



ЕВРОПА - НАШ ОБЩИЙ ДОМ: Экологические аспекты

Тематические доклады

Часть 2

Минск 2000

Расчет основных показателей системы оценки экологического состояния территории (Ипэп и Ихс) выполняется на основании обобщенных показателей информационной базы данных атрибутивного характера, расчет показателей структурной организации – при работе с картографическим материалом. С учетом изложенных методических подходов на карте выделяются элементарные замкнутые контуры, принадлежащие условно ненарушенным зонам и загрязненным ареалам. Мелкие контуры в случае их близкого расположения объединяются, визуально определяются центры выделенных зон. Минимальная площадь для выделения зон зависит от масштаба карты и масштаба оценивания.

С целью практической реализации предложенного варианта комплексной оценки нами собрана полная информационная база для реальной территории, достаточная для выполнения всех промежуточных и итоговых расчетов. По базовому региону (Брестский, Каменецкий и Пружанский районы Брестской области) выполнен расчет и получены значения предлагаемых комплексных показателей экологического состояния. Эти результаты будут использованы для разработки практических рекомендаций органам исполнительной власти при принятии управленческих решений в области природопользования и охраны окружающей среды.

Литература

1. Рунова Т.Г. Оценка изменений природных ресурсов и окружающей среды в регионе. //Достижения и перспективы. Природные ресурсы и окружающая среда. Вып. 50. 1986. – С. 3-14.
2. Заиканов В.Г., Минакова Г.Б., Смирнова Е.Б. Количественная оценка геоэкологического потенциала природных и природно-техногенных систем разного уровня. //Геоэкология. 1996, № 3. С. 134-138.
3. Зоны хронического загрязнения вокруг городских поселений и вдоль дорог в Республике Беларусь. Справочник. / Государств. гидролог. ин-т. - Санкт-Петербург, 1992. Деп. в ВИНТИ 29.11.95, № 3166-3965.
4. Дончева А.В., Марковская Л.А., Семенова Л.А. Методика оценки интенсивности техногенных воздействий на окружающую среду и степени экологической опасности отраслей промышленности // Географическое обоснование экологических экспертиз. М. 1985.
5. Транспортная система мира и проблема окружающей среды //Итоги науки и техники. Серия: Организация управления транспортом. Т. 13. М. 1994.
6. Экологическое воздействие автомобильных двигателей на окружающую среду. //Итоги науки и техники. М., 1991.
7. Методические установки по созданию эколого-географической карты масштаба 1:2500000. М. 1992.
8. Владимиров В.В. Расселение и окружающая среда. М., 1982.
9. Родоман Б.Б. Поляризация ландшафта как средство сохранения биосферы и рекреационных ресурсов //Ресурсы, среда, расселение. М., 1974.

БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ МОНИТОРИНГЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

В.В. Маврищев

Белорусский государственный педагогический университет

им. М. Танка

Комплексный мониторинг экосистем различной степени антропогенной трансформации является составной частью Программы национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. Это непрерывная программа долгосрочного сбора данных о специфических экологических системах, включающая контроль выбранных биоиндикаторов, дающих

информацию о состоянии и уровне деградации экосистем, потоке загрязнителей и их накоплении.

Исследования процесса изменения биоразнообразия фитобиоты на уровне конкретных растительных сообществ при увеличивающемся антропогенном воздействии на основе анализа структуры и состава комплексных эколого-индикаторных групп видов (биоиндикация) являются в настоящее время весьма актуальными. В общем выражении, биоиндикация - один из способов экологической экспертизы. Для оценки загрязнения биоты используются различные виды растений (лишайники, мхи, грибы), части растений (сосновые иглы) и животные.

Различные организмы по разному реагируют на антропогенные воздействия. Различают антропотолерантные, индифферентные и антропофобные виды. Некоторые из них могут служить качественными индикаторами этих воздействий, а при количественной оценке встречаемости и обилия таких видов - их степени. Следует отметить, что индикаторными свойствами обладают не только отдельные виды организмов, но и их сообщества в целом.

Как известно, **биоиндикация** - это метод оценки антропогенных или испытывающих антропогенное влияние факторов среды на основе изменения количественных характеристик биологических объектов и систем, оценка состояния окружающей среды по реакциям живых организмов [1].

Преимущество живых индикаторов состоит в том, что они: суммируют все без исключения биологически важные данные об окружающей среде и отражают её состояние в целом; делают необязательным применение дорогостоящих трудоёмких физических и химических методов для измерения биологических параметров, т.к. живые организмы реагируют на кратковременные и залповые выбросы токсикантов, которые может не зарегистрировать автоматизированная система контроля; отражают скорость происходящих в природной среде изменений; указывают пути и места различного рода загрязнений в экологических системах и возможные пути попадания этих агентов в пищу человека; позволяют судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы и человека; помогают нормировать допустимую нагрузку на экосистемы, различающиеся по своей устойчивости к антропогенному воздействию.

В качестве биоиндикаторов могут выступать организмы или сообщества организмов, к которым предъявляются следующие требования: относительная быстрота проводимых исследований; получение достаточно точных и воспроизводимых результатов; присутствие объектов, применяемых в биоиндикации, возможно в большем количестве и с одинаковыми (однородными) свойствами; диапазон погрешностей по сравнению с другими методами тестирования не более 20%; они не должны быть слишком чувствительны и слишком инертны, должны иметь достаточно продолжительный жизненный цикл.

Кроме этого, целесообразно искать индикаторы, которые реагируют даже на небольшие колебания среды, так как именно в этих случаях возникают аномалии в первую очередь. В этом отношении для индикации состояния окружающей среды наиболее пригодны организмы, занимающие более низкие трофические уровни. Такими организмами являются прежде всего лишайники.

Процесс определения состояния и изменения условий во всех местах произрастания лишайников (в естественных и селитебных ландшафтах) называется **лихеноиндикация**. Она производится по отношению к биологическим, географическим, физическим, экологическим или субстратным свойствам лишайников и позволяет решить ряд научных и прикладных задач: определение состояния природных и культурных ландшафтов; определение нарушенности состояния, а также возраста и сохранности лесных экосистем; индикация светолюбивых и теневыносливых пород деревьев; индикация здорового состояния форофита; определение кислотности почв; индикация к действию ионизирующего излучения и к повышенным концентрациям элементов тяжелых металлов; индикация состояния качества окружающей среды, главным образом

степени загрязнения различных природных компонентов (воздушной среды, почвы, литосферы и т.д.) вредными веществами (SO_x , F, NO_x и т.д.); индикация санитарно-гигиенического состояния воздушного бассейна населенных пунктов и промышленных центров; индикация возраста эрратических (наносных) валунов и древних сооружений; индикация литологического состава горных пород и геологических условий изучаемых районов; индикация чистоты водной среды; состояние водной среды могут индцировать лишайники из рода *Verrucaria*, растущие в воде.

В качестве наиболее распространенных лишеноиндикаторов для комплексной оценки состояния окружающей среды могут быть использованы следующие виды лишайников: *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Pseudevernia furfuracea*, *Evernia prunastri*, *Parmelia tiliacea*, *Physcia stellaris*, *Ph. aipolia*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Lecanora hagenii*, *L. sarcopsis*, *Aspicilia cinerea*, *Lecanora crenulata*, *L. dispersa*, *Polysporina simplex*, *Candelariella vitellina*, *Caloplaca citrina*, *Ramalina farinacea*, *R. fraxinea*, *R. pollinaria*, *Caloplaca decipiens*, *C. saxicola*, *Buellia punctata*, *Diplotoma alboatrum*, *Phaeophyscia nigricans*, *Physcia adscendens* и др.

При лишеноиндикации используются индикаторные виды лишайников с перекрывающимися экологическими амплитудами, что позволяет составлять так называемые шкалы толерантности (устойчивости к действию фактора).

Впервые подобные шкалы были разработаны в шестидесятые годы. Для условий восточной и средней Европы эстонским лишенологом Х. Трассом [2] на основе исследования лишайников г. Таллина была предложена шкала полеотолерантности лишайников, включающая 10 классов.

В условиях Беларуси предложена группа лишайников-индикаторов для определения качества воздушной среды [4, 5]. Использование лишайников дает положительные результаты при биологической индикации атмосферного SO_2 , фторидов, тяжелых металлов и фотохимических загрязнителей. Лишайники позволяют наблюдать за динамикой загрязнения в течение 20-25 лет. Хотя лишайники не заменяют дорогостоящей измерительной аппаратуры, они могут дополнить данные, полученные физико-химическими и химическими методами. Главное преимущество применения лишайников в качестве индикаторов состояния окружающей среды заключается в том, что затраты на проведение лишеноиндикационных работ не идут ни в какое сравнение с подобными затратами при использовании дорогостоящей аппаратуры и соответствующих реактивов.

На протяжении многих лет причину уменьшения лишайников в окрестностях населенных пунктов объясняли две теории. Первая касалась "уменьшения роста лишайников по причине загрязнения воздуха", вторая придерживалась гипотезы "уменьшения роста лишайников по причине относительной сухости климата городов". Обе эти теории дополняли друг друга, но все же большего признания добились приверженцы первого направления. Поэтому, в настоящее время, при зонировании лишайников учитываются следующие важные факторы: содержание SO_2 в воздухе; содержание NO_2 в воздухе; содержание фтороводорода (HF), элементов тяжелых металлов, радионуклидов, удобрений, средств защиты растений (инсектицидов) и уничтожение сорной травы (гербицидов); защитная пластическая и экологическая устойчивость различных видов лишайников; влаголюбивость лишайников; постоянное уменьшение влажности к центру города от периферии; содержание пыли и дыма в воздухе; климат окрестностей города; размер и архитектура современного города.

Пожалуй, важнейшими факторами при зонировании лишайников являются загрязнение воздуха SO_2 и NO_2 .

До конца 60-х годов при выделении лишеноиндикационных изотоксических зон учитывалось распространение отдельных индикаторных видов. Нанося на карты местонахождения определенных видов, исследователи выделяли в пределах городов 3-5 зон. В этом направлении начал работать шведский ученый Сернандер [6], который в Стокгольме описал 3 зоны - лишайниковую "пустыню", зону борьбы и нормальную зону. В этом же городе Э. Шюе

7/ выделил 5 зон.

Следует отметить, что вследствие улучшения качества воздуха может происходить возобновление лишайников в местах, где они ранее в значительной степени исчезли. Так, например, в Люксембургском саду в Париже, на стволах различных пород деревьев в начале 90-х годов были обнаружены многочисленные молодые талломы листоватых лишайников, которые не встречались здесь последние 100 лет. Возвращение лишайников, вероятно, связано с уменьшением выбросов SO_2 в период с 1982 по 1988 гг. /8/.

Различия во флорах лишайников естественной и нарушенной средой местопрорастания были замечены еще учеными прошлого столетия. Не имея точных данных в отношении экологических условий (климат, состав воздуха и др.), они могли лишь полагать, что некоторые лишайники являются чувствительными в отношении каких-то условий городов, по всей вероятности в отношении состава воздуха. Было установлено, что различные виды лишайников обладают различной чувствительностью - одни вымирают уже при малейшем проявлении культуры (они растут только в естественных растительных, не тронутых культурой ландшафтах), другие переносят умеренное влияние культуры, выдерживаясь и в небольших поселках, селах и пр., а третьи способны расти и в крупных городах, по меньшей мере в их окраинах. Общими закономерностями, выясненными при изучении лишайников крупных промышленных городов, были следующие: чем больше и выше индустриализован город, чем более загрязнен его воздух, тем меньше встречается в его границах видов лишайников - раз; тем меньшую площадь покрывают лишайники на стволах деревьев и других субстратах - два; тем ниже жизнеспособность видов - три. Было установлено также, что при повышении степени загрязненности воздуха первыми исчезают кустистые, за ними - листоватые и последними - накипные (корковые) формы.

Применение методов лишайноиндикации может способствовать наблюдению за состоянием лесных экосистем путем определения изменений в лишайнофлоре и биологии некоторых фоновых видов лишайников. Хорошим примером в динамике соснового леса может быть смена жизненных форм лишайников рода *Cladonia*, *Cladina*, *Cetraria*, *Peltigera*, которые растут на почве и грунтовых обнажениях. Например, при осветлении леса и уплотнении грунта или почвы в сосновом лесу наблюдается смена кустистых форм рода *Cladonia* на палочковидные (*C. bacillaris*, *C. cornuta*, *C. coniocraea* и т.д.), бокальчатые (*C. chlorophaea*, *C. fimbriata*, *C. pyxidata* и т.д.). Из рода *Cetraria* чаще встречается *C. ericetorum*, чем *C. islandica*.

Лишайноиндикация позволяет выявлять изменения в составе экологических систем (консорций - микрэкосистема, леса - мезоэкосистема, физико-географического района, ландшафтов и других природных комплексов - макроэкосистем), а также проводить наблюдения за состоянием консорций, например сосны обыкновенной с помощью регистрации состояния эпифитных лишайников связанных различными связями с насекомыми, грибами, водорослями и мхами. Здесь индикаторами могут быть лишайники различных жизненных форм: *Parmeliopsis ambigua*, *Lecanora pulicaris*, *L. symmetrica*, *Catillaria atropurpurea*, *Usnea hirta*, *Usnea filipendula*, *Bryoria fuscescens*, *Evernia mesomorpha*, *Chenotheca fruginea*, *Hypogymnia physodes* и др.

Полученные при лишайноиндикационных исследованиях данные используются для составления соответствующих карт или картосхем, которые дают представление о пространственном распространении антропогенных явлений и процессов.

Основным источником антропогенного загрязнения воздуха долгое время считали промышленные предприятия. Однако с каждым годом во все большем числе городов "пальма первенства" в загрязнении атмосферы переходит от промышленности к автотранспорту. Его доля в общем объеме выбросов в Бресте составляет 70-85%, в Гомеле - 65%, в Витебске и Минске 57-60%. Выбросы промышленных предприятий и выхлопные газы автомобилей содержат такие наиболее опасные загрязнители как газообразные соединения углерода и серы, хлор, а также частицы, содержащие цинк, медь, бор, сажу

Метод лишеноиндикации был применен при проведении мониторинга воздушного бассейна г. Минска. Первым этапом исследований являлся визуальный выбор объектов на территории города. В пределах каждого объекта выделялись квадраты площадью 100х100 метров. В каждом квадрате выбирались здоровые деревья. Видовой состав древесных пород для каждого объекта был специфическим. К примеру, в парке Челюскинцев это были сосны, в при- вокзальном сквере - липы и тополя и т.д.

Сбор образцов лишайников производился со стволов деревьев до высоты 160 см по всей площади. В качестве индикаторов были использованы эпифитные формы лишайников. При проведении исследования обращалось внимание на характер субстрата (для разных пород деревьев характерен свой видовой состав лишайников), на частоту встречаемости определенного вида, на внешнюю форму растения (развитие слоевища, наличие органов размножения и т.д.). Образцы лишайников отбирались вместе с корой дерева. Отобранные образцы определялись затем в лабораторных условиях. В качестве объектов исследования были выбраны парковые зоны города Минска: парк им. Я. Купалы, парк "50-летия Октября", парк "Дружбы народов", парк Челюскинцев, зеленая зона в микрорайоне "Веснянка", отдельные древесные насаждения около железнодорожного вокзала. Выбор данных объектов основан на том, что в городе визуально можно выделить зоны с наименьшим (так называемые "спальные" районы) и с наибольшим загрязнением. Так, парк Челюскинцев и парк им. Я. Купалы находятся в центре города, где концентрация промышленности, транспорта и населения максимальна. Кроме того, эти парки расположены вдоль проспекта Ф. Скорины, характеризующегося высокой интенсивностью движения автотранспорта. Парк "Дружбы народов" и зеленая зона в микрорайоне "Веснянка" относятся к "спальным" районам города и, следовательно, загрязнение атмосферы здесь будет минимальным. В наиболее невыгодном положении находятся парк "50-летия Октября" и древесные насаждения около железнодорожного вокзала, где сконцентрирована основная часть промышленности и транспорта города.

Основываясь на этом, была построена следующая гипотеза: в связи с различной концентрацией промышленности, транспорта и населения в различных районах города, загрязнение атмосферы будет неодинаковым, а, следовательно, разным будет и количество, видовой состав и соотношение лишайников для каждого отдельно взятого объекта исследования.

Для подтверждения выдвинутой гипотезы была проведена следующая работа: собраны образцы лишайников; определен видовой состав и установлено количество собранных лишайников для каждого объекта; полученные данные обработаны, сделаны предварительные выводы.

Основной метод, использованный в работе - флористический. Он основан на определении флористического состава лишайников, с помощью которого через присутствие-отсутствия отдельных видов и/или через какие-либо количественные характеристики отдельных видов или их группировок можно судить о воздействии загрязнителя на лишайники.

В результате исследований было зарегистрировано, собрано и определено 62 образца лишайников. Из всего этого количества для города характерны 24 вида, которые встречаются во всех парковых зонах довольно часто, либо являются приуроченными только к одному местобитанию (табл. 1). Так, *Phaeorhiscia orbicularis* встречается практически во всех парковых зонах, довольно распространенными являются представители родов *Physcia*, *Parmelia*, *Xanthoria*. Реже встречаются представители родов *Hurogymnia* (вид *Hurogymnia physodes* был обнаружен в зеленой зоне микрорайона "Веснянка" и в парке Челюскинцев) и *Melanelia*. Также были найдены единичные представители: виды *Candelariella xanthostigma*,

Physconia grisea и *Cladonia* sp. в зеленой зоне микрорайона "Веснянка"; виды *Caloplaca* sp. и *Zecidella* sp. в парке "50-летия Октября". Биологическое разнообразие лишайников, отмеченных в результате исследований невелико. Общее количество зарегистрированных видов составляет 27. На всех объектах встречаются только представители рода

Physcia. Для видов остальных родов не отмечено четкой приуроченности к конкретным объектам.

Таблица 1
Флористический состав лишайников, зарегистрированных в парковых зонах г. Минска

Район железнодорож. вокзала	Парк им. Я. Купалы	Парк им. Челюскинцев
Physcia sp.	Physcia ascendens	Physcia ascendens
Physcia sp. ¹	Physcia dubia	Physcia dubia
Phaeophyscia orbicularis	Physcia sp.	Parmelia sulcata
Phaeophyscia nigricans	Parmelia sulcata	Hypogymnia physodes
Xanthoria parietina	Phaeophyscia orbicularis	Hypocenomice scalaris
Xanthoria polycarpa	Melanelia exasperatula	Lichen sp.
Lecanora sp.	Melanelia fuliginosum	Melanelia fuliginosum
Lichen sp.		
Парк Дружбы Народов	Парк им. 50-летия Октября	Зеленая зона микрорайона "Веснянка"
Physcia ascendens	Physcia dubia	Physcia stellaris
Physcia stellaris	Physcia sp.	Physcia ascendens
Physcia dubia	Parmelia sulcata	Physcia tenella
Parmelia sulcata	Phaeophyscia orbicularis	Phaeophyscia orbicularis
Xanthoria parietina	Phaeophyscia sp.	Xanthoria parietina
Xanthoria polycarpa	Xanthoria parietina	Xanthoria polycarpa
Phaeophyscia orbicularis	Lecanora sp.	Physconia grisea
	Lecidea sp.	Cladonia sp.
	Caloplaca sp.	Hypogymnia physodes
		Hypogymnia physodes f.
		Candelariella xanthostigma

Наибольшее число видов было обнаружено в зеленой зоне микрорайона "Веснянка", что может служить доказательством относительной чистоты воздуха. В среднем же количество обнаруженных видов лишайников для всех остальных объектов составило 7-8 представителей.

Сопоставив полученные данные с таблицей толерантности лишайников, для города Минска были выделены лишайники, относящиеся к двум классам: гемерадифоры и гемерофилы. В свою очередь каждый класс подразделяется на подклассы, выделяемые в зависимости от степени окультуренности ландшафта. Так, класс гемерадифоры включает подкласс, состоящий из видов лишайников встречающихся в природных и слабо окультуренных ландшафтах, а также часто встречающихся в умеренно окультуренных ландшафтах. Например, виды *Hypogymnia physodes*, *Parmelia aspera*, *P. olivacea*, *Physcia aipolia*. В составе класса гемерофилов выделены три подкласса: 1) виды лишайников, которые встречаются часто в умеренно окультуренных ландшафтах и редко в сильно окультуренных ландшафтах: *Candelariella xanthostigma*, *Parmelia sulcata*, *Physcia ascendens*, *P. tenella*, *P. dubia*, *Phaeophyscia nigricans*; 2) виды лишайников, встречающиеся часто в сильно окультуренных ландшафтах: *Physconia grisea*, *Xanthoria polycarpa*; 3) виды лишайников, встречающиеся в условиях очень сильной культуры: *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina*.

Но более удовлетворяющие результаты могут быть получены при изучении распространения лишайниковых группировок. Понятно, что сведения о соотношении видов в пределах каждого изученного объекта, позволят нам оценить существующую экологическую ситуацию и произвести зонирование лишайников в пределах города. Итак, из общего количества присутствующих в парке им. Я. Купалы видов, наиболее развиты *Physcia ascendens*, *Phaeophyscia orbicularis* и *Melanelina fuliginosum*. Они достаточно часто встречаются и имеют довольно плотное покрытие 95%, 20% и 15% соответственно. Осталь-

ные виды встречаются довольно редко.

В микрорайоне "Веснянка" основу составляют *Hypogimnia physodes*, *Physcophyscia orbicularis*, *Physcia ascendens* и *Cladonia* sp. На их долю приходится 80%, 95%, 70% и 5% соответственно. В этих парках все виды имеют хорошо развитое слоевище, большие размеры, относительно равномерно распределены по всему стволу дерева. Но в пределах парка им. Я. Купалы не было обнаружено органов размножения. В отличие от них, виды лишайников, произрастающие в районе железнодорожного вокзала, имеют очень маленькие размеры, очень редко встречаются, не имеют органов размножения, на деревьях растут в нижней или средней части, на стволах много мертвого слоевища лишайников.

Индикаторами антропогенного загрязнения могут служить многие живые (растительные и животные) организмы. Так, индикаторами кислых осадков являются почвенные грибы *Ulocladium botrytes* и *Altemaria alternata*, содержания тяжелых металлов и минеральных удобрений - *Mortierella gamaiiana*. В качестве биоиндикаторов можно также рекомендовать распространенные в наших лесах зеленые мхи: *Pleurozium schreberi*, *Dicranum undulatum* и *Hylacomium splendens*. Данные виды используются в настоящее время в Западной и Северной Европе при реализации программы мониторинга содержания тяжелых металлов в бриофитах и гумусовом слое экосистем соновых лесов.

Тщательному анализу подлежат подстилка и верхний слой почвы, как биогеоэкологические горизонты, являющиеся конечным звеном в стоках загрязняющих экосистему веществ. Анализ земляных червей может показать картину загрязнения экосистемы цинком и кадмием (черви накапливают в себе эти элементы).

Польские экологи изучали содержание цинка, меди, свинца и кадмия в почвах и тканях дождевых червей, взятых с газонов вдоль дорог с интенсивным движением в Варшаве и с газонов парков, расположенных на расстоянии 200 м от дорог /9/. Результаты проведенных исследований показали значительную способность дождевых червей аккумулировать в своих тканях цинк, медь, свинец и особенно кадмий. Содержание его в тканях дождевых червей во много раз превышает содержание в почвах. Установлено, что содержание тяжелых металлов в тканях дождевых червей может служить хорошим показателем загрязнения почвы. Таким образом, исследуя земляных червей, которые обитают на различной глубине, можно получить ярусность загрязнения почвы.

На территории США в качестве биоиндикаторов используют медоносных пчел. Каждая пчелиная семья собирает пыльцу и нектар с площади свыше 4 тыс. га. Такие пчелиные семьи являются выносливыми к воздействию многих химических препаратов. Радиус сбора нектара пчелами, как правило, составляет 1.5 км от улья (иногда достигает 6 км), поэтому пчелиный мед является удачным индикатором состояния окружающей среды в данной местности, а сами насекомые могут быть эффективно использованы в качестве показателей загрязнения окружающей среды.

Интенсивное изучение возможности использования медоносных пчел для биомониторинга было начато в 1981 г. /10/. При этом исследования проводили двумя путями: определение изменения химического состава в организме пчел, в нектаре, пыльце и т.д.; изучение ответных реакций пчелиных семей (изменение выживаемости потомства, производства меда, численности пчел. Первый из этих методов используют для определения и картографирования химических загрязняющих веществ; другой дает возможность выявлять вредные химические вещества и оценивать их воздействие на пчел и пчеловодство.

Во многих случаях оценить роль факторов, влияющих на структуру экосистемы возможно только через действие их на биоту. А так как растительность является главным компонентом биоты, то ее состояние в данный момент может служить индикатором состояния всей биоты в целом. Причем, дифференциальная мониторинговая оценка растительности должна осущест-

вляться на флористическом уровне, а интегральная - на ценоотическом.

Из флористических критериев оценки степени нарушенности лесной растительности при комплексном мониторинге можно выбрать следующие флористическое богатство (альфа-разнообразие); наличие эндемичных, реликтовых и редких видов; наличие антропогенного (антропофильного) элемента флоры; доля участия синантропных видов.

Для установления возможности применения в качестве объектов биоиндикации состояния естественных фитоценозов на различных стадиях сукцессионной дигрессии изучалась трансформация луговых фитоценозов в ливные в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС. Причем, в качестве первичных объектов исследования были выбраны как естественные луговые фитоценозы, так и находившиеся в прошлом в сельскохозяйственном обороте (бывшая пашня).

Исследования сукцессионных изменений растительности на бывших сельскохозяйственных землях проводились путем закладки постоянных пробных площадей в луговых фитоценозах в различных эдафических условиях. На каждой пробной площади закладывалось от 25 до 50 однометровых раункриерах, на которых проводился учет растительности в соответствии с общепринятой в геоботанике методикой. Изучались: бывшая пашня (торфяные почвы, ПП 8Б, 4А) - окрестности деревень Бабчин и Оревичи, бывший сеяный луг (минеральные почвы, ПП 43) - окрестности деревни Масаны, и естественный луг, примыкающий к зарастающему водоему (пойменные почвы, ПП 5, 40) - Вепринский луг у деревни Боршовка и окрестности деревни Красноселье.

Динамические изменения растительности, происходящие в настоящее время в зоне радиоактивного загрязнения на землях, изъятых из сельскохозяйственного использования, относятся к геитогенетическим сукцессиям /11/. Такие сукцессии обычно связаны с действием внешних факторов, не связанных с общими тенденциями развития ландшафта. Можно сказать, что на территории радиоактивного загрязнения процесс геитогенеза тесно связан с процессом восстановительных сукцессий, что обычно происходит после прекращения действия фактора. В данном случае наблюдается процесс реантропогенезации, т.е. развития растительности после полного снятия антропогенного пресса. В связи с этим представляется уникальная возможность проследить демулационные (восстановительные) смены растительности в квазиестественных условиях на фоне фактора постоянно действующей радиации.

С целью исследования сукцессионной трансформации земель, вышедших из сельскохозяйственного использования в зоне отчуждения ЧАЭС нами были выделены однотипные ценоотические индикаторные группировки растительности как базовые элементы при построении моделей. Всего выделено 7 ценоотических индикаторных группировок на разных типах почв.

Торфяные почвы (бывшая пашня) -

I - *Urtica dioica* и *Cirsium arvense*.

II - *Dactylis glomerata*, *Deschampsia cespitosa*, *Agrostis stolonifera* и *Agropyron repens*.

III - *Myoson aquaticum*, *Ptar mica cartilaginea*, *Mentha arvensis*, *Bidens frondosa*.

Минеральные почвы (бывший сеяный луг) -

IV - *Erigeron canadensis*, *Silene vulgaris*, *Artemisia absinthium*, *Oenanthe biennis*.

V - *Agropyron repens*, *Corynephorus canescens*.

Пойменные почвы (естественный луг, прилегающий к зарастающему водоему) -

VI - *Carex praecox*, *C. panicea*, *C. acuta*, *C. omskiana*, *Calamagrostis epigeios*, *Poa pratensis*, *Agrostis stolonifera*.

VII - *Galium verum*, *Ptar mica cartilaginea*, *Achillea millefolium*, *Lysimachia vulgaris*, *Mentha arvensis*, *Gentiana pneumonanthe*.

С целью прогнозирования изменения структуры растительности лугового суходольного фитоценоза и трансформации его в лесное сообщество, нами предлагается следующая модель сукцессионных стадий от лугового фи-

фитоценоза к лесному (рис. 1). Исследованиями установлено, что изменения структуры растительности лугового фитоценоза и трансформация его в лесное сообщество могут происходить несколькими путями, в зависимости от эдафических условий. На рис.1 показаны два варианта изменения структуры лугового сообщества. В условиях развития лугового фитоценоза на торфяных почвах на первой стадии сукцессии происходит активное внедрение различных видов ив, таких как ива пепельная (*Salix cinerea*), ива ушастая (*S. aurita*), ива чернеющая (*S. myrsinifolia*), ива розмаринолистная (*S. rosmarinifolia*) и некоторых других. Заращение лугового фитоценоза ивами может достигать на этой стадии 50-60%. Внедрение ив действует регулирующим образом на экологические факторы луга; они вызывают разрушение сложившегося травяного покрова и подготавливают почву для дальнейшего внедрения древесно-кустарниковых видов. Что касается изменения травяного состава луга, то ивовые заросли влияют на травянистый ярус в основном в сторону обеднения его. Наблюдается отрицательное влияние ив: видовой состав обедняется и изреживается. На следующей стадии сукцессии происходит поселение пионерных древесных пород под сложившимся ивняковым пологом, причем становление того или иного древостоя будет зависеть с одной стороны от экологических условий экотона, а с другой - от состава древостоя, непосредственно примыкающего к луговому фитоценозу. Затем происходит постепенное вытеснение ив в результате изменения эколого-эдафических условий и становление того или иного лесного фитоценоза.



Рис. 1. Модель сукцессионных стадий от лугового фитоценоза к лесному

При развитии исходного лугового фитоценоза на минеральных почвах возможны следующие пути трансформации его в лесное сообщество. Как и в первом случае, вначале происходит заселение ив. Если первой поселяется ива пепельная (*Salix cinerea*), то она вызывает осолодение почвы, позволяя вселиться такой пионерной породе, как осина, в результате чего увеличивается кислотность почвы. Далее процесс в зависимости от изменения кислотности почвы может идти по двум направлениям. Становление лесного фитоценоза может происходить либо через стадию развития осины, либо минуя ее, через стадию поселения березы. Конечным результатом в первом случае будет формирование осиново-березово-соснового древостоя.

Таким образом, необходимо вовремя обнаруживать обусловленную антропогенными стрессорами деградацию экосистем, чтобы изменения жизненно важных параметров среды обитания человека не зашли слишком далеко. Человек должен так формировать среду обитания, чтобы она могла служить жизненным пространством еще и грядущим поколениям, снабжая их необходимыми ресурсами. В условиях глобального загрязнения окружающей среды перед учеными встала проблема своевременной и быстрой оценки происходящих в природе изменений. Одним из решений данной проблемы является применение такого метода исследования природных и антропогенных экосистем как биологическая индикация.

При проведении масштабных экологических мониторинговых исследований целесообразно в качестве индикаторов состояния окружающей среды применять естественные биоиндикаторы, в качестве которых могут выступать отдельные организмы (лихеноиндикация, бриоиндикация), или сообщества организмов (фитоценозы, биоценозы, территориальные комплексы). Исследования в области биоиндикации состояния окружающей среды несомненно должны получить должное развитие в планах перспективных экологических исследованиях различного уровня. Проблема биоиндикации является весьма насущной и главной при проведении различного рода экологических экспертиз.

Литература

1. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем/ Пер. с нем. - М.: Мир, 1988.
2. Trass H. Lichen sensitivity to the air pollution and index of poleotolerance (IP)// *Folia cryptog. Eston.*, 1973, № 3. P 19-22. .
3. Хедряев Х., Отт Р. Экоиндикаторы тяжелых металлов в природных заповедниках Эстонии // Проблемы современной экологии. Экологические аспекты охраны окружающей среды в Эстонии. Тезисы II республиканской экологической конференции, Тарту, с 8-10 апреля 1982 г., Тарту, 1982. - С. 45.
4. Голубков В.В. Биоиндикаторные свойства лишайников в аспекте решения проблемы экологического образования // Пути повышения роли полевых практик в подготовке специалистов: Материалы Регионального совещания по полевым практикам, Минск 16-18 октября 1991 г. - С. 325-326.
5. Голубков В.В. Биоиндикация, или природа предостерегает// *Адукация и выхаванне. "Биология". - Мн., 1996 № 2. С. 86-91.*
6. Sernander R. *Stockholms natur.* - Uppsala, 1926.
7. Skye E. Lichens and air pollution: A study of cryptogamic epiphytes and environment in the Stockholm region// *Acta Phytogeogr. Suec.*, 1968, № 52. - P. 1-123.
8. Letrouit-Galinou Marie-Agnes, Seaward Mark R.D., Derue le Serge. A propos du retour des lichens epiphytes dans le Jardin du Luxembourg (Paris)// *Bull. Soc. bot. Fr. Lett. bjt.* - 1992. - T. 139, N 2. - S. 115-116.
9. Czarnowska K., Jopkiewicz K. Heavy metals in earthworms as an index of soil contaminations// *Polj/Soil sci.*, 1978, 11, 1.
10. Bromenshenk J.J. Monitoring air pollution: More work for honeybees// *W. Wildlands*, 1985, 11, 3
11. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989.