

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ФИТОМОНИТОРИНГА УРБОСРЕДЫ В ЛЕСОСТЕПИ¹

© 2003 Л.М. Кавеленова²

В статье определяются общие экологические закономерности и частные особенности урбосреды в условиях лесостепной зоны, сформулированы принципы, с учетом которых должна строиться система фитомониторинга городской среды в данных природно-климатических условиях.

Оценка качества урбанизированной среды, насыщенной разнообразными источниками загрязнения атмосферы, наряду с теоретическим, имеет важнейшее практическое значение. Однако использование физических, физико-химических, химических методов обследования при их высокой точности не может создать полной картины экологической ситуации. Это связано как с ограниченным числом точек на территории города, где проводится инструментальный контроль загрязнения, так и с собственно точечным характером получаемой информации. Инструментальный контроль дает информацию о концентрации загрязнителей, присутствующих в воздухе на данный момент времени. Следует также отметить, что загрязнители, присутствующие в окружающей среде в низких концентрациях, как правило, не отслеживаются, хотя их влияние на природные объекты сохраняется.

Напротив, природные компоненты урбосреды, и в первую очередь растения как объекты фитомониторинга, могут использоваться для получения информации как о недавнем и кратковременном, так и о длительном (хроническом) воздействии загрязняющих веществ в течение определенного периода времени в прошлом [10]. Пороговые концентрации загрязнителей, влияющих на растительные и животные организмы, зачастую существенно различаются [5–8], а поскольку практика использования существующих нормативов ПДК основывается на реакциях животных организмов, растения в ряде случаев оказываются более чувствительными сенсорами. Наконец, анализируя реакции растений в составе зеленых насаждений города, мы приобретаем возможность определения ответных реакций, интегрированных во

¹Представлена доктором биологических наук профессором Н.М. Матвеевым.

²Кавеленова Людмила Михайловна (biotest@ssu.samara.ru), кафедра экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета, 443011, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

времени и пространстве. Таким образом, только дополнение объективной информации химического и физико-химического контроля данными биомониторинга приблизит нас к адекватной оценке экологической ситуации в современном городе и проведению его экологического зонирования.

В последнее время широко обсуждается проблема биоиндикации техногенного загрязнения с использованием растений для промышленных зон и городской среды, однако в большинстве подобных работ российские исследователи обращаются к условиям лесной зоны (напр. [8, 9, 11]), хотя ранее в этом плане также привлекали к себе внимание лесостепь и степь Украины [4]. Как экологическая оценка состояния лесных массивов, так и оценка экологического состояния урбанизированных территорий в лесной зоне могут успешно осуществляться с привлечением показателей хвойных растений и эпифитных лишайников [1–3].

Говоря об особенностях создания системы фитомониторинга городской среды в лесостепи Среднего Поволжья, где подобные проблемы ранее не анализировались, мы должны опираться как на общие экологические закономерности, так и на учет местных природно-климатических условий.

К числу общих экологических и эколого-физиологических закономерностей следует отнести:

- интегрированный характер ответных реакций растений на весь комплекс условий местообитания, несводимый к ответу исключительно на техногенное загрязнение. Результатом является необходимость оценки (хотя бы в условной балльной системе) таких параметров модельных насаждений, как положение в рельефе, особенности почвенного покрова, режимов увлажнения и светового;
- неодинаковый уровень газоустойчивости различных видов высших растений, который позволяет рассматривать их в качестве объектов, в различной мере повреждаемых одной и той же концентрацией поллютанта в воздухе. Однако в условиях техногенно загрязненной городской среды практически для любого вида растений могут быть обнаружены (и обнаруживаются) на всех уровнях организации в разной мере выраженные структурно-функциональные отклонения от средней экофизиологической "нормы". Поэтому необходимость предварительного изучения множества видов и последующий выбор немногих из них в качестве индикаторных несомненны;
- определенные экофизиологические показатели, которые обнаруживают зависимость от уровня техногенного загрязнения и могут быть применены в качестве индикационных, характеризуются сезонной динамикой. На экспериментальной основе должны быть определены выбор периодов, в которые будет проводиться скрининг по данным показателям, и точки в городских насаждениях, где будет собираться информация.

Специфика условий лесостепи будет определяться пространственно-временной гетерогенностью, существование которой особенно отчетливо обнаруживается в городских агломерациях с высокой численностью населения и интенсивным развитием промышленности;

- удаление от источников техногенного загрязнения — промышленных предприятий и городской территории в целом одновременно означает изменение биотопических условий (положения в рельефе, свойств почвообразующих пород и почвы, микроклиматических условий). Поэтому пространственная гетерогенность городских условий в лесостепи ставит под сомнение возможность соблюсти правило единственного различия при выборе контроля. Мы предполагаем, что в этом случае необходимо формировать своего рода ореол модельных пробных площадей в насаждениях по периметру городской территории;
- в годы с уклоняющимися погодными условиями (экстремально жаркая либо затяжная и необычно холодная весна, избыточно жаркие и засушливые летние месяцы и пр.) будут наблюдаться изменения сроков прохождения растениями ведущих фенофаз, отклонения структурно-метаболических показателей от среднеегоголетней нормы. Эти абиотические условия могут усилить либо ослабить ответную реакцию растений на техногенное загрязнение. В зависимости от условий конкретного года может быть целесообразен отказ от использования отдельных фитоиндикационных показателей, то есть годичная корректировка программы наблюдений.

Обобщение литературных данных, анализ природно-климатических условий и материалов собственных исследований позволяют нам указать ряд принципов, на которых должно быть основано формирование системы фитомониторинга урбосреды в природно-климатических условиях лесостепи.

А. Предварительный этап формирования системы фитомониторинга

1. Генетический принцип. Необходимо определение характера происхождения различных насаждений — объектов озеленения, формирующих систему озеленения, данного индустриального центра. Должны быть учтены: наличие либо отсутствие генетической связи с ранее существовавшими природными растительными сообществами; превалирование в развитии насаждения самопроизвольного формирования растительных группировок либо созидающей и регулирующей деятельности человека.

2. Флористический принцип. Обязательным условием формирования системы фитомониторинга является составление списков видов высших растений, участвующих в формировании различных городских насаждений.

Такие списки должны явиться результатом обобщения данных маршрутных обследований и углубленного изучения крупных объектов озеленения (парковых территорий) за несколько последовательных вегетационных периодов.

3. Принцип комплексной оценки биотопических условий. Параллельно с обследованием насаждений необходима комплексная оценка их ведущих экологических условий (положения в рельефе, особенностей водного и светового режимов, почвенного покрова, уровня техногенного загрязнения), которая впоследствии может быть формализована в виде балльных шкал.

4. Принцип формирования каркаса системы фитомониторинга. Модельные площадки для сбора информации фитомониторинга должны располагаться в соответствии с пространственным размещением объектов озеленения и пунктов аналитического контроля за загрязнением окружающей среды. Они должны быть представлены в различных функциональных зонах города и пригородных насаждениях с пониженным уровнем антропогенной нагрузки.

5. Этиологический принцип. Вопрос о причинах наблюдаемых структурно-функциональных изменений растений в урбосреде должен решаться с учетом всего комплекса условий местообитания.

6. Принцип выбора регионально апробированных видов — биоиндикаторов и индикат. В результате обобщения и статистического анализа результатов исследований должен быть осуществлен выбор регионально значимых видов — биоиндикаторов и их показателей, количественная либо качественная изменчивость которых обнаруживает связь с уровнем суммарного техногенного загрязнения либо каких-либо его компонентов.

Б. Этап организации и функционирования системы фитомониторинга

7. Принцип конкретизации программы наблюдений. Программа наблюдений должна формироваться с учетом генезиса насаждений данной модельной площадки наблюдений.

8. Принцип сезонной значимости индикат. Возможность использования в целях фитомониторинга не только обусловленных фенофазами морфологических, но и метаболических показателей высших растений определяется конкретными сроками внутри вегетационного периода.

9. Принцип учета особенностей вегетационного периода. В континентальном климате лесостепи в зависимости от условий конкретного вегетационного периода индикационная значимость различных показателей структуры либо метаболизма высших растений может изменяться.

10. Принцип отсутствия универсальных индикаторов. Нецелесообразно механическое использование без предварительной практической

апробации в условиях лесостепи, методик фитоиндикации, разработанных для иных природно-климатических зон либо модельных условий.

Что касается самих индикаторов-растений и их структурно-метаболических показателей, на основании собственных результатов и обобщения литературных данных мы составили таблицу, в которой отражены особенности применения этих фитоиндикаторов в городской среде в лесостепной зоне (таблица).

Система фитомониторинга в городских насаждениях, ориентированная как на контроль за качеством урбосреды, так и на своевременное обнаружение тенденций изменения самих насаждений, будет характеризоваться весомым вкладом в решение насущных проблем современных урбоэкосистем.

Во-первых, интегрированная оценка эффекта техногенного загрязнения, динамичного во времени и разноуровневого в пространстве города, может стать необходимым дополнением существующему инструментальному (аналитическому) контролю, выявляя значимость для биосистем абстрактно установленных параметров загрязнения. Обобщение результатов аналитического мониторинга и фитомониторинга будет способствовать адекватному экологическому картированию (зонированию) городской территории, в том числе выявлению зон наибольшего экологического неблагополучия.

Во-вторых, в процессе проведения фитомониторинга будет пополняться информация о состоянии компонентов системы городского озеленения. Оценка жизненного состояния древесных растений в насаждениях всех типов необходима для своевременного отклика на выявленное неблагополучие особей или групп особей с последующими срочными мерами ухода либо заменой.

Наконец, изучение городской растительности является важнейшим полигоном для приобщения к исследовательской деятельности студентов и школьников. Подобные мониторинговые исследования получают все более широкое распространение за рубежом и в ряде городов России. Назрела насущная необходимость координации таких работ в едином русле учебно-исследовательского многоуровневого мониторинга.

Таблица

Возможности использования различных методик исследования городских насаждений в лесостепной зоне с целью фитомониторинга состояния урбосреды и уровня техногенного загрязнения

Объект / Параметры	Специфика получаемой информации	Особенности проведения исследований	Зависимость от условий года	Сезонная при- уроченность наблюдений	Преимущества	Недостатки и ограничения
Насаждения различных генезиса, назначения, размеров / Список ви- дов высших растений	Особенности эко- морфного состава, экологических усло- вий в насаждениях. Уровень соответствия условий экологическо- му оптимуму видов — интродуцентов	Необходимы определение генезиса на- саждений, разграниче- ние местных видов и ин- тродуцентов. Необходимость многолетних наблюдений	Выражена в виде пе- риодических колебаний численности отдельных видов	Наблюдения в течение вегета- ционного пери- ода	Обязательный элемент про- граммы фито- мониторинга. Возможность использования индикатор- ных видов, балльных шкал	Зависимость от величины обследуемой территории и типа насаж- дений
Древесные растения в насаждениях различных ти- пов / Оценка жизненного состояния	Интегрированный ответ на воздействие комплекса условий местообитания	Соблюдение соответствия возрастных групп и форм деревьев, на- личие доста- точного числа экземпляров в группах	Возможно влияние спе- цифических погодных условий года	Листопадные растения — в течение вегетационно- го периода, хвойные — круглогодично	Информация для исполь- зования го- родскими службами озеленения	Может быть затруднено определе- ние причин ухудшения жизненного состояния

Продолжение таблицы

Объект / Параметры	Специфика получаемой информации	Особенности проведения исследований	Зависимость от условий года	Сезонная при- уроченность наблюдений	Преимущества	Недостатки и ограничения
Береза по- вислая и др. древесные виды / Пока- затели флук- туирующей асимметрии листовых пластинок	Показатели асиммет- ричности листовой пластинки как кри- терии нарушения стабильности разви- тия органов растений	Соблюдение соответствия возрастных групп и форм деревьев, на- личие доста- точного числа экземпляров в группах	Возможно влияние спе- цифических погодных условий года	Возможна оценка в лю- бые сроки вегетационного периода после завершения ро- ста листовых пластинок	Быстрота, дешевизна, легкость вы- полнения методики	В лесостепи обнаружи- вается зави- симость от различных условий ме- стообитания и возраста деревьев
Древесные и травянистые растения / Физио- лого-биохи- мические показатели органов и тканей	Показатели водного режима, количествен- ного состава пиг- ментного аппарата, активности фермен- тов, антиоксидантной системы, накопления фенольных соеди- нений, свободных аминокислот, пролина	Показатели обладают различной ла- бильностью, что осложняет проведение скрининга	Сильно выра- жена	Сильно выра- жена	Возможна оценка первич- ных эффектов влияния за- грязнителей на органы растений	Необходимость соответству- ющего обо- рудования, реактивов; достаточ- но высокая трудоемкость

Окончание таблицы

Объект / Параметры	Специфика получаемой информации	Особенности проведения исследований	Зависимость от условий года	Сезонная при- уроченность наблюдений	Преимущества	Недостатки и ограничения
Древесные и травянистые растения / Качество пыльцы	Доля жизнеспособной, дефектной пыльцы, показатели метабо- лизма пыльцевых зерен	Необходимо четкое соблю- дение сроков отбора и ана- лиза проб	Возможно влияние спе- цифических погодных условий года	Сильно вы- ражена для большинства видов	Быстрота выполнения методик, воз- можность скрининга большого объема проб	Необходимость соответству- ющего обо- рудования, реактивов
Древесные и травянистые растения / Интен- сивность плодоноше- ния, качество плодов и семян	Морфологические, физиолого-биохими- ческие показатели плодов и семян	Необходимо соблюдение сроков отбора проб; для пре- одоления покоя семян, как пра- вило, требуется стратификация	Возможно влияние спе- цифических погодных условий года	Выражена	Возможность скрининга большого объема проб	Зависимость от комплекса условий ме- стообитания

Литература

- [1] Байбаков Э.И. Оценка экологического состояния урбанизированных территорий с помощью методов лишеноиндикации (на примере Казани): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ижевск, 2003. 19 с.
- [2] Баканов А.В. Экологическая оценка состояния лесных насаждений с помощью методов фитоиндикации на примере Сергиево-Посадского района: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1997. 34 с.
- [3] Жидков А.Н. Эпифитные лишайники как показатель состояния сосновых насаждений в условиях промышленного загрязнения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1995. 21 с.
- [4] Коршиков И.И., Крауц К., Михеенко И.П., Тарабрин В.П. Изменчивость некоторых ферментов листовых зачатков терминальных почек тополя канадского в условиях аэротехногенного стресса // Интродукция и акклиматизация растений. 1991. №16. С. 68–73.
- [5] Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 280 с.
- [6] Николаевский В.С., Якубов Х.Г. Новая концепция и методология биоэкологического мониторинга и охраны природы // Тез. докл. XI Междунар. симпозиума по биоиндикаторам "Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга". Сыктывкар, 2001. С. 139.
- [7] Николаевский В.С., Якубов Х.Г. Система методов фитоиндикации загрязнения воздуха и состояния наземных экосистем // Там же. С. 140.
- [8] Николаевский В.С., Якубов Х.Г. Экологические нормативы допустимого загрязнения воздуха для растительности // Там же. С. 140.
- [9] Стрельцов А.Б., Логинов А.А. Биоиндикационный метод оценки антропогенного воздействия // Матер. докл. Всерос. науч. конф. "Экологические и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон". СПб., 1999. С. 40–41.
- [10] Украинцева В.В. Цветковые растения — надежные индикаторы и биомониторы состояния окружающей среды // Биотестирование в решении экологических проблем. СПб, 1991. С. 87–96.
- [11] Черненькова Т.В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. М.: Наука, 2002. 191 с.

Поступила в редакцию 30/XI/2003;
в окончательном варианте — 30/XI/2003.

ON ECOLOGICAL GROUNDS AND PRINCIPLES OF PHYTOMONITORING SYSTEM CREATION IN FOREST-STEPPE CONDITIONS

© 2003 L.M. Kavelenova³

In the paper the main ecological grounds and specific ecological features of town environment in forest-steppe conditions are discussed. Principles that must be kept in mind when creating the phytomonitoring system are considered.

Paper received 30/*XI*/2003;
Paper accepted 30/*XI*/2003.

³Kavelenova Ludmila Michailovna (biotest@ssu.samara.ru), Dept. of Ecology, Botany and Environmental Protection, Samara State University, Samara, 443011, Russia.