

до 2,4%. Примерно в равных соотношениях встречаются виды с европейскими и евро-азиатскими, евро-сибирскими и циркумбореальными типами ареалов.

**Заключение.** По результатам проведённого анализа флоры памятника природы «Белая гора» можно сделать вывод о ее специфике на данной территории. При помощи систематического анализа удалось выявить 10 ведущих семейств, среди которых первые три места занимают сложноцветные, злаковые и бобовые соответственно, что типично для флоры Средней России в целом. В спектре жизненных форм преобладают гемикриптофиты по классификации Раункиера и наземные травы по Серебрякову. Мезоморфные экобиоморфы являются доминантными на исследуемой территории. Географический анализ показал, что в составе флоры степного памятника природы «Белая гора» наиболее распространенными являются евро-западноазиатские виды.

#### Список цитируемых источников

1. Красная книга: особо охраняемые природные территории Тульской области. — Тула : Гриф и К, 2007. — 316 с.
2. Толмачев, А. И. Введение в географию растений / А. И. Толмачев. — Л., 1974. — 244 с.
3. Шереметьева, И. С. Конспект флоры сосудистых растений Тульской области / И. С. Шереметьева, Л. В. Хорун, А. В. Щербаков ; под ред. проф. В. С. Новикова. — М. : Изд-во. Ботан. сада Моск. ун-та ; Тула : Гриф и К, 2008. — 274 с.
4. Волкова, Е. М. Методическое пособие для лабораторно-практических работ по курсу «Биогеография» / Е. М. Волкова. — Тула : Изд-во ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 2006. — Ч. 1. Ботаническая география. — 94 с.
5. Хохряков, А. П. Основные типы флористических спектров Средней России / А. П. Хохряков // Флора Центральной России : материалы науч. конф., Липецк, 1—3 февр. 1995 г. — М., 1995. — С. 12—16.
6. Полуянов, А. В. Флора Курской области / А. В. Полуянов. — Курск, 2005. — 264 с.
7. Серебряков, И. Г. Экологическая морфология растений / И. Г. Серебряков. — М. : Высш. шк., 1962. — 378 с.
8. Raunkiaer, C. Om biologiske Typer, Med Hensyn til Plantemes Tilpasning til at overleve ugunstige Aarstiden Bot. Tidskr., 26. 1904 (Biological types with reference to the adaptation of plants to survive the unfavourable season; in: Raunkiaer, 1934.)
9. Булохов, А. Д. Травяная растительность юго-западного нечерноземья России / А. Д. Булохов. — Брянск, 2001. — 296 с.
10. Лавренко, Е. М. Провинциальное разделение Причерноморско-Казахстанской подобласти степной области Евразии / Е. М. Лавренко // Ботан. журн. — 1970. — Т. 55, № 5. — С. 609—625.

УДК 502.172:582.29

Д. С. Ющик, Л. А. Веремейчик

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», Минск

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИНДИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Введение.** Контроль за качеством окружающей среды, степень её благоприятности для населения проводится в целях определения состояния природных ресурсов и разработки стратегии рационального их использования, определения предельно допустимых нагрузок для любого региона, решения вопроса о воздействии на окружающую среду определённого предприятия и оценки эффективности природоохранных мероприятий и др.

В последние годы в ряде стран мира внедряются методы контроля качества атмосферного воздуха с использованием биологических методов. Методы биоиндикации основаны на наблюдениях за отдельными организмами, популяциями или сообществами организмов в естественной среде обитания в целях определения их реакции на изменения, связанные с качеством окружающей среды. Они подразумевают оценку токсических свойств загрязняющих веществ с использованием модельных живых систем. В качестве признаков визуальной биоиндикации используется внешний вид растений, показатели численности отдельных видов, соотношение в сообществах различных видов, их распределение по обилию и т. п. [1].

Аргументами в пользу целесообразности использования подходов биотестирования качества окружающей среды являются их универсальность, простота, доступность, дешевизна и высокая чувствительность тест-организмов к действию загрязняющих веществ, что позволяет получить достоверные данные о состоянии окружающей среды. Это определило возможность применения данного метода в изучении качества атмосферы как сигнального показателя экспресс-контроля, позволяющего получить данные интегральной оценки токсичности, принять необходимые меры для защиты населения.

Биоиндикаторами называются растительные и животные организмы, наличие, количество и состояние которых служат показателями изменения качества среды их обитания. Глубина биоиндикации может быть различной — от простой визуальной диагностики растений до изучения иммунных и генетических изменений в организме индикаторов. Для методов биоиндикации хорошо подходят лишайники и сосна. Они высокочувствительны к загрязнениям, и на них избирательно действуют, прежде всего, вещества, увеличивающие кислотность среды (SO<sub>2</sub>, HF, HCl, NO<sub>2</sub>). Биоиндикация — это обнаружение

и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания [2].

С учетом того, что ограничивающим фактором для постоянного поселения большинства лишайников является атмосферное загрязнение, основной целью исследований явилось установление зависимости между характером распространения эпифитных лишайников и чистотой воздуха в различных районах г. п. Зельва.

**Основная часть.** В качестве методов индикации загрязнения воздуха с помощью растений использовались лишайники — лихеноиндикация. Многочисленные исследования в районах промышленных объектов, на заводских и прилегающих к ним территориях показывают прямую зависимость между загрязнением атмосферы и сокращением численности определённых видов лишайников. Особая чувствительность лишайников объясняется тем, что они не могут выделять в среду поглощенные токсические вещества, которые вызывают физиологические и морфологические изменения. В связи с тем, что лишайники поглощают воду всей поверхностью тела в основном из атмосферных осадков и отчасти из водяных паров, влажность слоевищ непостоянна и зависит от влажности окружающей среды. Таким образом, поступление воды в лишайники происходит, в отличие от высших растений, по физическим, а не по физиологическим законам. Недаром слоевище лишайников сравнивают с фильтрованной бумагой.

По мере приближения к источнику загрязнения слоевище становится толстым, обильно покрывается соредиями. Изучение лишайниковой флоры в населённых пунктах и вблизи крупных промышленных объектов показывает, что состояние окружающей среды оказывает существенное влияние на развитие лишайников. По их видовому составу и встречаемости можно судить о степени загрязнении воздуха. Каждому уровню загрязнения атмосферной среды соответствует свой состав лишайников. Чем сильнее загрязнен воздух, тем меньше в нём видов лишайников. При повышении загрязнённости воздуха первыми исчезают кустистые лишайники, за ними — листоватые, последними — накипные.

Наиболее сильно лишайники реагируют на диоксид серы. Концентрация диоксида серы  $0,5 \text{ мг} / \text{м}^3$  губительная для всех лишайников. На территориях, где средняя концентрация  $\text{SO}_2$  превышает  $0,3 \text{ мг} / \text{м}^3$ , лишайники практически отсутствуют. В районах со средними концентрациями диоксида серы от  $0,3$  до  $0,05 \text{ мг} / \text{м}^3$  по мере удаления от источника загрязнения сначала появляются накипные лишайники, затем листовые. При концентрации менее  $0,05 \text{ мг} / \text{м}^3$  появляются кустистые лишайники и некоторые листоватые. На городской территории выделяют три уровня зоны лишайников [3].

Для исследований были выбраны посадки из конского каштана обыкновенного (*Aesculus hippocastanum*) в г. п. Зельва, имеющиеся на следующих участках: участок № 1 расположен на территории парка в микрорайоне «Южный», участок № 2 — на территории свеклопункта Городейского сахарного комбината, участок № 3 — вблизи санаторной школы.

В исследованиях определялся видовой состав лишенофлоры. Проводили отбор представителей каждого обнаруженного вида лишайника для определения его принадлежности к определённому виду. Было установлено, что на всех исследуемых участках присутствуют накипные лишайники (леканора разнообразная) и листоватые (ксантория настенная, пармелия бороздчатая), тогда как кустистые лишайники (эверния сливовая) имелись только в парке отдыха — самой чистой зоне (участок № 1). Следует отметить, что на деревьях, произрастающих вдоль дороги (участки № 2 и № 3), в основном были лишайники рода ксантория и леканора.

С учетом наличия различных видов лишайников (накипных, листоватых и кустистых) расчетным методом определялась относительная чистота атмосферы. Установлено, что степень загрязнения атмосферного воздуха на участке № 1 (парк отдыха) невысокая, показатель относительной чистоты атмосферы был равен  $0,96$ . Самым загрязнённым оказался исследуемый участок № 2, показатель относительной чистоты атмосферы составил  $0,63$ , так как рядом находятся свеклопункт и железная дорога, которые отрицательно влияют на качество атмосферы.

Проводились также исследования по определению площади проективного покрытия лишайниками стволов деревьев. Методика основана на использовании соотношения проективного покрытия ствола дерева лишайниками, зависит от суммарного количества видов лишайников и лишайников доминантного вида [3]. В ходе проведённых исследований были получены следующие данные: на участке № 1 установлено среднее значение степени покрытия, которое составляет  $52,5\%$ , что соответствует 5-й зоне загрязнения — зона чистого воздуха. На участке № 2 установлено среднее значение степени покрытия и составляет  $19\%$ , это соответствует 2-й зоне загрязнения — зоне сильного загрязнения, на участке № 3 среднее значение степени покрытия составляет  $25,2\%$  — зона умеренного загрязнения.

Полученные в результате исследований данные позволяют рекомендовать ряд природоохранных мероприятий: проинформировать население об экологическом состоянии различных районов посёлка, влиянии загрязнения на здоровье, проводить акции в защиту окружающей среды, озеленять территории школы, улицы посёлка.

**Заключение.** Изучение литературы по лихенологии позволило предположить, что лишайники — это растительные организмы, которые можно использовать в качестве индикаторов загрязнения воздуха. Каждому уровню загрязнения атмосферной среды соответствует свой состав лишайников. Чем сильнее загрязнен воздух, тем меньше в нём видов лишайников (участок № 2). При повышении загрязнённости воздуха первыми исчезают кустистые лишайники, затем — листоватые, последними — накипные.

Определение относительной чистоты атмосферы доказало, что чем разнообразнее состав лишайников, тем чище воздух. Оценивая качество воздуха по проективному покрытию стволов деревьев лишайниками, было установлено, что чем сильнее загрязнён воздух, тем меньшую площадь покрывают лишайники на стволах деревьев. Участок № 1 соответствует зоне чистого воздуха, данный факт доказывает, что чем дальше расположена проезжая часть, промышленные предприятия, тем чище воздух. Для зоны отдыха это первая необходимость. Участок № 2 соответствует зоне сильного загрязнения, что доказывает вредное воздействие транспорта и промышленности на экосистемы. Участок расположен на территории свеклопункта Городейского сахарного комбината, автомобильная дорога находится в 10 м от исследуемых деревьев, а в 300 м от исследуемого участка проходит железная дорога. Участок № 3 соответствует зоне умеренного загрязнения, дорога находится в 4 м от исследуемых деревьев.

Все способы исследования доказали, что самым чистым исследованным местом является участок № 1 — территория парка отдыха в микрорайоне «Южный» (г. п. Зельва). Участок № 2 — территория свеклопункта Городейского сахарного комбината (ул. Вокзальная, 29, г. п. Зельва) — по всем показателям оказался самым загрязнённым. Участок № 3 — территория вблизи санаторной школы г. п. Зельва (ул. Вокзальная, 23) — по всем показателям соответствует умеренной степени загрязнения атмосферы.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что лишайники очень чувствительны к загрязнению воздуха, поэтому даже в пределах трёх исследованных участков встречаются неравномерно. В рамках исследовательской деятельности установлена зависимость между эпифитными лишайниками и чистотой воздуха. В непосредственной близости от дороги лишайники встречаются крайне редко, а в отдалении от дороги, в центральной части парка растут чаще и представлены несколькими видами. Таким образом, доказана возможность использования метода лишайноиндикации для контроля загрязнения атмосферного воздуха.

#### Список цитируемых источников

1. Якунина, И. В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг : учеб. пособие / И. В. Якунина, Н. С. Попов. — Тамбов : Изд-во Тамбов. гос. техн. ун-та, 2009. — 188 с.
2. Чеснокова, С. М. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды : учеб. пособие : в 2 ч. / С. М. Чеснокова. — Владимир : Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2007. — Ч. 1. Методы биоиндикации. — 84 с.
3. Практикум по экологии : учеб. пособие / С. В. Алексеев [и др.] ; под ред. С. В. Алексеева. — М. : АО МДС, 1996. — 192 с.