

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФИТОМОНИТОРИНГА В ДОНБАССЕ

А.И. САФОНОВ¹, А.З. ГЛУХОВ^{2,1}

¹ ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», Донецк (andrey_safonov@mail.ru)

² ГУ «Донецкий ботанический сад», Донецк (donetsk-sad@mail.ru)

CONCEPTUAL OUTLINES OF ENVIRONMENTAL PHYTOMONITORING IN DONBASS

A.I. SAFONOV¹, A.Z. GLUKHOV^{2,1}

¹SEI HPE «Donetsk National University», Donetsk (andrey_safonov@mail.ru)

²PI «Donetsk Botanical Garden» (donetsk-sad@mail.ru)

Резюме. В работе дано обоснование важности проведения экологического фитомониторинга в Донбассе. Выделена роль растений в информационной системе оценки качества среды для промышленного региона. Названы направления мониторинговых исследований, наиболее перспективных для изучения.

Ключевые слова: фитомониторинг, Донбасс, биоиндикация.

Abstract. The paper substantiates the importance of environmental phytomonitoring in Donbass. It highlights the role of plants in the information system for evaluating the quality of the environment of the industrial region. Directions of the most prospective monitoring research have been named.

Key words: phytomonitoring, Donbass, bioindication.

Фитокомпонент является неотъемлемой частью существования и развития человечества. По состоянию растений, окружающих человека, масштабности и функциональности их использования можно судить о временной принадлежности, об уровне развития общества, специфике быта и стратегической занятости населения.

Различные эпохи формирования антропосоциосреды дополняли и расширяли спектр использования растений:

- бессознательный период накопления примет и поверий в сельском хозяйстве формировал агрокультурные традиции древних народностей, прогнозные сценарии локального климата и характер сезонной занятости на определённых территориях;

- эпохи стилистических ренессансов выводили общество на создание новых форм, композиций, дизайнерских проектов в строительстве, зелёной архитектуре, технологий сортоиспытания и потребности в украшении окружения для человека в микро- и макромасштабах;

- эпоха индустриализации обусловила повышенный уровень техногенной нагрузки на среду и необходимость многофункционального использования растений для эффективной нейтрализации и оптимизации условий среды в неблагоприятных экологических зонах: санитарно-защитные технологии, озеленение промышленных территорий, детоксикация и доочистка природных сред (воздушной, водной, почвенной), смягчение эффектов от развития тяжёлой промышленности, добычи полезных ископаемых, трансформации ландшафтов, полномасштабного внедрения энергоёмких технологий, утилизации побочных продуктов и отходов производства;

- век информационных технологий приводит к необходимости и потребности иметь максимально развернутую, адекватную и доступную в интерпретации и характеристику состояния окружающей среды для жизнедеятельности современного человека; информация становится не только ресурсом, но и продуктом научно-технологических изысканий; потоки информационной среды прямо или косвенно лежат в основе управленческой системы координации, планирования и предполагаемой занятости каждого отдельного индивидуума и человеческого общества в целом.

Таким образом, неразрывно связанный с историей формирования человеческих общностей компонент – растения – помимо вещественно-энергетических и экзистенциально-эстетических потребностей является мощным информационным ресурсом, востребованным в современной цивилизации. Фитомониторинг как фундаментально научное и прикладное направление развития промышленной ботаники в таких условиях может выполнять интеграционную функцию в обеспечении населения необходимой информацией. Такая интеграция заключается в функциональном объединении процессов наблюдения, постановки эксперимента, диагностики, экспертизы, оценки, прогноза и контроля качества среды.

Цель данной работы – дать концептуальное обоснование необходимости проведения фитомониторинговых программ оценки экологического состояния в Донбассе. Эти программы важны для формирования научно-практической базы уже существующих разработок и ориентации на более информационно востребованные технологические приемы.

Все этапы реализации предлагаемого фитомониторинга основываются на использовании индикационных функций растительных организмов: диагностических критериях, индексах, параметрах, баллах и пр. То есть, в системе мониторинговых программ базой является проведение разноплановой фитоиндикационной экспертизы.

Индикационная ботаника по сути – это любой реализованный прикладной проект с использованием растений, одним из результатов которого является получение информации о состоянии окружающей растительной среды.

Полученная информация весьма разнообразна. Это связано и с целями эксперимента, задачами реализуемой программы, возможностями глубины и детальности анализа на различном оборудовании с использованием различных методических приёмов.

Индикационный аспект ботанико-экологических исследований никогда не может осуществляться как самоцель. Практическими выходами таких разработок могут быть и уже успешно реализуются, например, такие программы:

- геолого-разведывательные работы, успешно реализованные, когда ресурсный потенциал огромных территорий бывшего Советского Союза ещё не казался человечеству таким исчерпаемым, как сейчас, – с помощью способов поисковой индикационной геоботаники были весьма эффективно открыты многие месторождения;

- определение не только качественных, но и основных количественных значений базовых экологических факторов; так, градиентный анализ эффективно реализован для ведущих экологических факторов, шкалы которых содержат различную размерность для влажности почвенного горизонта, кислотности почв, общего солевого и температурного режимов, содержания минерального азота и карбонатов, гумидности, континентальности и др. характеристик;

- реализация мониторинга экологических систем различного иерархического уровня: от локального и регионального до глобального в рамках биосферного; при этом имеются в виду все определяющие современного понятия «мониторинг» – «наблюдение», «оценка», «прогноз» и, как необходимость, придающая им смысл – «управление» и другие актуальные вопросы.

Основные проблемы организации экологического мониторинга (что справедливо для территории современного Донбасса) связаны с решением трёх главных задач: создание сети пунктов наблюдения; возможность оперативного контроля объектов; выбор контролируемых параметров и показателей состояния объектов и индивидуальных аналитических параметров, необходимых и достаточных для адекватного описания состояния экосистемы.

Концепция создания комплексной системы мониторинга природной среды в целом в настоящее время практически не может быть реализована, т.к. существующая система фактически состоит из отдельных подсистем мониторинга качества объектов природной

среды (воздух, вода, почва), которые слабо методологически связаны между собой. Хотя это тоже не абсолютное утверждение, если учитывать хотя бы появляющиеся в большом количестве сейчас универсальные приборы-анализаторы, в числе которых часто используют и живые организмы, в первую очередь – растения. В последние годы создаются системы мониторинга отдельных сред с их методологической и метрологической увязкой. При этом интегрирование систем мониторинга количественных и качественных показателей отдельных сред (загрязнения воды и гидрологии, загрязнение атмосферы и метеорологии) необходимо сохранять и развивать с самого начала, т.к. в противном случае не будет обеспечена правильная оценка их состояния.

Для построения системы оперативного экологического контроля необходимо создание методологии и аппаратуры автоматического оперативного слежения за возможными экологическими правонарушениями на базе следующих приборов контроля:

- приборы типа «химический сторож» для автоматического контроля возможных нелегальных залповых сбросов и отбора проб сбросов;
- приборы типа «чёрный ящик» для автоматического непрерывного контроля и документирования состояния вод, сбрасываемых предприятиями или станциями очистки и воздушных выбросов предприятий промышленно-энергетического комплекса;
- приборы типа «анализатор отпечатков пальцев» для идентификации виновников загрязнения путём сравнения состава веществ загрязнения и состава веществ в потенциальных (подозреваемых) источниках загрязнения;
- приборы для автоматического отбора, хранения и подготовки к анализу пробы объектов окружающей среды в непрерывном (*on line*) режиме.

Исходя из уже полученных данных на растениях, все эти типы приборных исследований могут быть адекватно замещены и реализованы методами фитоиндикации – специфической и неспецифической.

Подобная «аппаратура» обеспечит возможность функционирования многоступенчатой системы контроля природной среды, представляющей собой открытую иерархическую структуру, где «на нижней ступени» установлена сеть простых датчиков, управляющих устройствами отбора пробы и включающих более сложные анализаторы старших ступеней в случае обнаружения аномалий состава и свойств контролируемой среды. При использовании живых организмов важно удачно подобрать объекты и корректно вычлнить индикаторные информационные признаки.

Интегральный мониторинг (*ICP-IM*) предусматривает физические, химические и биологические измерения компонентов экосистем, проводимые одновременно в одних и тех же местах с заданной периодичностью. На практике осуществление интегрального мониторинга сводится к вычленению ряда частных подпрограмм, которые соединяются либо путём получения стандартного набора параметров (анализ межсредовых потоков вещества), либо путём получения стандартного набора параметров на замкнутых микробассейнах (причинно-следственный подход).

Одним из существенных достижений биологов Донбасса является огромная научно-практическая разработка экологической сети в рамках уже существующей Общеввропейской системы. На базе экологической сети, включающей все необходимые элементы (природные ядра, экологические коридоры и др.) реализуются многие вопросы и принципы экологического мониторинга.

Атрибутами проведения мониторинговых исследований (s.l. & s.st.) являются:

- шкалы,
- балльная оценка,
- диапазоны варьирования,
- количественные коэффициенты, в том числе и отклонения, атипичности,
- выражения специфики корреляции,

- картографическая визуализация,
- оценочное районирование,
- алгоритмизированные выражения,
- модели в разных формах их существования и др.,

причём все эти способы реализации могут быть использованы как автономно, так и в комплексе обработки и интерпретации результатов и данных.

Любой из указанных атрибутов мониторинга, т.е. в данном случае – «инструмент способа», является основным или дополнительным, но также весьма важным и информативным, пунктом системы экологической экспертизы (ЭЭ). Одной из целей ЭЭ является нормирование нагрузки на природные среды, избежание критических дисбалансов, а значит и то же управление процессами, происходящими в природе, которое уже определено здесь как смысловой этап мониторинга.

Состояние растительных объектов нужно рассматривать как индикатор уровня антропогенной нагрузки на природную среду обитания (повреждение древостоев или хвой техногенными выбросами, уменьшение проективного покрытия и продуктивности пастбищной растительности и др.). Изменение проективного покрытия происходит в результате антропогенного воздействия на растительность разных типов, главными из которых являются механическое нарушение фитоценоза и химическое воздействие, приводящее к изменению жизненного состояния видовых популяций через изменение процессов метаболизма и водного баланса. Уменьшение запаса древесины основных лесообразующих пород свидетельствует о процессе деградации лесных экосистем в результате неудовлетворительной лесохозяйственной деятельности. Изменения качественных и количественных характеристик растительного покрова могут быть объективно интерпретированы только в сравнении с естественным состоянием растительных сообществ. При этом под фоновыми понимают относительно ненарушенные участки, аналогичные по своим природно-ландшафтным характеристикам исследуемой территории.

Важно, что принятие концепции абсолютной связи социальных, экономических и экологических процессов привело к развитию систем оценок состояния изменений окружающей среды и их причинно-следственных связей как юридического инструмента управления.

Для предварительного и текущего фитоиндикационного тестирования необходимо разработать специальный аппарат интерпретации и индексирования для адекватного и корректного сравнения варибельности признаков (формирования сопряжённых групп) с показателями эколого-токсикологического состояния на определённой территории.

Нами предложено использовать следующие критерии (их дальнейшая детализация и конкретизация на стадии разработки):

- обоснованность,
- возможность дифференциального анализа,
- выявление специфичности,
- стоимость,
- быстрота анализа,
- возможность комплексного исследования,
- информативность,
- необходимость в материальном оснащении,
- возможность визуализации данных,
- территориального ранжирования и распределения,
- плоскостная зависимость,
- степень комплексности,
- наличие региональных стандартов,
- возможность использования при хозяйственном планировании,

- целесообразность в условиях природопользования,
- изучение прикладных аспектов,
- изучение классических теоретических аспектов,
- дистанционное овладение методическим блоком,
- возможность шкалообразования,
- ранжирование по наглядным стандартам,
- необходимость повтора эксперимента,
- экспрессивность,
- вариативность трактовки,
- возможность активного и пассивного мониторинга,
- альтернативность,
- возможность создания компенсаторности,
- возможность экстраполяции,
- достоверность прогнозирования,
- экологичность в широком и узком понимании и др.

Такие критерии позволяют рассматривать в качестве актуальных следующие категории фитомониторинга в Донбассе с позиций разных классификационных и целевых подходов: краткосрочный и долгосрочный; факториальный и импактный; специфический и неспецифический, программируемый автоматический и автоматизированный; стационарный и передвижной; экстренный, целевой и ситуативный; непрерывный цепной и дизъюнктивный; и обязательно – пенитенциарный.

Особенностью разрабатываемого фитомониторинга является ориентация на структурный анализ составляющих растительного организма (структурно-функциональная организация и диагностика на уровне клеток, тканей, комбинаторика систем органов и габитуальные особенности отдельных особей, структура сообществ различных степеней сложности), а также изучение репродуктивных характеристик, формирование семенного банка в эдафосреде, стратегий выживания и реализации генетической программы видов растений-индикаторов.

В настоящее время при разработке способов фитоиндикационного тестирования степени нарушенности экосистем (или) уровней антропогенной нагрузки (в первую очередь токсикологического содержания) возникла необходимость обобщения полученных данных и апробации комплексного способа интегральной оценки.

Таким образом, растения-индикаторы используются человеком в огромнейшем количестве с давних времен. Типичные и феноменальные возможности растений содержатся в многочисленных информационных базах. В нашем промышленном регионе многие растения можно использовать как объективные научно-исследовательские лаборатории, по состоянию и реакции которых реально получать адекватную информацию о процессах, происходящих в окружающей среде. При этом перед исследователями стоит четкая задача получения адекватной информации и правильного, корректного интерпретирования данных. Чем большие запросы перед этим научно-прикладным направлением, тем более специфические признаки используются.

Это направление важно как с фундаментально-теоретической, так и с прикладной точек зрения: проведение экологического мониторинга, планирование и нормирование антропогенной нагрузки на природные системы, территориальная оценка уровней загрязнения в широком и узком смыслах – эти и сопутствующие им практические выходы определяют современные фитоиндикационные исследования в Донбассе.