

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

mahnachv@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.

Методика исследования: при проведении исследования применяется комплексный подход, включающий метод наблюдения на мониторинговых площадках в пределах г. Минска. Для анализа трансформации биомов под воздействием человеческой деятельности используется экосистемный подход, который позволяет рассматривать взаимодействие различных компонентов экосистемы в комплексе. Кроме того, применяется исторический метод, позволяющий изучить изменения в биомах на протяжении времени и выявить основные тенденции. Для проведения исследования использовались методы сбора данных на мониторинговых площадках, а также анализ литературных источников. Собранные данные анализировались с учетом изменений в биомах и антропах, выявленных с помощью исторического метода, что позволяет получить более полное представление о процессах трансформации экосистем в условиях антропоцена. Такой комплексный подход позволяет более глубоко исследовать процессы трансформации биомов в г. Минске под воздействием человека и выявить возможные стратегии сохранения экосистем.

Минск расположен на юго-восточном склоне Минской возвышенности, моренное происхождение, которая в свою очередь находится в пределах Восточно-Европейской равнины. Минская возвышенность образовалась во время сожской стадии Припятского оледенения, последнего, достигшего этой территории, позднее ледниковый рельеф был несколько преобразован эрозионными и денудационными процессами. На территории города доминирует широковолнистый рельеф с грядами, увалами и холмами, которые разделяются широко раскрывающимися к Центрально-Березинской равнине ложбинами, озеровидными расширениями, плоскими заболоченными низинами. Расчлененность территории возрастает на склонах речной долины, древних ложбинах стока, сухих долин. Особый облик рельефу придают отдельные небольшие термокарстовые блюдцеобразные западины, разбросанные по территории и, как правило, заболоченные. Средняя высота над уровнем моря составляет 220 м [3].

Рассматриваемая территория находится в южной части Минской краевой ледниково-аккумулятивной возвышенности, которая представляет собой Ивенецко-Минский моренный массив. Город и перспективная для его развития зона расположены на восточном склоне этого массива в верхней части бассейна реки Свислочь. Рельеф характеризуется грядово-увалистыми и пологохолмистыми формами, с выраженной расчлененностью ложбинами и балками, абсолютные отметки поверхности понижаются от 280 до 182 метров на юго-восток. В данном районе преобладают различные типы рельефа, такие как ледниковые, водно-ледниковые, флювиальные, озерные, биогенные, склоновые и антропогенные формы. Наиболее высокие точки (выше 260 м) характеризуются ледниково-гляциотектоническим рельефом с грядово-холмистыми и холмисто-увалистыми моренами. В нижнем ярусе (высотой 220–180 м) преобладают зандровые равнины, флювиальные и биогенные формы. Сквозная долина реки Свислочь с ее притоками пересекает территорию с северо-запада на юго-восток, образуя густую древовидную сеть ложбин стока. Балки и овраги расчленяют склоны западной части города, а речная сеть включает главную долину реки Свислочь и ее притоков. Флювиальный рельеф играет значительную роль в формировании поверхности города, а техногенный рельеф обусловлен мелиоративными работами и строительством [3].

Минск расположен в одной ландшафтной зоне равнинных умеренно континентальных лесных ландшафтах в подзоне бореально смешанно-лесных (подтаежных) ландшафтов. В пределах города представлено 2 рода ландшафтов: холмисто-моренно эрозионные с широколиственно-сосново-еловыми, еловыми, широколиственно-еловыми лесами на дерново-подзолистых, местами эродированных почвах, значительно распаханых и водно-ледниковые с сосновыми, широколиственно-еловыми, еловыми лесами и внепойменными лугами на дерново-подзолистых, часто заболоченных почвах, частично распаханых. Из видов ландшафтов на западе представлены – мелкохолмистые с широколиственно-еловыми, сосновыми и еловыми лесами, на востоке – холмисто-волнистые с моренными грядами, сосновыми, широколиственно-сосновыми-еловыми лесами.

Возле города проходит водораздел бассейнов Балтийского и Чёрного морей. Через Минск протекает река Свислочь, в которую в пределах городской черты впадают ещё шесть малых рек. Все они относятся к Черноморскому бассейну. Осложняют картину исследования две надпойменные террасы реки Свислочь.

Климат Минска умеренно континентальный, со значительным влиянием атлантического морского воздуха. Среднегодовое количество осадков – около 700 мм. Лето тёплое, но не жаркое. Среднесуточная температура в июле +19,1 °С. Зима мягкая, с частыми оттепелями, среднесуточная температура в январе –4,2 °С. В последние годы наметилась чёткая тенденция к повышению температуры в зимний период. Среднегодовая температура – +7,2 °С, абсолютный максимум температуры (+35,8 °С) был зарегистрирован 8 августа 2015 года, абсолютный минимум (–39,1 °С) – 17 января 1940 года. Среднегодовая скорость ветра – 2,4 м/с. Среднегодовая влажность воздуха – 77 %. Микроклимат поймы реки Свислочь и Зеленые радиусы уменьшают климатические контрасты, однако в глубине спальных микрорайонов, в отсутствии естественной вентиляции воздуха могут наблюдаться температурные аномалии [3].

В трансформации биомов в антропы следует выделить следующие периоды: I) 1067–1569, II) 1570–1793, III) 1794–1917, IV) 1918–1940, V) 1941– 1990, VI) 1991–2000, VII) 2001– настоящее время.

I этап характеризуется особенностями землепользования и формирования агроландшафтов, уплотнением грунта, существованием дренажных конструкций и осушительных каналов, изменением русел рек Немига и Свислочь, формированием рва, строительством дорог [4].

II этап примечателен изменением лесного биома, расширением границ города и переносом оборонительных сооружений, вовлечением в хозяйственный оборот различных типов фитоценозов, расширением агроландшаф-

тов, осушением болот, изменением водного режима путем формирования плотин и применение водных мельниц [4], уплотнением грунта, уплотнением городской застройки, освоением новых территорий.

III этап связан с увеличением площади города, переходом от локальной агротехники к площадной, изменением стока вод путем мощения улиц, заилинием малых рек и ручьев, изменением русел рек, усилением осушения болотных массивов, формированием каналов-водоприемников, скачкообразным расширением агроландшафтов с полным уничтожением природных ландшафтов [4].

IV этап характеризуется трансформацией сельскохозяйственных ландшафтов с модификацией отдельных их свойств, появлением в городе мощных промышленных и транспортных узлов, формированием классических антропогенных ландшафтов, формированием объемной структуры антропогенного ландшафта путем изменения стока вод, созданием канализации и асфальтированием улиц (с 1934 года), созданием платин для регулирования реки Свислочь, канализированием Немиги, усилением осушения Комаровского и Слепянского болот, пересыханием реки Серебрянки [4].

V этап отличается формированием клиньев промышленных районов, организацией в антропогенном ландшафте зеленых зон и водно-зеленых коридоров, трансформация русла Свислочи (углубление, канализация, создание водохранилищ); строительство водозаборов, продолжается осушение болот [3], формирование крупных техногенных форм рельефа.

VI этап носит характер переходности, трансформируются антропогенные территории города Минска, смещение пространств потребления к центру города, формирование центров производства и центров потребления, все большее различие антромов от естественных биомов, усиление загрязнения воздушного бассейна.

VII этап имеет своей отличительной чертой сокращение зеленых пространств внутри города, уплотняется застройка, формируются запечатанные площади, природные русла трансформируются в пруды и другие участки городской агломерации.

Экологические последствия трансформации биомов в антромы в городе Минске проявляются в серьезном влиянии на биоразнообразие, экосистемы и климат центральной части Беларуси. Приведем некоторые из них:

1) Угрозы для биоразнообразия Минска: уменьшение площадей природных биомов и экосистем из-за застройки и инфраструктурных проектов. Разрушение и фрагментация остатков лесных массивов, что приводит к потере мест обитания для многих видов растений и животных (ярким примером может служить республиканский заказник «Лебяжий»). Внедрение инвазивных видов, которые конкурируют с местными видами и могут привести к снижению биоразнообразия. Для Минска проблемными инвазивными видами являются Борщевик Сосновского, Золотарник канадский, Эхиноцистис лопастной, Клен ясенелистный, Робиния лжеакация. Следует отметить, что со стороны властей принимаются меры по сдерживанию неконтролируемого расселения инвазивных видов. Так по Борщевнику Сосновского наиболее инвазированными в г. Минске являются Октябрьский, Ленинский и Заводской районы. Полностью борщевик ликвидирован в Советском и Партизанском районах г. Минска.

2) Воздействие на экосистемы и климат Минска: изменение структуры и функций экосистем из-за антропогенной деятельности, например, загрязнение водных объектов и почвы, что приводит к нарушению баланса в природных процессах. Следует отметить, что достаточно давно появился термин «технопочва». И ввиду формирования антрома внутри городской территории, следует отметить существенное отличие по строению и функционированию технопочвы. Важным свойством почвы является плодородие и его поддержание, что очень актуально для города и масштабов антропогенных процессов происходящих внутри городской агломерации.

Ухудшение качества воздуха из-за выбросов от транспорта, промышленности и других источников, что оказывает негативное воздействие на здоровье людей и экосистем. Для снижения его последствий организован мониторинг качества воздуха и ведется регулярный контроль. Формирование системы биологического мониторинга по хвое сосны обыкновенной и лишайникам существенно улучшит качество мониторинговых данных. Изменения климата из-за увеличения антропогенного воздействия, например, увеличения температуры в городе из-за городского теплового острова. Эта проблема отмечается в последнее пятилетие, температура внутри города Минска существенно выше, чем в фитоценозах и биомах окружающих городскую черту. Уплотнительная застройка снижает вентиляцию городских кварталов и ведет к ухудшению качества жизни населения. Однако, следует вернуться к концепции вертикального озеленения и садов-крыш, что способствует снижению антропогенной нагрузки на антромы.

Следует отметить, что антромы не типичные биомы и их функционирование и проблемы в антропоцене включают следующее:

1. Состояние атмосферного воздуха: высокая концентрация промышленности и транспорта в городе может привести к загрязнению воздуха различными вредными веществами, что может негативно сказаться на здоровье горожан.

2. Качество питьевой воды: несмотря на стабилизацию водопотребления и водоотведения, необходимо обеспечить высокое качество питьевой воды для жителей города.

3. Состояние поверхностных вод: загрязнение рек и озер химическими веществами может угрожать экосистемам и здоровью людей, особенно при неконтролируемых сбросах сточных вод.

4. Загрязнение почв химическими веществами: использование химических удобрений и промышленных выбросов может привести к загрязнению почвы, что может отрицательно сказаться на сельском хозяйстве и здоровье горожан.

5. Санитарное состояние дворов и прилегающих территорий: недостаточное санитарное обслуживание и недостаток зеленых насаждений в городе могут создавать негативные условия для проживания жителей.

6. Озеленение территорий: недостаток зеленых зон и парков в городе может привести к ухудшению экологической ситуации и ухудшению качества жизни горожан.

7. Обращение с отходами: проблема утилизации отходов требует комплексного подхода и разработки эффективных мер по переработке и утилизации мусора для снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Для сохранения экосистем в городе Минске следует принять следующие рекомендации и стратегии:

Сохранение и восстановление природных ресурсов: необходимо предпринять меры по восстановлению лесных биомов, увеличению зеленых зон, восстановлению природных водоемов и русел рек. Для регуляции газового состава воздуха и уменьшения степени его загрязнения в Минске необходимо активно высаживать деревья, создавать скверы, газоны, парки, модернизировать уже существующие зоны отдыха.

2. Устойчивое землепользование: необходимо разработать стратегии землепользования, которые будут способствовать сохранению природных экосистем и биоразнообразия. Целенаправленная и планомерная работа по обновлению зелёного фонда в Минске способствует улучшению экологической ситуации и благополучия горожан.

3. Регулирование строительства и урбанизации: важно контролировать процессы уплотнения застройки, чтобы сохранить зеленые зоны и природные ландшафты. В городе Минске, где высокая плотность населения и интенсивное загрязнение воздуха промышленными предприятиями и автотранспортом, необходимо стремиться к улучшению среды обитания человека. Создание комплексной системы озеленения городских территорий и программы зеленого строительства играют важную роль в этом процессе.

4. Внедрение экологически чистых технологий: необходимо поощрять использование экологически чистых технологий в промышленности, транспорте и строительстве для снижения негативного воздействия на окружающую среду. Возвращение к нормативу 60 % площади озеленения с шириной зоны около 300 метров в Минске поможет создать более комфортные условия для жизни и отдыха горожан.

5. Образование и информирование: важно проводить образовательные мероприятия и информировать жителей о необходимости сохранения экосистем и природных ресурсов. Внедрение инноваций и систем Умного города для поддержания экологии и развития зеленого градостроительства в Минске является перспективным направлением развития, особенно в условиях дефицита территориальных ресурсов. Реализовывать практику многоуровневого озеленения, садов на крышах, зеленых автостоянок и др.

6. Вовлечение общественности: широкое участие общественности в процессе принятия решений по сохранению экосистем поможет создать эффективные меры по охране природы. Активизация участия руководителей, специалистов ландшафтного дизайна и экологов в проектах по зеленому строительству, а также межведомственное сотрудничество в этой области способствуют эффективной реализации экологических программ в городе.

7. Мониторинг и контроль: необходимо установить систему мониторинга за состоянием экосистем и проводить регулярный контроль за выполнением экологических стандартов и законов. Постоянная эксплуатация и обновление ГИС зеленых насаждений Минска и данных спутникового зондирования являются важными инструментами для контроля за состоянием растительности и борьбы с болезнями и вредителями. Продолжение совершенствования нормативно-правовой базы зеленого градостроительства в Минске, учитывая последние научные достижения в данной области, является необходимым шагом для улучшения экологической ситуации. Внедрение индикаторов эколого-ориентированного развития населенных территорий, утверждение типовых проектов развития зеленого градостроительства и популяризация лучших примеров озеленения и строительства могут сформировать экологически устойчивые городские пространства.

8. Изучение антропов: необходимо изучить процессы, протекающие в антропах и возможности придания им свойств природных биомов. Использование для озеленения наиболее устойчивых к воздействию пыли, дыма и газа видов древесных пород является необходимым для поддержания здоровой окружающей среды в городе.

Принятие этих рекомендаций и стратегий поможет сохранить экосистемы города Минска и обеспечить устойчивое развитие на долгосрочную перспективу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Davis R.V. *Inventing the Present: Historical Roots of the Anthropocene*// *Earth Science History*.2011.Vol. 30. №1. P.63–84.

2. Ellis, Erle C; Ramankutty, Navin (October 2008). "Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world". *Frontiers in Ecology and the Environment*. 6 (8): 439–447.

3. Комаровский, М. Е., Хомич, В. С., Городецкий, Д. Ю. Геологические условия градостроительного развития г. Минска /Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2, Химия. Биология. География. - 2009. - № 2. - С. 80–85.

4. Радчикова, Е. С. Исследование истории трансформации гидрографической сети урбанизированных территорий на примере г. Минска / Е. С. Радчикова // *Рус. журн. прикл. экологии*. – 2017. – № 1. – С. 44–49.