

Фатнева Елена Алексеевна

канд. геогр. наук, доцент

АНО ВО «Белгородский университет

кооперации, экономики и права»

г. Белгород, Белгородская область

DOI 10.21661/r-113297

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Аннотация: в данной статье приведен опыт оценки качества городской среды. Автором представлены подходы, критерии и методы определения состояния городских территорий по степени воздействия на биоту техногенных загрязнений, различающихся по качественному и количественному составу поллютантов.

Ключевые слова: антропогенное воздействие, геоэкологический мониторинг, городская среда, лишеноиндикация.

Антропогенное воздействие в городах является одной из важных проблем, имеющих фундаментальное и прикладное значение. Его результаты определяют состояние городской среды. Система геоэкологического мониторинга позволяет обосновать подходы к оценке ущерба, нанесенного природным компонентам, разработать, планировать и проводить экологически ориентированные градостроительные мероприятия [1, с. 522].

В последнее время довольно широкое распространение получило зонирование состояния городских природно-технических систем, основанное на использовании геоэкомониторинга. В качестве биоиндикаторов используют растительные сообщества. Это обусловлено тем, что большинство городов изначально проектируются и строятся с включением природных и квазиприродных зеленых массивов, что помогает улучшить микроклимат застройки, снизить уровень неблагоприятных воздействий транспорта и промышленности, улучшить эстетиче-

ское качество городской среды. Поэтому растительность реагирует одной из первых на антропогенное воздействие, так как не может противостоять неблагоприятным факторам, пассивно воспринимает удары урбанизации [2, с. 589].

Исследование выполнено в рамках темы научно-исследовательской работы сотрудников кафедры естественнонаучных дисциплин Белгородского университета кооперации, экономики и права «Исследование антропогенного влияния на природные ресурсы Белгородской области» (№ госрегистрации 01201463856).

В проведенном исследовании мы опирались, главным образом, на природно-социальную и экологическую концепции организации городских ландшафтов. Выяснено, что видовой состав лишайников, их обилие, покрытие и жизненное состояние указывают на чистоту или загрязненность приземного воздуха [4, с. 656]. Пассивный мониторинг заключался в анализе лишенобиоты. Была определена таксономическая структура, проведен анализ жизненных форм и субстратов, выявлены ареалы распространения лишайников. При описании лишенобиоты особое внимание уделяли видам-индикаторам состояния приземного воздуха. Предварительное исследование показало, что лишенобиота, в основном, сосредоточена в зеленых зонах, а вблизи промышленных объектов и автомагистралей практически отсутствует [5, с. 275]. Следовательно, оценить экологическую ситуацию в городе по имеющимся объектам не представляется возможным.

Если в намеченной стационарной точке отсутствовала естественная лишенобиота, то применялся активный мониторинг. Для этих целей был усовершенствован трансплантационный вариант лишеноиндикации. Слоевища нескольких видов лишайников вместе с субстратом прикрепляли древесной замазкой к деревьям на время экспозиции в районы исследования. После требуемой экспозиции проводили оценку морфологического состояния талломов, возрастной и размерной (максимальный линейный размер) структуры трансплантантов. Способами оценки действия новых условий на пересаженные слоевища являлось определение смертности пересаженных слоевищ, а также морфологических изменений талломов: цвета, толщины слоевища, внешнего вида плодовых тел, толщины лопастей и т. д.

Экологическое районирование являлось завершающим этапом биоиндикационного исследования. В рамках исследования районирование территории города было направленно на решение общей задачи выявления ареалов с различной степенью остроты экологической ситуации для организации сети геоэкологического мониторинга на территории г. Губкина.

Лихенофлора г. Губкина по результатам наших исследований представлена 6 семействами, 7 родами и 16 видами. Основу составляют виды семейства Lecanogaseae и Parmeliaceae (табл.1). Наибольшая встречаемость присуща видам с высокой степенью устойчивости к загрязнению: *Xanthoria parietina*, *Lecanora hagenii*.

Таблица 1

Видовой состав лихенофлоры г. Губкина

Функциональная зона	Характеристика лихенофлоры	Видовое разнообразие	Видовая насыщенность, видов/ствол	ОПП, %	Жизненно состояни в баллах
Природные условия	Преобладание накипных и токситолерантных лишайников	42	12,2	65,47	6
Средообразующая		5	4,8	17,70	4–3
Селитебная		4	3,5	18,88	4–3
Транспортная		4	3,2	18,03	3–2
Промышленная		3	2,8	19,72	3–2

Изменение видового состава: всего на территории города зарегистрировано 17 видов, в средообразующей зоне – 5, в селитебной зоне – 4, в транспортной – 4, в промышленной зоне – 3. При этом происходит смена доминантов: вместо преобладающих в фоновых условиях листоватых и кустистых лишайников во всех зонах господствуют накипные. Увеличение проективного покрытия происходит по мере увеличения загрязнения: в средообразующей зоне оно минимальное, а в промышленной зоне – максимальное. Мы объясняем это тем, что по мере уменьшения количества видов снижается конкуренция и увеличивается общее проективное покрытие (ОПП). При сравнении лихенобиоты в природных усло-

виях со средними показателями города выявлены следующие изменения: видо-
вое разнообразие меньше в 10,5 раза, видовая насыщенность – в 3,4, ОПП – в 3,6.
Это свидетельствует о достаточно сильном загрязнении городской территории.
Из таблицы видно, что эпифитный лишайниковый покров города намного беднее
по сравнению с природным.

Расчеты индексов полеотолерантности (IP) производились на основе регио-
нальной шкалы полеотолерантности эпифитных лишайников [3, с. 211]. Лишай-
ники из трех первых классов не были обнаружены, так как на территории города
нет естественных ландшафтов и отмечено достаточно сильное загрязнение воз-
духа (табл. 2).

Таблица 2

Классы полеотолерантности лишайников г. Губкина

Классы полеотолерантности	Виды лишайников
IV	<i>Physcia adscendens</i> , <i>Candelariella vitellina</i> , <i>Parmelia quercina</i> , <i>Lecanora albella</i>
V	<i>Lecanora chlarotera</i> , <i>Lecanora varia</i> , <i>Lecanora populicola</i> , <i>Lecanora carpineae</i>
VI	<i>Lecanora chlarotera</i> f. <i>crassula</i>
VII	<i>Xanthoria polycarpa</i> , <i>Parmelia sulcata</i> , <i>Parmelia tiliacea</i>
VIII	<i>Lecanora allophana</i> , <i>Hypogymnia physodes</i>
IX	<i>Phaeophyscia orbicularis</i> , <i>Xanthoria parietina</i>
X	<i>Lecanora hagenii</i>

На основании значений индексов полеотолерантности экологическую ситу-
ацию в городе Губкине можно охарактеризовать как «неудовлетворительную»
(IP = 7,99–8,48). Хотя фоновое значение IP составляет 4,25, т. е. ситуация оцени-
вается как «нормальная – относительно удовлетворительная». Показатель IP в
среднем по городу в 2 раза больше, чем фоновый. Показатель IP в разных функ-
циональных зонах города отличается незначительно, что говорит о довольно вы-
сокой степени загрязнения городской атмосферы (табл. 3).

Таблица 3

Значение индекса полеотолерантности в разных
функциональных зонах г. Губкина

Функциональная зона*	1	2	3	4	5
Преобладающий класс полеотолерантности	I-IV	III, IV	V, VII	VII, VIII	IX, X
IP	4,25	8,06	7,99	8,43	8,48
IAP	31,80	1,29	1,16	1,16	0,91

* Зоны: 1 – фоновая, 2 – средообразующая, 3 – селитебная, 4 – транспортная, 5 – промышленная.

Величина индекса в селитебной и средообразующей зонах выше, чем в транспортной. Мы объясняем это тем, что в транспортной зоне преобладают устойчивые нитрофильные виды. А в селитебной и средообразующей зонах видовое разнообразие больше, но жизненность особей ниже, чем в транспортной. Индексы полеотолерантности с учетом поправок более точно отражают состояние атмосферного воздуха г. Губкина. Индекс полеотолерантности на территории г. Губкина высок (7,99–8,49). Это свидетельствует о том, что здесь преобладают виды, устойчивые к загрязнению. Индекс чистоты атмосферы (IAP) показывает, что показатели степени чистоты воздуха в разных функциональных зонах достоверно не отличаются и приземный воздух г. Губкина сильно загрязнен.

В ходе исследования было определено, что региональными видами-индикаторами загрязнения атмосферного воздуха являются *Lecanora varia*, *Physconia enteroxanta*, *Physcia stellaris*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia tiliaceae*, *Hypogymnia physodes*, *Candelariella vitellina*, *Lecanora carpinea*, *Xantoria parietina*, *Evernia prunastri*, *Usnea subfloridana*, *Ramalina fraxinea*, а для трансплантации целесообразно использовать токсифобный лишайник *Hypogymnia physodes* и токситолерантный *Xantoria parietina* [6, с. 186].

Результаты трансплантации лишайников показывают, что в городе резко увеличивается количество пораженных талломов *Hypogymnia physodes*, состояние слоевищ *Xanthoria parietina* изменяется не так резко, однако в городской популяции увеличивается доля талломов с низкой жизненностью (рис. 1).

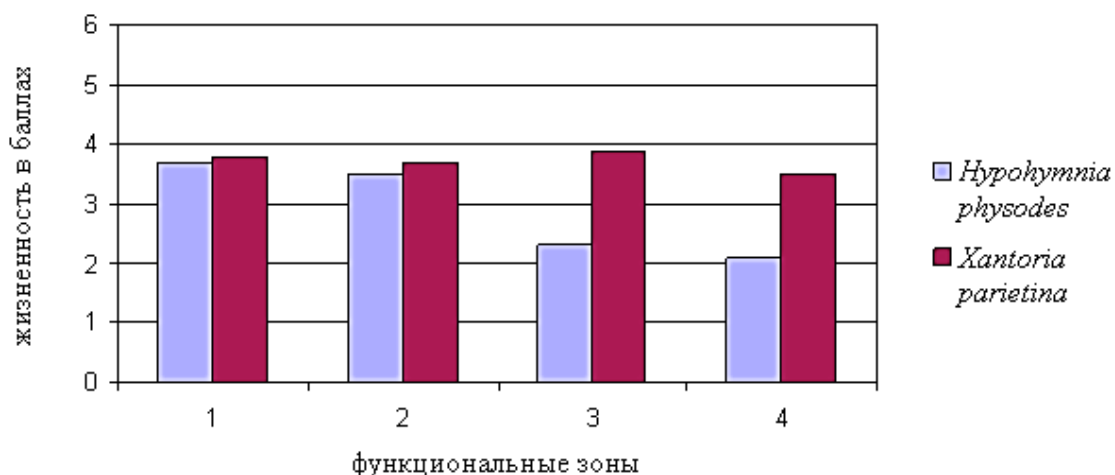


Рис. 1

Варьирование толщины слоев внутри талломов у этих видов на уровне варьирования толщины талломов популяции. Применение дисперсионного анализа для оценки значимости точки сбора по степени загрязнения в определении толщины слоев показало достоверные различия этого показателя у двух видов за исключением нижнего корового слоя у *Xanthoria parietina*. В возрастном спектре лишайников *Hypogymnia physodes* во всех функциональных зонах преобладают особи молодого генеративного состояния (22,5–25,2%), что свидетельствует о быстром прохождении первых двух стадий развития. Затем идут особи старого и средневозрастного генеративных состояний.

Следовательно, особи в городских условиях находятся на техногенной границе распространения *Hypogymnia physodes*. Это дает основание предположить, что именно вызванное токсической нагрузкой уменьшение количества апотециев приводит к смещению спектра в сторону особей генеративного состояния. Таким образом, популяция за счет увеличения количества размножающихся особей компенсирует снижение продуктивности.

Несмотря на то, что *Hypogymnia physodes* и *Xanthoria parietina* виды, отличающиеся степенью устойчивости к загрязнителям, в возрастном спектре наблюдаются сходные тенденции. Таким образом, нами определены изменения в размерной и возрастной структурах популяций лишайника *Xanthoria parietina* в условиях атмосферного загрязнения. При увеличении загрязнения частотные

распределения массы и длины талломов сдвигаются в сторону особей меньших размеров. Такие изменения в возрастной структуре популяций связаны с задержкой развития особей прегенеративного периода в условиях загрязнения. Наибольшие нарушения наблюдаются при действии антропогенных факторов, которые вызывают снижение численности возрастных групп постгенеративного и, частично, генеративного периодов. Такая реакция на стресс проявляется, с одной стороны, в задержке развития, а с другой – в ранней гибели слоевищ *Xanthoria parietina*, что можно рассматривать как снижение приспособленности с возрастом в загрязненной среде.

Умеренно толерантные виды уменьшают размеры талломов в городе. Максимальные размеры слоевищ *Hypogymnia physodes* в городе уменьшаются в 4,5 раза по сравнению с фоновой территорией, а масса – в 2 раза. Для толерантного вида *Xanthoria parietina* уменьшение длины и массы практически не отличается в городских и фоновых условиях. Причем не отмечено достоверного увеличения длины при переходе от условий экологического каркаса к импактным зонам для *Hypogymnia physodes* и *Xanthoria parietina*.

На основе данных мониторинга лишенофлоры было проведено районирование территории города для выявления ареалов с различной степенью остроты экологической ситуации. В ходе исследований было выяснено, что функциональное зонирование территории г. Губкина складывалось исторически. На сегодняшний день оно несет в себе достоинства и недостатки методов формообразования городских систем. Территория г. Губкина обладает определенной спецификой и поэтому зоны экологической напряженности обладают достаточно высокой целостностью. Высокая концентрация предприятий горнорудной промышленности привела к региональному загрязнению окружающей среды. Основная роза ветров северо-западная, поэтому районы, наиболее удаленные от предприятий и карьеров, характеризуются более высоким потенциалом к самоочищению от техногенных загрязнений.

Сравнение количественных признаков лишенофлоры показало, что их значения, как правило, выше в незагрязненных частях города. Исключение составляет показатель ОПП. Этот показатель сильнее, чем другие зависит от фитоценологических условий, что затрудняет его прямое использование. Наиболее информативными параметрами, отражающими состояние атмосферного воздуха, являются видовое разнообразие, возрастная структура популяции и размеры лишайников.

Наиболее благоприятная экологическая ситуация складывается в юго-западной и северо-западной частях города. Сюда же относится и микрорайон «Журавлики». В этой зоне наблюдается обеспеченность активными атмосферными процессами и зелеными насаждениями.

Центральная часть города и гидрогородок относятся к зоне с умеренно благоприятной экологической ситуацией. Она характеризуется среднэтажной застройкой и находится на возвышенности. Эта зона является своеобразным буфером между западной и восточной частями города.

К территориям с неблагоприятной экологической обстановкой относится часть города, примыкающая к карьерам. Это в основном частный сектор, расположенный в низинной части города.

Для территории г. Губкина характерно, что улицы, ориентированные с юго-востока на северо-запад, хорошо очищаются от выхлопных газов. Улицы же, ориентированные с запада на восток или с юго-запада на северо-восток, служат локальными аккумуляторами поллютантов.

Пространственная неоднородность зон меняется от 0,3 для зоны благоприятной экологической ситуации до 0,5 умеренно благоприятной и неблагоприятной зон. Изрезанность границ зон практически отсутствует. Это связано с тем, что на состояние воздуха оказывают сильное влияние ОАО «Лебединский ГОК», ОАО «Комбинат КМАруда», ОАО «Стойленский ГОК», ОАО «ОЭМК», ОАО «Оскольский завод металлургического машиностроения», ОАО «Старооскольский механический завод».

Прямое воздействие проявляется не постоянно, а при определенных метеорологических условиях (скорость ветра, температура, влажность и т. д.). При определенных метеорологических условиях содержание пыли и газов в воздушном бассейне города Губкина, и прилегающих населенных пунктах, таких как Лукьяновка, поселок Лебеди, Песчанка, Верхне-Чуфичево превышают ПДК в несколько раз. Полученные данные подтверждаются исследованиями центра Госсанэпиднадзора. Установлено, что уровень комплексной антропогенной нагрузки на окружающую среду вышеуказанных населенных пунктов соответствует неудовлетворительной степени напряженности санитарно-гигиенической ситуации.

В качестве выводов необходимо отметить следующее:

1. Городская лишенобиота претерпевает такие изменения, что оценки экологической ситуации по существующим объектам недостаточно. Поэтому требуется применение активных методов геоэкомониторинга.

2. Установлено, что в промышленном городе изменения под воздействием загрязнения воздуха проявляются в уменьшении числа видов, смене субстратов и увеличении обилия токситолерантных видов. Но в связи с разным качественным и количественным спектром поллютантов наблюдаются четкие отличия в видовом составе лишенобиоты, в возрастной и размерной структуре токсифобных и токситолерантных лишайников.

3. Установлено, что зоны экологической напряженности промышленного города приурочены к территориям функциональных зон. Зона высокой экологической напряженности состоит из ареалов выбросов промышленности и транспорта. Зона низкой экологической напряженности включает территории средозащитной зоны. Зона средней экологической напряженности приурочена к селитебным территориям.

Список литературы

1. Епринцев С.А. Изучение параметров качества окружающей среды урбанизированных территорий в условиях повышенной антропогенной нагрузки [Текст] / С.А. Епринцев, С.В. Шекоян // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Т. 10. – № 2 (13). – С. 520-525.
2. Орлова К.Н. Биоиндикационные методы исследования на основе растений в геоэкологическом мониторинге [Текст] / К.Н. Орлова // Труды XVI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 110-летию со дня основания горно-геологического образования в Сибири. – 2012. – С. 588–590.
3. Фатнева Е.А. Геоэкологическая диагностика средозащитной зоны города Белгорода [Текст] / Е.А. Фатнева // Естественные и технические науки. – 2009. – № 1. – С. 209–213.
4. Фатнева Е.А. Биологическое и ландшафтное разнообразие территории Белгородской области [Текст] / Е.А. Фатнева // Актуальные проблемы развития общественного питания и пищевой промышленности: Материалы международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов. – Белгород: Изд-во БУКЭП, 2014. – С. 653–661.
5. Фатнева Е.А. Антропогенное влияние на природные ресурсы Белгородской области [Текст] / Е.А. Фатнева, А.В. Гнилицкая // Научное мышление молодых ученых: настоящее и будущее: Сборник материалов Международной студенческой научной конференции. – Белгород: изд-во БУКЭП, 2015. – С. 272–276.
6. Фатнева Е.А. Геоэкологическое зонирование и оценка экологической ситуации природно-техногенных систем Белгородской области [Текст] / Е.А. Фатнева // Инструменты современной научной деятельности: Сборник статей Международной научно-практической конференции: В 3 ч. Ч.3. – Самара: Аэтерна, 2015. – С. 184–189.