

**БИОМОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО
ВОЗДУХА – ИНСТРУМЕНТ ОХРАНЫ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Красногорская Н.Н., Журавлёва С.Е., Цвилленва Н.Ю.,
Миннуллина Г.Р., Даутова А.Т.

*Уфимский государственный авиационный
технический университет, Институт
Биологии УНЦ РАН,
Уфа*

Интенсивное развитие промышленности привело к тотальному загрязнению окружающей природной среды. Особенно остро экологическая ситуация обстоит на урбанизированных территориях, характеризующихся сосредоточением не только производственных комплексов, но и основной части населения. В этой связи охрана окружающей среды урбанизированных территорий является весьма актуальной проблемой.

Одним из основных инструментов, позволяющих сохранить и обеспечить условия, необходимые для существования человека и других живых организмов, является экологический мониторинг. Существующая на сегодняшний день система мониторинга загрязнения окружающей среды основана, как правило, на использовании химических методов анализа, что не позволяет оценить истинную опасность тех или иных загрязнителей на среду обитания, прогнозировать последствия их воздействия на живые организмы [1, 2]. В таких условиях всё большее значение приобретают биологические методы, основанные на использовании биологических объектов и позволяющие получить интегральную оценку экологической ситуации [3, 4, 5]. Таким образом, биомониторинг, или слежение за реакцией живых организмов на загрязнение окружающей среды, в настоящее время рассматривается как один из важнейших видов экологического мониторинга. Биомониторинг включает в себя биоиндикацию и биотестирование. Если под биотестированием понимают приемы исследования, при котором о качестве среды, судят по выживаемости, состоянию и поведению специально помещенных в эту среду организмов - тест-объектов, то биоиндикация представляет собой качественную оценку параметров среды обитания и её отдельных характеристик по состоянию биоты в природных условиях [6]. Биоиндикацию можно проводить на уровне молекул, клеток, органов (систем органов), организмов, популяций и даже биоценоза [7]. Повышение уровня организации живой природы может приводить к усложнению, неоднозначности взаимосвязи биологического отклика с антропогенными факторами исследуемой среды, поскольку на них могут накладываться и природные факторы. Поэтому в качестве биоиндикаторов выбирают наиболее чувствительные к исследуемым загрязнителям организмы. Так при биоиндикации качества атмосферного воздуха наиболее эффективно используется группа низших растений – лишайники. Использование индикаторных свойств лишайников позволяет не только получить интегральную оценку качества окружающей среды, но и отследить измене-

ния, происходящие в экосистемах в результате антропогенного воздействия [8, 9, 10].

Так лишеноиндикационные исследования, проведенные в г.Уфе, позволили оценить изменения, происходящие на различных уровнях организации лишайников в условиях атмосферного загрязнения крупного промышленного центра Республики Башкортостан - города Уфы. При этом использовался комплексный подход, включающий в себя не только непосредственный учёт видового состава, но и анализ показателей лишенобиоты от качества воздушного бассейна, исследование морфологических изменений таллома в условиях атмосферного загрязнения.

В результате изучения эпифитного покрова на территории г.Уфы выявлено 58 видов лишайников. Из анализа видов лишайников, выявленных в составе лишенобиоты г.Уфы, можно сделать выводы о том, что ведущее положение занимают семейства Physciaceae и Parmeliaceae. Из жизненных форм доминируют листоватые и накипные виды. Кустистые лишайники встречены единично.

Сравнение данных, полученных по составу и структуре лишенобиоты г.Уфы, с данными по заповедной территории Шульган-Таш позволяет не только выделить основные изменения, происходящие в лишайниковых сообществах при ухудшении условий местообитания в результате антропогенного загрязнения окружающей среды, но и получить представление о степени деградации и синантропизации естественной лишенобиоты в результате воздействия производственных комплексов. Так, при проведении лишенологического исследования в г.Уфе было выявлено 58 видов лишайников, в то время как на естественной территории заповедника Шульган-Таш обнаружено 296 видов лишайников. По количеству видов лишайников на ненарушенной территории ведущее положение занимают виды семейства Cladoniaceae, Parmeliaceae и Physciaceae. В пределах городской зоны семейство Physciaceae выдвигается на первое место, что свидетельствует о процессе ксерофитизации лишенобиоты. На территории заповедника спектр жизненных форм лишайников представлен в основном кустистыми и листоватыми видами - 2/3 части всей лишенобиоты. На территории г.Уфы их доля составляет одну вторую.

Необходимо отметить, что установленные закономерности в структуре лишенобиоты г.Уфы характерны и для других урбанизированных территорий (Казань, Санкт-Петербург и др.) [11, 12, 13]. При этом анализ видового состава лишенобиоты г.Уфы свидетельствует также о наличии характерного для многих городов процесса формирования синантропной лишенобиоты. Особенности синантропной лишенобиоты Уфы проявляются и в том, что она является сравнительно постоянной по своему составу по всей территории города. Это даёт основание считать, что состав синантропной лишенобиоты г.Уфы сформировался в результате длительного воздействия загрязнения атмосферы [14]. В условиях сложного загрязнения воздуха, которое имеет место в г.Уфе и сопредельных территориях, возникают качественно новые эпифитные лишайниковые сообщества, которые представле-

ны в основном такими видами лишайников как: *Physcia dubia*, *Physcia stellaris*, *Physcia tribacia*, *Scolio-sporum chlorococcum*, *Xanthoria parietina*, *Parmelia sulcata*, *Caloplaca* sp., *Lecanora* sp.

В основе изменений, происходящих в лишайниковых сообществах, как правило, лежат последовательные изменения в морфологии и физиологии различных видов лишайников в результате атмосферного загрязнения. Так наиболее чувствительные виды отмирают и исчезают в условиях загрязнения воздуха, а талломы более устойчивых видов лишь меняют свою структуру и форму. На сегодняшний день существует только субъективная и визуальная оценка таких морфологических изменений, что не позволяет получить точных количественных характеристик и использовать подобные морфологические изменения при лишайноиндикации качества атмосферного воздуха. Поэтому весьма интересной является количественная оценка качественных изменений происходящих с талломами лишайников в условиях антропогенного стресса.

В настоящей работе для оценки морфологических изменений талломов лишайников в условиях атмосферного загрязнения впервые было предложено использовать количественный показатель - индекс структуры. По физическому смыслу индекс структуры представляет собой количественную характеристику плотности заполнения таллома. Для изучения взаимосвязи между качеством атмосферного воздуха и значением индекса структуры таллома был определён индекс структуры более чем для 200 образцов лишайников родов *Physcia* и *Parmelia*. Полученные значения индекса структуры и данные о степени атмосферного загрязнения подвергались математической обработке. Полученные математические зависимости свидетельствуют о уменьшении индекса структуры талломов лишайников рода *Physcia* и увеличении индекса структуры талломов лишайников рода *Parmelia* при увеличении степени атмосферного загрязнения. По-видимому, что это связано с тем, что поверхностные участки слоевища лишайников рода *Physcia* подвержены максимальному действию токсиантов при минимальной степени их защищенности. Это вызывает возникновение некрозов и повреждение талломов слоевищ, что и является причиной снижения плотности. С другой стороны, уменьшение плотности талломов лишайников можно рассматривать как результат защитной реакции лишайника на загрязнение: уменьшение относительной поверхности, контактирующей с загрязнённым воздухом соответственно сокращает поступление вредных веществ в слоевище лишайников и, тем самым, уменьшает токсическое действие загрязняющих веществ. Для лишайников же рода *Parmelia* воздействие атмосферного воздуха приводит к «скукоживанию» таллома, что, по-видимому, и является причиной увеличения плотности слоевища у лишайников данного рода. Кроме того, полученный результат, по-видимому, позволяет также объяснить дифференциальную чувствительность лишайников этих родов к атмосферному загрязнению: толерантность лишайников рода *Physcia* и высокую чувствительность лишайников рода *Parmelia*.

На основе найденных эмпирических уравнений, связывающих индекс структуры талломов лишайников родов *Physcia* и *Parmelia* с комплексным показателем – индексом загрязнения атмосферы (ИЗА) были определены градации качества атмосферного воздуха по индексу структуры талломов лишайников. Выводы о степени атмосферного загрязнения сделанные для одних и тех же районов с помощью лишайников родов *Physcia* и *Parmelia* совпадают. Полученный результат, во-первых, позволяет утверждать о достоверности установленных градаций состояния атмосферного воздуха по значениям индекса структуры талломов, во-вторых, даёт возможность выбора только одного рода лишайника при оценке степени атмосферного загрязнения. Например, использовать только тот род лишайника, который преобладает на исследуемой территории.

Таким образом, в результате проведённых в данной работе исследований показано, что измерение и оценка индекса структуры листоватых лишайников рода *Physcia* и *Parmelia* наряду с общим анализом состава и структуры лишайнобиоты позволяют получить комплексную оценку состояние атмосферного воздуха урбанизированных территорий.

Список литературы

1. Лобанов А.В., Шувалова Ю.В., Зырина А.Е., Китова А.Е., Макаренко А.А., Кувичкина Т.Н., Фесай А.П., Решетиллов А.Н. Биосенсоры для экологического контроля // Экологические системы и приборы. – 2001. - № 6. - С. 72-76.
2. Бадтиев Ю.С., Кулемин А.А. Методика биоиндикации окружающей природной среды // Экологический вестник России. – 2001. - № 4. - С. 27-29.
3. Кабиров Р.Р., Сагитова А.Р., Суханова Н.В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // Экология. – 1997. - № 6. - С. 408-411
4. Сазонова В.Е., Зализняк Л.А., Савельева Е.В., Морозова Л.М., Костюк О.Б. Использование биотестов при разработке мониторинга водой экосистемы // Экология. – 1997. - № 3. - С. 207-212.
5. Усов Г.П. Биотестирование как основа качественной оценки ОПС на территориях военных объектов // Экологический вестник России. – 2001. - № 1. - С. 32-37.
6. 13. Артамонов В.М. Зелёные оракулы. – М.: Мысль. 1989. - 185 с.
7. Проблемы загрязнения окружающей среды и токсикологии: Пер. с англ./ Под ред. Дж. Уэра. – М.: Мир, 1993. - 192 с.
8. Биоиндикация и биомониторинг = Bioindication and biomonitoring: [Сб. ст. / АН.СССР, Ин-т эволюционной морфологии и экологии животных им. А.Н.Северцова, Нац. ком. Биологов Сов. Союза] – М.: Наука, 1991
9. Белкина О.А., Калуцков В.Н. Ландшафтные аспекты лишайноиндикации загрязнения природной среды // Вестник МГУ. Сер. 5. География. - 1982. - № 3. - С. 78-81.
10. Михайлова И.Н., Воробейчик Е.Л. Эпифитные лишайносинусии в условиях химического загрязне-

ния: зависимости доза-эффект // Экология. -1995. - № 6. - С. 455-460.

11. Голубкова Н.С., Малышева Н.В. Влияние роста города на лишайники и лишеноиндикация атмосферных загрязнений г. Казани // Ботанический журнал. - 1978. - Т. 63 - № 8. - С. 1145-1152.

12. Байбаков Э.И., Ситников А.П. Лихенофлора г.Казани: изменения видового состава в историческом аспекте // Вестник ТО РЭА. - 2000. - № 1. - С. 41-46.

13. Малышева Н.В. Биоразнообразии лишайников и оценка экологического состояния парковых ландшафтов с помощью лишайников (на примере парков окрестностей Санкт-Петербурга) // Новости систематики низших растений. - 1996. - Т. 31. - С. 135-137.

14. Биоценотическая характеристика хвойных лесов и мониторинг лесных экосистем Башкортостана автор. Коллектив, Уфа: Гилем, 1998.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ

УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ РЕК

Красногорская Н.Н., Фащевская Т.Б., Елизарьев А.Н.

*Уфимский государственный авиационный
технический университет,*

Уфа

Работы Вернадского В.И. о биосфере Земли и о неизбежности ее эволюционного превращения в ноосферу в настоящее время приобрели исключительно важное значение. Биосфера, переработанная научной мыслью, превращается в ноосферу, и многие реки становятся зарегулированными целыми каскадами гидроузлов.

Эксплуатация водохранилищ значительно преобразует естественный гидрологический режим реки, что влечет за собой изменения многих других природных процессов и условий:

- изменение климатических условий (радиационного баланса, температуры, количества осадков, влажности, ветрового режима);

- подъем уровня грунтовых вод в верхнем бьефе (в т.ч. заболачивание и подтопление, изменение химического состава грунтовых вод);

- переформирование берегов, негативное и позитивное воздействие на почвы, растительность и животный мир (в т.ч. изменения видового состава флоры и фауны);

- изменения качества вод (содержание растворенного кислорода, эвтрофикация и т.д.).

При проведении водоохраных предприятий при эксплуатации водохранилища необходимо рассматривать не только нормирование качества водных ресурсов, но и нормирование количества водных ресурсов. Однако, степень допустимого количественного истощения (ПДИ) не имеет официальных нормативов и экологически не обоснована. Для сохранения водных экосистем необходимо ограничить допустимую степень регулирования определенными рамками в виде соответствующей величины стока, названного экологическим. При этом его количественная оценка базируется на оценке взаимосвязи элементов гидрологического режима и биоценозов поймы русла.

Этот термин – «экологический сток» - подразумевает внеэкономический поход. Он учитывает все фазы развития водного режима, включает и весеннее половодье, и дождевые паводки, и летнюю и зимнюю межени. Но при этом использовать термин «минимальный» (допустимый, необходимый) представляется недопустимым. Экологический сток учитывает весь комплекс речных систем (рыбу, луга, леса, птиц, млекопитающих).

Для получения достаточно обоснованных нормативов допустимой степени регулирования и изъятия водных ресурсов необходимо проследить все связи гидрологического режима с компонентами живой среды, учитывая все трофические связи. Особое внимание следует уделять пойме, развитость которой в значительной мере определяет ее биопродуктивность.

В Башкортостане, являющимся одним из наиболее промышленно развитых субъектов Российской Федерации, интенсивно ведется хозяйственная деятельность с активным использованием водных ресурсов. В республике насчитывается свыше 500 различных гидротехнических сооружений, самым крупным из которых является Павловское водохранилище объемом 1,43 км³.

В результате исследования влияния данного гидроузла рассчитан экологический сток реки Уфа непосредственно в створе Павловского водохранилища, створе Красный Ключ (на удалении 10 км), створе г.Уфа (на удалении более 150 км) в годы различной обеспеченности. Естественным принят сток до строительства гидроузла, измененным – после строительства. Построены диаграммы естественного, экологического и измененного стоков в годы различной обеспеченности согласно рассчитанным значениям, приведенным в таблицах 1 и 2.

Анализ результатов показывает, что гидроузел выравнивает кривую внутригодового стока. Однако измененный сток лежит выше пределов экологического только в годы низкой обеспеченности, в то время как в годы с более вероятной водностью экологический сток не обеспечивается. Ниже по течению влияние уменьшается, но даже в районе г.Уфы сохраняется необеспеченность экологического стока в годы с 95%-ой обеспеченностью. Анализ полученных данных по другому гидроузлу (Нугушское водохранилище объемом 0,4 км³) показал, что в месяцы половодья гидроузел также сдерживает слишком большие объемы стока, в результате чего экологический сток не обеспечивается.

В ситуации, когда нормирование степени зарегулирования стока гидросооружениями основывается только на экономических требованиях и частично на требованиях безопасности при паводках, официальных нормативов по влиянию количества оставляемого в нижнем бьефе гидроузлов стока не существует. Поэтому полученные результаты позволяют рекомендовать данный критерий для использования при планировании деятельности водохранилищ с учетом экологических особенностей водотоков, водности года и в зависимости от фазы водного режима объекта.