

УДК 33.018

В.В. Кирей

Мытищинский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,
Мытищи, email: kirey-v@mail.ru

ЭКОСИСТЕМНАЯ АДАПТАЦИЯ В ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЯХ КАК БАЗОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Ключевые слова: экосистемная адаптация, природные решения, городские агломерации, экосистема, экосистемные услуги, природный капитал, цели устойчивого развития.

По мере того, как растут города, а территории урбанизируются и адаптируются к изменениям окружающей среды, органы управления все чаще обращаются к вопросам использования природных объектов как к элементам экосистемной адаптации, способствующим повышению устойчивости экономики и улучшению качества жизни населения (природные решения). Природные решения являются комплексной концепцией, обеспечивающей социальные, экономические и экологические выгоды. Природные решения представляют собой всеобъемлющую концепцию, охватывающую ряд подходов, основанных на экосистемной адаптации, включая защиту, устойчивое управление, восстановление и создание экологичной инфраструктуры. Подходы к экосистемной адаптации, направленные на внедрение эффективных экологических решений в городских агломерациях, способствуют достижению целей устойчивого развития благодаря гармонизации социальных, экологических и природных ресурсов. В статье подробно рассматриваются связи между природными решениями, элементами экосистемной адаптации и эффективным достижением целей устойчивого развития экономики и общества, обеспечением безопасности экологических систем.

V.V. Kirey

Mytishchi branch of the Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi,
email: kirey-v@mail.ru

ECOSYSTEM ADOPTION IN URBAN AGGLOMERATIONS AS A BASIC ELEMENT OF ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Keywords: ecosystem adaptation, nature-based solutions, urban agglomerations, ecosystem, ecosystem services, natural capital, sustainable development goals.

As cities grow and territories urbanize and adapt to environmental change, governments are increasingly turning to nature-based solutions as elements of ecosystem adaptation that, through the inclusion of ecosystem services, contribute to greater resilience and quality of life. Nature-based solutions are an integrated concept that provides social, economic and environmental benefits. Nature-based solutions is an umbrella concept encompassing a range of approaches based on ecosystem adaptation, including protection, sustainable management, restoration, and the creation of natural or green infrastructure. These approaches can be viewed in a hierarchy, prioritizing the protection of existing ecosystems over improving the management, rehabilitation, and restoration of ecosystems. Since most nature-based solutions are multifunctional. They can perform a variety of functions at different scales and times and support different sustainability factors. Ecosystem adaptation approaches through the implementation of nature-based solutions in urban agglomerations contribute to the achievement of sustainable development goals by harmonizing social, environmental and natural resources. The article examines in detail the links between nature-based solutions as an element of ecosystem adaptation contribute to the achievement of each and describes how an effectively implemented ecosystem adaptation approach contributes to the successful achievement of a sustainable development goal.

В последние годы с ростом темпов урбанизации региональные экосистемы сталкиваются с риском деградации [1]. Деятельность человека изменила экосистемы городских агломераций, влияя на региональные экосистемы [2]. В процессе быстрой урбанизации разрастание

городов продолжает наносить вред экологической среде в результате массовой индустриализации. Урбанизация включает в себя множество форм трансформации экосистем. Землепользование является основной формой реагирования на ценность экосистемных услуг [3].

Изменение типов землепользования влияет на структуру, процессы и функции экосистем, что, в свою очередь, влияет на ценность экосистемных услуг [4]. Города сталкиваются с проблемами устойчивости, поскольку деградация экосистем сопровождается потерей биоразнообразия и сокращением предоставления экосистемных услуг, соответственно, растущей бедностью и ростом социально-экономического неравенства. Вопросам устойчивого развития уделяется большое внимание, начиная с Целей развития тысячелетия (ЦРТ) Организации Объединенных Наций и заканчивая Целями устойчивого развития на период до 2030 года (ЦУР) [5].

Экосистемная адаптация должна обеспечить сохранение биоразнообразия экосистем без снижения уровня устойчивого социально-экономического развития экономики и общества. Ключевыми инструментами экосистемной адаптации являются решения государственных органов по природопользованию (природные решения), которые используют природу и естественные процессы для предоставления экосистемных услуг и интегративных решений для решения проблемы устойчивости городов. Эти вмешательства обычно выходят за рамки секторальных границ и требуют межсекторального партнерства. Природные решения могут принести многочисленные выгоды городам и решить различные социальные проблемы, включая снижение риска стихийных бедствий и повышение устойчивости к изменению климата, а также способствовать восстановлению биоразнообразия, созданию возможностей для отдыха, улучшению здоровья людей, обеспечению водной и продовольственной безопасности, а также поддержке благосостояния общества. Экосистемная адаптация включает набор структурных и неструктурных природных решений, которые защищают, управляют потоками экосистемных услуг, при этом во многих случаях интеграция природных решений является экономически эффективной [6].

Природные решения как ключевой элемент экосистемной адаптации направлены на достижение целей устойчивого развития в области городских агломераций и должны соответствовать трем критериям.

Во-первых, природные решения должны обеспечить социальные, экономические и экологические выгоды.

Во-вторых, природные решения должны быть разработаны как комплексная концепция, объединяющая междисциплинарное взаимодействие.

В-третьих, внедрение природных решений следует проводить, осуществляя адаптацию природных решений в соответствии с территориальным контекстом.

Необходимо использовать системный подход для решения проблем устойчивости и биоразнообразия, а затем искать практические способы интеграции природных решений в политические планы, программы и проекты [7].

Взаимосвязь целей устойчивого развития и политики экосистемной адаптации

Достижение целей устойчивого развития (ЦУР) зависит от гармонизации социальных, экологических и природных ресурсов. «Устойчивые города и сообщества» (ЦУР 11) занимают центральное место в достижении всех семнадцати ЦУР ООН. По мере развития технологий понимание устойчивых городов постепенно набирает обороты. При создании устойчивых городов учитывались вопросы компактности, устойчивого транспорта, плотности, смешанного землепользования, разнообразия среды обитания и озеленения [8]. В растущем городе существует острая необходимость обеспечить людей чистой водой, энергией и инфраструктурой, а также возможностями достойного труда и экономического роста (ЦУР 6, 7, 9 и 8 соответственно), одновременно стремясь уменьшить негативное воздействие городских агломераций на окружающую среду (ЦУР 14 и 15) и его вклад в изменение климата (ЦУР 13).

В ЦУР 6 особое внимание уделяется проблемам снабжения населения чистой водой и санитарии, которые можно решить путем увеличения доступности чистой воды и обеспечением средств санитарии с помощью внедрения природных решений и устойчивого управления городскими экосистемами [9]. Достаточное наличие чистой воды во многом зависит от гидрологических систем и водных

ресурсов, связано со здоровьем экосистем и их обеспечивающими функциями и услугами. Природная адаптация – это важный подход к интегрированному и адаптивному управлению водными ресурсами, обеспечению устойчивых к изменению экосистем. Стратегия экосистемной адаптации предусматривает внедрение природных решений, которые обеспечивают множество преимуществ и сопутствующих выгод, которые обеспечивают водную безопасность и способствуют благополучию человека.

Увеличение доступности и улучшение качества воды может быть достигнуто при внедрении природных решений, направленных на восстановление, сохранение и устойчивое управление водными экосистемами (задача 6.6 ЦУР). Экосистемная адаптация может улучшить и регулировать качество воды, продвигая адекватные меры по управлению лесами, водно-болотными угодьями, торфяниками и лугами, а также почвами. Внедрение экосистемной адаптации в трансграничных ландшафтах/экосистемах (реки, водно-болотные угодья, леса) может создать/укрепить межрегиональные организационные структуры управления водными ресурсами (задачи ЦУР 6.5 и 6.a).

В ЦУР 7 особое внимание уделяется использованию возобновляемых источников энергии, жизненно важных для устойчивого будущего. Долгосрочное обеспечение доступной, надежной и устойчивой энергией должно быть обеспечено за счет быстрого перехода к возобновляемым источникам энергии, включая ветер, солнечную энергию, гидроэнергетику и биомассу. Однако усилия по внедрению и масштабированию производства возобновляемой энергии могут иметь непредвиденные негативные последствия для окружающей среды [10] и противоречить результатам адаптации. Все возобновляемые источники энергии могут способствовать утрате биоразнообразия и нарушению экосистемных услуг, повышая риск деградации и загрязнения ландшафтов и среды обитания и, таким образом, подрывая устойчивость на местном и глобальном уровне. По-настоящему устойчивый переход к зеленой энергетике должен быть тщательно спланиро-

ван и управляем, чтобы он не приводил к неприемлемым издержкам для природы и людей (что актуально и для других ЦУР, таких как 9, 13, 14, 15).

Природная адаптация может напрямую поддерживать производство возобновляемой энергии посредством регулирования или предоставления природных ресурсов. Например, восстановление лесов может обеспечить измеримые экосистемные услуги, такие как уменьшение отложений и увеличение объема и регулярности стока воды, которые повышают эффективность производства гидроэлектроэнергии, одновременно повышая безопасность и качество воды, при этом создавая рабочие места и инвестиционные возможности. Такое повышение эффективности может сделать проекты возобновляемых источников энергии жизнеспособными и масштабируемыми с точки зрения экономики, что увеличит долю возобновляемых источников энергии в глобальной энергетической структуре и расширит доступ к чистой энергии.

В ЦУР 8 особое внимание уделяется экономическим, социальным и экологическим аспектам устойчивого развития. Необходимость достижения баланса между экономическим, социальным и экологическим измерениями требует принятия новых политических решений на национальном и региональном уровне. Экосистемная адаптация предоставляет преимущества для достижения именно этой цели, особенно в отношении поддержания средств к существованию, а также безопасности человека и сохранности ресурсов.

Многие источники средств к существованию и экономические цепочки создания стоимости напрямую зависят от природных ресурсов, которые можно сохранить или улучшить с помощью внедрения природных решений. Биоразнообразие и экосистемные услуги имеют решающее значение для долгосрочного устойчивого экономического роста государств. В то же время, широко признаны текущие и прогнозируемые экономические последствия изменения климата. Экосистемная адаптация может предложить решения, которые помогут решить эти проблемы, поддерживая устойчивое экономическое раз-

витие и возможность достойного трудоустройства для населения.

Реализация подходов экосистемной адаптации может повысить устойчивость сообществ, способствуя обмену знаниями об успешном внедрении природных решений. Природная адаптация может внести свой вклад в достижение ЦУР 8 путем обеспечения справедливого и инклюзивного участия и управления, а также совместного использования выгод от природных решений. Обеспечение альтернативных средств к существованию и экономических возможностей, основанных на устойчивом использовании природных ресурсов, может привести к новой и более разнообразной работе за счет создания новых малых и средних предприятий (задача ЦУР 8.3).

В ЦУР 9 особое внимание уделяется внедрению устойчивой городской инфраструктуры и промышленных практик. Природные решения должны носить инновационный характер, чтобы гарантировать, что они остаются экономически жизнеспособными в краткосрочной и долгосрочной перспективе, одновременно сокращая выбросы углекислого газа и уделяя приоритетное внимание устойчивому развитию. Природные решения во все большей степени должны удовлетворять потребности населения в инфраструктуре. Биоразнообразие и здоровые экосистемы обеспечивают экономически эффективную природную инфраструктуру, такую как водно-болотные угодья, обеспечивающие качественную воду, а также выступающие в качестве буфера от катастрофических последствий экстремальных погодных явлений. Растет количество литературы, которая демонстрирует, что зелено-серые проекты могут превзойти инвестиции в серую инфраструктуру [11].

Гибридный «зелено-серый» подход к инфраструктуре, который сочетает в себе сохранение и восстановление «зеленых» экосистем с «серыми» традиционными инженерными разработками, может принести больше выгод и повысить устойчивость к изменению климата для людей и природы больше, чем любая из стратегий, применяемая по отдельности. Экосистемная адаптация является инструментом для выяв-

ления, финансирования, планирования, проектирования, строительства и мониторинга зелено-серых инфраструктурных проектов, направленным на повышение устойчивости уязвимых городов, сообществ и активов по всему миру. Это связано с множеством сопутствующих выгод, которые создают зеленые компоненты, таких как повышение устойчивости, долговечности, экономической эффективности и признания местными сообществами. Зелено-серые проекты инфраструктуры уникальны своей способностью работать с природными системами для экономического достижения результатов устойчивости [12]. Внедрение природных решений как элемента развития зеленой инфраструктуры создаёт более устойчивые к экстремальным климатическим явлениям городские агломерации (задача ЦУР 9.1).

В ЦУР 11 особое внимание уделяется деградации экосистем под давлением искусственной среды в быстрорастущих городах [13]. Из-за растущей плотности населения в городских районах биоразнообразие и экосистемные услуги терпят значительные изменения [14].

Подходы к городскому планированию на основе экосистемной адаптации могут поддерживать благополучие сообщества путем предоставления преимуществ культурных экосистемных услуг, включая рекреационные, эстетические и культурные ценности. Экосистемная адаптация, играет важную роль в обеспечении справедливого распределения экосистемных услуг. Подход, основанный на вовлечении местных сообществ, в градостроительную деятельность, является ключом к обеспечению того, чтобы разнообразные сообщества могли получить выгоды от природных решений. Например, природные решения, в основе которых лежит увеличение зеленых насаждений, способствуют снижению риска наводнения из-за сильных дождей (задача ЦУР 11.7). Городские экосистемы посредством предоставления экосистемных услуг обеспечивают позитивные экономические, социальные и экологические связи между городскими, пригородными и сельскими районами, что обеспечивается путем укрепления национального и регионального планирования (задача 11.А ЦУР).

В ЦУР 12 особое внимание уделяется сохранению экосистем, которые являются основой для устойчивого потребления и производства. Природные решения призваны сыграть жизненно важную роль в смягчении последствий деградации экосистем. Существуют сложные связи между благополучием человека, экономическим процветанием и устойчивостью экосистем. Подходы экосистемной адаптации, реализованные с пристальным вниманием к ответственному потреблению и производству, могут создать потоки экосистемных услуг, которые улучшают благосостояние людей, одновременно сводя к минимуму использование ресурсов и воздействие на окружающую среду за счет повышения эффективности пользования.

Экосистемная адаптация может обеспечить преимущества и сопутствующие выгоды, что особенно справедливо в отношении экономики замкнутого цикла. Стимулирование повторного использования природной инфраструктуры может развиваться с течением времени (задача ЦУР 12.8) и содействовать устойчивому использованию и управлению природными ресурсами (задача ЦУР 12.2).

В ЦУР 13 особое внимание уделяется тому, как изменение климата влияет на городские экосистемы. Экономическому развитию, средствам существования и благополучию общества угрожают последствия изменения климата, особенно экстремальные погодные явления и медленно наступающие явления (такие как утрата биоразнообразия, деградация среды обитания, повышение уровня моря и засоление). Биоразнообразие и экосистемные услуги играют ключевую роль в смягчении последствий изменения климата и адаптации к нему. Экосистемная адаптация поддерживает способность здоровых экосистем повышать устойчивость сообществ и их адаптационный потенциал.

Инициативы природной адаптации могут помочь уменьшить последствия изменения климата и улучшить благосостояние сообществ за счет восстановления или защиты экосистемных услуг и диверсификации источников средств к существованию за счет деятельности, крайне уязвимой к изменению клима-

та, позволяя экосистемам, подвергшимся стрессу, восстановиться и продолжать предоставлять свои услуги. Природные решения могут быть адаптированы к конкретным экосистемам, ситуациям и территориям (например, прибрежные сообщества, которые могут сталкиваться с экзистенциальными климатическими рисками). Меры по адаптации выигрывают от раннего выявления и защиты уязвимых экосистем и угроз биоразнообразию, от которых зависит благополучие человека. Природные решения способны свести к минимуму утраченный потенциал экосистем для предоставления обществу множества экосистемных услуг.

В ЦУР 14 особое внимание уделяется тому, как прибрежные экосистемы играют решающую роль в поддержке и защите сообществ и инфраструктуры. Применение прибрежных и морских природных решений, ориентированных на устойчивое использование прибрежных ресурсов, а также защиту и восстановление прибрежных и морских экосистем, имеет решающее значение для предоставления и увеличения преимуществ адаптации к изменению климата и устойчивости местных прибрежных сообществ.

Природные решения, в основе которых лежит экосистемный подход, способствуют устойчивому управлению и восстановлению прибрежных экосистем (задача 14.2 ЦУР). Установлено, что поддержание береговых экосистем играет важную роль в глобальных усилиях по смягчению последствий изменения климата.

В ЦУР 15 особое внимание уделяется изменению климата – признанной угрозе наземным экосистемам. Проекты природных решений восстанавливают и защищают экосистемы, включая расширение зеленых насаждений, среды обитания и биоразнообразия, а также улучшают условия окружающей среды, такие как качество воздуха и управление отходами.

Меры по адаптации и смягчению последствий в деградации экосистем потенциально могут оказать синергический эффект. Однако поскольку деградация экосистем усугубляется множеством факторов, особенно неустойчивым управлением природными ресурсами

в сочетании с изменением климата, существует острая необходимость уделять приоритетное внимание здоровью экосистем и учитывать контекст климатических рисков при разработке и реализации политики устойчивого управления земельными ресурсами.

Выводы

Внедрение подхода экосистемной адаптации и принятия необходимых природных решений призвано обеспечить следующие положительные эффекты: экономический рост, создание «зеленых» рабочих мест, улучшение общественного здоровья. Стратегии реализации экологических решений разнообразны. Выбор природных решений должен подкрепляться социальными и экономическими факторами. Люди ценят природу по-разному, и их приоритеты могут меняться со временем в зависимости от условий жизни. Природные

решения не только имеют множество преимуществ в смягчении экологических опасностей, но они также могут помочь обществу достичь поставленных климатических, социальных, экологических и экономических целей.

Экономические выгоды, обеспечиваемые городскими экосистемами, могут быть существенными и обеспечивать выполнение целей устойчивого развития. Необходимо развивать города, внедряя новые подходы для поощрения и обеспечения мер экосистемной адаптации, которые поддерживают, улучшают и создают городские экосистемы.

В заключение отметим, что последствия будущего расширения городов на экосистемы возможно смягчить за счет принятия эффективных природных решений и подходов экосистемной адаптации, что может приблизить агломерации к достижению действительно устойчивого городского развития.

Библиографический список

1. Guo B., Wang X.X., Pei L., Su Y., Zhang D.M., Wang Y., Identifying the spatiotemporal dynamic of PM2.5 concentrations at multiple scales using geographically and temporally weighted regression model across China during 2015-2018, *Science of The Total Environment*, 2021, №751, e.141765.
2. Luger F.R., Farabollini P., Discovering the Landscape by Cycling: A Geo-Touristic Experience through Italian Badlands, *Geosciences*, 2018, №8, p.291.
3. Li X.M., Wang Y., Song Y., Unraveling land system vulnerability to rapid urbanization: An indicator-based vulnerability assessment for Wuhan, China. *Environ. Res.*, 2022, 211, e.112981.
4. Jing L., Zhiyuan R., Variations in Ecosystem Service Value in Response to Land use Changes in the Loess Plateau in Northern Shaanxi Province, China, *International Journal of Environmental Research*, 2011, №5, pp.109-118.
5. Eisenmenger N., Pichler M., Krenmayr N., Noll D., Plank B., Schalmann E., Wandl M.T., Gingrich S., The Sustainable Development Goals prioritize economic growth over sustainable resource use: A critical reflection on the SDGs from a socio- ecological perspective., *Sustain. Sci.*, 2020, №15, pp.1101-1110.
6. Raymond C.M., Frantzeskaki N., Kabisch N., Berry P., Breil M., Nita M.R., David Geneletti D., Calfapietra C., A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy*, 2017, №77, pp.15-24.
7. Dorst H., van der Jagt A., Raven R., Runhaar H., Urban greening through nature-based solutions – Key characteristics of an emerging concept. *Sustainable Cities and Society*, 2019, №49, e.101620 doi:10.1016/J.SCS.2019.101620
8. Jabareen Y.R., Sustainable urban forms-Their typologies, models, and concepts, *Journal of Planning Education and Research*, 2006, №26, pp.38-52.
9. United Nations, Water Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation, 2018, p.199.
10. Bennun L., van Bochove J., Fletcher C., Wilson D., Phair N., Carbone G., Industry guidance for early screening of biodiversity risk – solar. Gland: IUCN and Cambridge: The Biodiversity Consultancy, Switzerland, 2021, p.19.
11. Green-Gray Community of Practice, Practical Guide to Implementing Green-Gray Infrastructure, 2020, p. 172 doi:10.46830/wriipt.18.00028.

12. Oliver E., Green-Gray Infrastructure to Advance the SDGS: How a Green-Gray Design for the Barranquilla – Santa Marta Highway Expansion can Contribute to Colombia's Progress on the Sustainable Development Goals, 2021, p 64.
13. Muhamad Nor A.N., Abdul Aziz H., Nawawi S.A., Muhammad Jami, R., Aba, M.A., Hambal, K.A., Yusof, A.H., Ibrahim N., Rafeai N.H., Corstanje R., Harris J., Grafius D., Perotto-Baldivieso, H.L., Evolution of Green Space under Rapid Urban Expansion in Southeast Asian Cities, Sustainability, 2021, Vol.13, №21. doi:10.3390/su132112024
14. Schroepfer T. , The urban heat island mitigation potential of vegetation depends on local surface type and shade, Urban Forestry & Urban Greening, 2021, Vol.62, 06, e.127128. doi:10.1016/j.ufug.2021.127128
15. Diep L., Mulligan J., Oloo M.A., Guthmann L., Raido M., Ndezi T., Co-building trust in urban nature: Learning from participatory design and construction of Nature-Based Solutions in informal settlements in East Africa. Front Sustain Cities, 2022, №.4, e.927723.