

Заключение. Определены диапазоны активности гидролитических ферментов (инвертазы и уреазы), регулирующих минерализацию полисахаридов с образованием усвояемых мономеров, в зависимости от уровня загрязнения почвы тяжелыми металлами.

Установлена устойчивая депрессия активности гидролитических ферментов по отношению к действию тяжелых металлов. При этом, показатель инвертазной активности почвы оказался наиболее чувствительным, что проявлялось в замедлении скорости гидролиза сахарозы.

Показатели активности гидролаз (инвертаза, уреазы) могут использоваться как дополнительные биохимические характеристики почвы, выполняющие функции минерализации, в условиях техногенного загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изменение почв в процессе их окультуривания : сб. ст. / АН СССР ; под ред. В. К. Гирфанова. – Уфа : Башк. филиал. Ин-т биологии, 1974. – 130 с.
2. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев, Е. А. Каретникова, Г. М. Зенова. – Москва : Наука, 2005. – 252 с.
3. Тах, И. П. Ферментативная активность различных типов почв лесостепного пояса в условиях западного Кавказа / И. П. Тах, А. Х. Агиров. – Москва : Наука, 2009. – 67 с.
4. Ковриго, В. П. Почвоведение с основами геологии / В. П. Ковриго. – Москва : Колос, 2000. – 416 с.
5. Гамаюрова, В. С. Ферменты: лабораторный практикум : учебное пособие / В. С. Гамаюрова, М. Е. Зиновьева. – СПб. : Проспект Науки, 2011. – 256 с.
6. Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности почвы». Утвержден постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021г. № 37.
7. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483–85. – Введ. 01.07.1986. – Москва : Гос. комит. СССР по стандартам: Издательство стандартов, 1985. – 3 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОМОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТРАНСФОРМАЦИИ АНТРОМОВ В УСЛОВИЯХ КРУПНЫХ ГОРОДОВ

PROSPECTS FOR THE USE OF BIOMONITORING IN ASSESSING THE TRANSFORMATION OF ANTHROMES IN LARGE CITIES

В. В. Махнач

V. V. Makhnach

*Белорусский государственный университет, БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
mahnachv@bsu.by*

*Belarusian State University, BSU
Minsk, Republic of Belarus*

В статье рассматриваются перспективы применения биомониторинга для оценки трансформации антропогенных экосистем в условиях крупных городов (на примере г. Минска). Исследование направлено на выявление возможностей использования биологических индикаторов для мониторинга воздействия городской среды на окружающую природу и здоровье человека. Анализируются методы биомониторинга, такие как оценка состояния растительности, животного мира, а также содержание загрязняющих веществ в биологических объектах. Результаты исследования позволят определить эффективные подходы к контролю за трансформацией антромов в городских условиях и разработать меры по улучшению экологической обстановки в городах.

This article discusses the prospects for using biomonitoring to assess the transformation of anthropogenic ecosystems in large cities (using the example of Minsk). The study is aimed at identifying the possibilities of using biological indicators to monitor the impact of the urban environment on the environment and human health. Methods of biomonitoring, such as assessing the state of vegetation and fauna, as well as the content of pollutants in biological objects are analyzed. The results of the study will allow us to determine effective approaches to control the transformation of anthromes in urban environments and develop measures to improve the environmental situation in the cities.

Ключевые слова: антром, антропом, биомониторинг, фитомониторинг, лишеноиндикация, биоиндикация.

Keywords: anthrome, anthropome, biomonitoring, phyto-monitoring, lichen indication, bioindication.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-181-185>

В настоящее время города играют ключевую роль в развитии общества, однако их быстрое расширение и увеличение численности населения приводят к значительным изменениям в окружающей среде. Эти трансформации могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека, поэтому оценка качества окружающей среды в городских условиях становится все более важной задачей.

Одним из перспективных инструментов для оценки трансформации антропов (антропов) в условиях крупных городов является биомониторинг. Этот метод позволяет изучать биологические объекты (например, растения, животные, человек) для выявления наличия и определения уровня загрязнений в окружающей среде. Благодаря биомониторингу можно получить информацию о состоянии окружающей среды, ее воздействии на живые организмы и здоровье людей.

Термин «биологический мониторинг» был впервые предложен на семинаре в Люксембурге в 1980 году, организованном Европейским экономическим сообществом (ЕЭС), Национальным институтом проблем безопасности труда и здравоохранения США (NIOSH) и Управлением по безопасности труда и охране здоровья (OSHA) [1].

Цель данной статьи заключается в рассмотрении перспектив применения биомониторинга в оценке трансформации антропов в условиях крупных городов. В рамках исследования будут рассмотрены основные методы биомониторинга, их применимость в городских условиях, а также примеры успешного использования результатов исследований.

Использование результатов биомониторинга в создании электронных баз данных по результатам биоиндикационного исследования представляет значительные перспективы для улучшения процесса обработки данных. Электронные базы данных позволяют ускорить анализ материалов и сделать результаты исследований доступными для всех заинтересованных сторон, сделав их мобильными и легко доступными.

Кроме того, использование результатов биомониторинга в ГИС различного уровня сложности открывает новые возможности для анализа и визуализации данных. Наиболее эффективным способом представления результатов биоиндикационных исследований является картографическое отображение, которое позволяет наглядно и удобно оценить состояние территорий с точки зрения экологического и антропогенного воздействия.

Таким образом, создание электронных баз данных и использование ГИС для картографического отображения результатов биомониторинга не только повышает эффективность и доступность информации, но также способствует более глубокому пониманию состояния окружающей среды и принятию обоснованных решений по ее охране и улучшению.

При проведении мониторинга для оценки трансформации антропов в условиях крупных городов применяются четыре основные группы показателей. Первая группа включает характеристику компонентов природы и ландшафтов в целом, позволяя оценить состояние естественных экосистем и изменения, происходящие под воздействием человеческой деятельности.

Вторая группа показателей связана с антропогенным преобразованием ландшафта и его морфологическими характеристиками. Это важно для выявления трансформации природных объектов под воздействием городской застройки, дорожной инфраструктуры и других антропогенных факторов.

Третья группа показателей отражает содержание загрязняющих веществ в природных средах и субъектах, а также их соотношение с нормативными показателями. Это позволяет оценить уровень загрязнения окружающей среды и его влияние на здоровье человека, животных и растений.

Четвертая группа показателей связана с состоянием субъектов: человека, растений, животных, природных сообществ и фацций. Изучение этих параметров позволяет оценить влияние трансформации антропов на биоразнообразие, здоровье населения и общую устойчивость экосистем к антропогенному давлению.

Немаловажной составляющей мониторинга является фитомониторинг [2]. Использование фитомониторинга для города Минска представляет значительные перспективы в оценке состояния воздушной среды и влияния хозяйственной деятельности. Биоиндикация по комплексу признаков с использованием хвойных деревьев, таких как сосна обыкновенная, может быть рекомендована в качестве основного способа фитомониторинга. Исследование морфологических параметров сосны обыкновенной позволяет определить степень воздействия загрязнений на растения посредством оценки влияния на их физиологию и морфологию [3].

Результаты исследования показывают, что хлорозы и некрозы хвои обратно пропорциональны расстоянию от источника загрязнений, а продолжительность жизни и масса хвоинок увеличиваются при удалении от источника. Длина хвои не имеет прямой зависимости с расстоянием от источника загрязнения, однако деление вариационного ряда позволяет определить состояние территории и антропогенный прессинг. Современные исследования показывают, что биоиндикацию сосны обыкновенной можно использовать и в радиологическом мониторинге. В настоящее время по данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь в г. Минске функционирует 12 пунктов наблюдений за атмосферным воздухом.

Исходя из этого, использование биомониторинга для оценки воздушной среды в городе Минске позволит не только выявить зоны с наибольшим воздействием производства, но и определить меры для улучшения экологической ситуации и сохранения здоровья горожан.

В современном мире урбанизация неизбежно приводит к изменениям в природной среде, включая зеленые зоны городов. Лесопарки, как связующее звено между пригородной зеленой зоной и городскими насаждениями, играют важную роль в сохранении экологического равновесия. В них сочетаются типично лесные участки и облагоустроенные территории, созданные человеком с использованием различных элементов дизайна.

При разработке концепции благоустройства лесопарка необходимо учитывать особенности ландшафта и потребности посетителей. Основные массивы лесопарков должны быть засажены древесными породами, характерными для данной местности, чтобы сохранить естественный лесной характер. Одновременно, при декоративном оформлении дорожно-тропиночной сети можно использовать экзотические растения для создания интересных композиций.

Однако, важно помнить, что основное предназначение лесопарков - обеспечить спокойный отдых людей в природной обстановке. Поэтому установка аттракционов, строительство стадионов или прокладка трекров нецелесообразны и могут нарушить гармонию с природой.

В условиях крупных городов биомониторинг лесопарковых территорий может стать эффективным инструментом для оценки трансформации антромов. Путем мониторинга биологических показателей можно отслеживать изменения в экосистеме и своевременно реагировать на негативные тенденции. Применение биомониторинга позволит сохранить уникальные природные уголки в городе и обеспечить здоровую среду для отдыха и релаксации горожан.

При радиальной планировке города большое внимание следует уделять биомониторингу «коридоров» проветривания. При создании санитарно-защитных зон с использованием насаждений в городских условиях, важно учитывать ряд ключевых аспектов. Один из них - формирование «коридоров» проветривания в направлении преобладающих ветров, чтобы обеспечить эффективное циркулирование воздуха. При этом необходимо избегать направления потоков воздуха к жилым зданиям. Ширина таких «коридоров» должна составлять 60–80 метров.

Соотношение различных типов посадок также играет важную роль: густые посадки должны составлять около 10 %, изреженные насаждения из деревьев и кустарников - около 35 %, а поляны и лужайки - около 55 %. Это позволит создать оптимальную экосистему для фильтрации загрязнений и обеспечения здоровой атмосферы.

Использование зеленых насаждений для снижения уровня загрязнения воздуха на жилых территориях также имеет большое значение. Особенно эффективными оказываются участки, где сочетаются древесные, кустарниковые и травянистые растения. Такие зоны способны нейтрализовать пыль и газы значительно интенсивнее, чем открытые пространства.

Планирование элементов озеленения следует проводить с учетом архитектурно-композиционного решения застройки, чтобы создать гармоничное сочетание природы и городской среды. Эффективное использование биомониторинга таких зон позволит следить за изменениями в экосистеме и своевременно реагировать на негативные тенденции, обеспечивая жителям крупных городов здоровую и экологически чистую и комфортную среду для жизни и отдыха.

Особое внимание следует уделить лишеноиндикации. Использование лишеноиндикации для города Минска открывает перспективы для более глубокого понимания влияния атмосферного загрязнения на экосистему города. Исследование показывает, что видовое разнообразие эпифитных лишайников в пригородной территории превышает аналогичный показатель в городе, что может указывать на более благоприятные условия для развития лишайников за пределами городской застройки. Лишеноисследования Минска имеют большую историческую продолжительность и позволяют анализировать различные временные ряды и сравнивать их с современным состоянием.

Анализ распределения гемерофильных и устойчивых видов лишайников позволяет сделать вывод о различиях в экологических условиях между пригородной и городской средой. Исследование коэффициентов общности состава древесных пород и лишайников указывает на влияние атмосферного загрязнения на видовой состав лишенофлоры, подчеркивая важность контроля за состоянием воздушной среды для сохранения биоразнообразия.

Использование лишеноиндикации в биомониторинге города Минска может стать эффективным инструментом для оценки качества окружающей среды и разработки мер по ее улучшению.

Перспективы использования биомониторинга в исследованиях города Минска основаны на учете эколого-физических закономерностей, определенных при подборе объектов для фитомониторинга. Интегрированный характер ответных реакций растений на условия местообитания, несводимый к исключительно техногенному загрязнению, является ключевым аспектом. Различный уровень газоустойчивости различных видов растений, сезонная динамика в изучении экофизиологических показателей и гетерогенность условий лесопарковых насаждений в городских агломерациях создают особые условия для проведения биомониторинга.

К достоинствам биомониторинга следует отнести следующее:

- способность регистрировать загрязнения воздуха в 3-5 раз ниже санитарно-гигиенических предельно допустимых концентраций (ПДК);
- практически без физико-химических анализов проб воздуха или с их ограниченным количеством определять уровни загрязнения воздуха на обширных территориях;
- определять степень и опасность воздействия загрязнителей на экосистемы;
- изучать характер антропогенной дигрессии компонентов экосистем;
- выявлять относительную роль отдельных крупных источников эмиссий и экологическую опасность отдельных ингредиентов в суммарном загрязнении среды и их влияние на экосистемы;
- определять допустимые или критические нагрузки загрязнителей для биоты, разрабатывать экологические нормативы антропогенных воздействий на экосистемы;
- давать научную основу для прогноза развития экологической ситуации в регионе и для разработки мероприятий по улучшению состояния окружающей среды.

Биомониторинг позволил установить, что в пределах города загрязнение воздушной среды и его последствия зависят в зависимости от ПТК и его устойчивости.

Эти факторы позволяют учитывать разнообразие антропогенных и естественных воздействий на экосистему города Минска и оценивать их влияние на состояние биоразнообразия. Выбор контрольных объектов для фитомониторинга должен учитывать сложные экологические процессы, происходящие в городской среде, чтобы обеспечить надежные данные о качестве окружающей среды.

При проведении биомониторинга крупных городов необходимо учитывать, что исследование осуществляется на различных уровнях:

1) экосистемном уровне, который включает в себя анализ циркуляции веществ и потоков энергии. Циркуляция веществ зависит от запаса биогенов, организмов-продуцентов, консументов и редуцентов. Для оценки состояния экосистем важны трофическая структура и сукцессионные изменения.

2) на уровне трофической структуры нарушение баланса между продуцентами, консументами и редуцентами может привести к дисбалансу в экосистеме. Например, у промышленных предприятий толщина подстилки может превышать норму из-за угнетения почвенных организмов, ответственных за разложение остатков растений.

3) уровень сукцессии представляет собой естественные изменения сообществ от простых к сложным. Воздействие человека может нарушить естественный ход сукцессии, препятствуя формированию зрелых сообществ. Это может привести к упрощению структуры экосистемы и нарушению взаимосвязей между видами и блоками экосистемы.

Обнаружение указанных признаков является важным для биоиндикации на более высоких уровнях организации живого. Нарушения на уровнях ценоза и экосистемы могут иметь серьезные последствия, такие как упрощение структуры сообществ и нарушение механизмов саморегуляции экосистемы.

Из этого следует, что использование биомониторинга в исследованиях города Минска представляет перспективный подход для оценки экологического состояния и разработки мер по его улучшению. Анализ результатов фитомониторинга на основе эколого-физических закономерностей позволяет получить ценные данные о воздействии различных факторов на растительный мир города и способствует развитию эффективных стратегий охраны окружающей среды.

Перспективы развития биомониторинга в Минске могут включать: 1. Расширение использования комплексного многокомпонентного биомониторинга для оценки ситуации на улицах с высокой интенсивностью движения автотранспорта, что позволит более точно определять уровень загрязнения и принимать соответствующие меры; 2. Эффективное использование листьев наиболее распространенных и чувствительных видов растений для биоиндикации загрязнения среды за период вегетации (каштан конский, береза повислая и др.); 3. Применение аккумулятивной биоиндикации с использованием верхних слоев корки ствола и коры ветвей для мониторинга загрязнения тяжелыми металлами в городской среде; 4. Исследование приповерхностных слоев почв для выявления накопления тяжелых металлов и определения экологического риска (О.В. Лукашев); 5. Оценку экологической роли придорожных кустарниковых изгородей в снижении экологического риска для пешеходов и детей; 6. Возможность использования тест-растений для оценки токсичности городских почв и выявления уровня загрязнения.

Системы регионального мониторинга окружающей среды играют ключевую роль в оценке состояния экосистем и здоровья природных ресурсов. Наиболее развитые системы такого мониторинга можно найти в Германии и Нидерландах, где внедрены инновационные подходы к анализу и контролю за состоянием окружающей среды [1].

Одной из примерных систем биомониторинга, реализованной в земле Баден-Вюртемберг, Германия, является система оценки следующих показателей [1]:

1. Степени дефолиации (преждевременной потери листвы) бука, ели и пихты;
2. Составы поллютантов в листьях и хвое;
3. Сукцессии (закономерной смены) травянистой растительности;
4. Жизненности травостоя и содержания в нем поллютантов;
5. Площади покрытия эпифитных лишайников;
6. Численности коллембол (мелких почвенных членистоногих) и наземных моллюсков;
7. Аккумуляции поллютантов в дождевых червях.

Эти показатели позволяют проводить комплексную оценку воздействия различных факторов на экосистемы и выявлять потенциальные угрозы для окружающей среды. Такие системы биомониторинга играют важную роль в поддержании экологического равновесия и принятии обоснованных решений по охране природы.

Развитие новых направлений в биомониторинге Минска позволит более эффективно контролировать состояние окружающей среды, предотвращать загрязнение и принимать меры по обеспечению экологической безопасности города.

Перспективы использования биологического мониторинга включают в себя возможность более точной и индивидуализированной оценки риска для здоровья человека от воздействия токсичных веществ. Этот метод позволяет рано выявлять потенциальные проблемы и принимать меры по их предотвращению. Благодаря биологическому мониторингу можно также контролировать эффективность принимаемых мер по снижению риска и проводить оценку эффективности программ по охране здоровья городского населения.

Мониторинг окружающей среды и состояния здоровья горожан является необходимым шагом для обеспечения безопасности жизни и профилактики заболеваний. Дальнейшее развитие и совершенствование методов

биологического мониторинга позволит улучшить контроль за токсичными факторами и повысить эффективность мер по защите здоровья человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биомониторинг и биоиндикация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecoportal.su/public/bio/view/411.html> – Дата доступа: 24.02.2024.
2. Рассохина Т.В. Оценка экологического состояния города / Т.В. Рассохина // Экология ЦЧО РФ. 1998. -№ 1. - С. 79–82.
3. Стрельцов А.Б. Биоиндикационный метод оценки антропогенного воздействия / А.Б. Стрельцов, А.А. Логинов // Экологические и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон : материалы докл. Всерос. науч. конф. СПб., 1999. - С. 40–41.

ПРОЦЕССЫ ТРАНСФОРМАЦИИ БИОМОВ МИНСКА В АНТРОМЫ В ЭПОХУ АНТРОПОЦЕНА

PROCESSES OF TRANSFORMATION OF BIOMES IN MINSK INTO THE ANTHROMES IN THE ANTHROPOCENE ERA

В. В. Махнач

V. V. Makhnach

Белорусский государственный университет, БГУ

г. Минск, Республика Беларусь

makhnachv@bsu.by

Belarusian State University, BSU

Minsk, Republic of Belarus

В статье рассматриваются процессы трансформации биомов в городе Минске в условиях антропогенного воздействия в эпоху антропоцена. Применяется комплексный подход, включающий методы наблюдения, экосистемный подход и исторический метод. Исследование позволяет выявить изменения в экосистемах города под воздействием человека и предложить стратегии сохранения биоразнообразия в условиях современного антропогенного давления.

The article examines the processes of transformation of biomes in the city of Minsk under conditions of anthropogenic impact in the Anthropocene era. An integrated approach is used, including observational methods, ecosystem approach and historical method. The study allows us to identify changes in the city's ecosystems under human influence and propose strategies for preserving biodiversity under modern anthropogenic pressure.

Ключевые слова: антропоцен, антром, антропом, охрана природных комплексов, биосфера, геосфера, мультифункциональный ландшафт.

Keywords: anthropocene, anthrome, anthropome, protection of natural complexes, biosphere, geosphere, multifunctional landscape.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-185-188>

На XXXV Международном геологическом конгрессе, который проходил в Кейптауне в 2016 году, была введена новая геологическая эпоха под названием «Антропоцен». Сам термин был введен голландским химиком атмосферы Паулем Крутценом в 2000 году в научный обиход, однако создателем термина является американский биолог Ю.Ф. Стормер. Условно точкой отсчета является 1784 год, когда Дж. Уатт создал паровой двигатель на ископаемом топливе, или 1950 год, когда в геологических отложениях фиксируются различные химические компоненты пластика [1]. Введение антропоцена как временной эпохи было обусловлено тем, что современные биомы под воздействием человека претерпели сильные изменения.

В рамках Международной программы по исследованию геосферы-биосферы (IGBP, 1987) был введен термин «антром».

Антром (антропом) – это биом, который был изменен в результате деятельности человека [2]. Все чаще звучит идея о стратегиях сохранения и охраны экосистем в условиях мультифункциональных ландшафтов городов. В условиях интенсификации городского развития и изменений экосистем возрастает необходимость в разработке стратегий сохранения и охраны природных комплексов. В данной статье рассмотрим процессы трансформации биомов в Минске под воздействием человека и возможные пути сохранения экосистем в эпоху антропоцена.