013. № 1(35). С. 28–33.
7. *Кулаков В.Г.* Кустистые и листоватые лишайники Нижнего Поволжья. Волгоград, 2002. 125 с.
8. Лихенология в России: актуальные проблемы и перспективы исследований: программа и труды II Международной конференции (Санкт-Петербург, 5–8 ноября 2014 г.). СПб., 2014. 263 с.
9. *Мартин Ю.Л.* Лихеноиндикация состояния окружающей среды // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Т. 1. Таллин: АН ЭССР, 1982. С. 27–47.
10. *Мукминов М.Н., Шуралев Э.А.* Методы биоиндикации: учебно-метод. пособие. Казань: Казанский университет, 2011. 48 с.
11. *Солдатенкова Ю.П.* Малый практикум по ботанике. Лишайники (кустистые и листоватые). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 124 с.
12. *Трасс Х.Х.* Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 7. Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 122–137.
13. *Nash T.H., Gries C.* Lichens as indicators of air pollution // The Handbook of Environmental Chemistry / ed. C.O. Hutzinger. Vol. 4. C.N.Y.: Springer-Verlag, 1991. P. 1–29.

Literatura

1. *Alekseev S.V., Gruzdeva N.V., Gushhina E.V.* E'kologicheskij praktikum shkol'nika: ucheb. posobie. Samara: Uchebnaya literatura, 2006. 304 s.
2. *Byazrov L.G.* Lishajniki v e'kologicheskom monitoringe. M.: Nauchny'j mir, 2002. 336 s.

3. Biologicheskij kontrol' okruzhayushhej sredy': bioindikaciya i biotestirovanie: ucheb. posobie dlya stud. vy'ssh. ucheb. zavedenij / O.P. Melexova, E.I. Egorova, T.I. Evseeva i dr. M.: Akademiya, 2007. 288 s.
4. *Gabdulinova K.G.* Oznakomlenie mladshix shkol'nikov s metodom ocenki kachestva vozduxa s pomoshh'yu lishajnikov // *Nachal'naya shkola*. 2010. № 7. S. 80–82.
5. *Goreczkaya A.G., Margolina I.L.* Primenenie lixenoindikacionny'x metodov ocenki atmosfernogo zagryazneniya v e'kologicheskom obrazovanii // *E'kologicheskie sistemy' i pribory'*. 2014. № 10. S. 10–15.
6. *Kuby'shkina E.N., Veselova E.I., Urazmetov I.A.* Geoe'kologicheskij monitoring gorodskoj sredy' kak forma e'kologicheskogo obrazovaniya i vospitaniya // *Obrazovanie i samorazvitie*. 2013. № 1 (35). S. 28–33.
7. *Kulakov V.G.* Kustisty'e i listovaty'e lishajniki Nizhnego Povolzh'ya. Volgograd, 2002. 125 s.
8. Lixenologiya v Rossii: aktual'ny'e problemy' i perspektivy' issledovanij: programma i trudy' II Mezhdunarodnoj konferencii (Sankt-Peterburg, 5–8 noyabrya 2014 g.). SPb., 2014. 263 s.
9. *Martin Yu.L.* Lixenoindikaciya sostoyaniya okruzhayushhej sredy' // *Vzaimodejstvie lesny'x e'kosistem i atmosfery'x zagryaznitelej*. T. 1. Tallin: AN E'SSR, 1982. S. 27–47.
10. *Mukminov M.N., Shuralev E'.A.* Metody' bioindikacii: uchebno-metod. posobie. Kazan': Kazanskij universitet, 2011. 48 s.
11. *Soldatenkova Yu.P.* Maly'j praktikum po botanike. Lishajniki (kustisty'e i listovaty'e). M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1977. 124 s.
12. *Trass X.X.* Klassy' poleotolerantnosti lishajnikov i e'kologicheskij monitoring // *Problemy' e'kologicheskogo monitoringa i modelirovaniya e'kosistem*. T. 7. L.: Gidrometeoizdat, 1985. S. 122–137.
13. *Nash T.H., Gries C.* Lichens as indicators of air pollution // *The Handbook of Environmental Chemistry* / ed. C.O. Hutzinger. Vol. 4. C.N.Y.: Springer-Verlag, 1991. P. 1–29.

*A.G. Goretskaya,
I.Yu. Kalioujnaia,
I.L. Margolina*

Possibilities for Implementation of Lichen Indication Methods in Environmental Education

The article discusses the possibilities and perspectives for implementation of lichen indication methods in environmental education. The backgrounds for using lichens as case-study objects in the educational process were analyzed. The key lichen indication methods were identified and characterized from the point of view its use for the study of the environmental conditions at different stages of environmental education.

Keywords: bioindication; lichen indication; lichens; environmental education; environmental conditions.