

Ботанические сады XXI века трансформируются из традиционных хранилищ растительного разнообразия в стратегически важные парковые элементы экогородов будущего, становясь многофункциональными экосистемами, объединяющими научноемкие технологии, социальные практики и антикризисные функции, принципы циркулярной экономики. Они становятся факторами городской среды благодаря участию в преодолении экологических, климатических и социальных вызовов. Особое значение имеет их вклад в выполнение Целей устойчивого развития – 2030 ООН, обеспечивая экологическую безопасность, просвещение и устойчивость городов.

Ключевые слова: ботанические сады; экогорода; экосистемные услуги; адаптационно-реабилитационные центры; устойчивое развитие; внеземные экопоселения./

Botanic gardens of the 21st century are being transformed from traditional repositories of plant biodiversity into strategically important park elements of eco-cities of the future, becoming multifunctional ecosystems that combine high-tech, social practices and anti-crisis functions, principles of the circular economy. They become factors in the urban environment as they contribute to overcoming environmental, climatic and social challenges. Of particular importance is their contribution to the implementation of the UN Sustainable Development Goals-2030, ensuring environmental safety, education and sustainability of cities.

Keywords: Botanic gardens; ecocities; ecosystem services; adaptation and rehabilitation centres; sustainable development; extraterrestrial ecovillages.

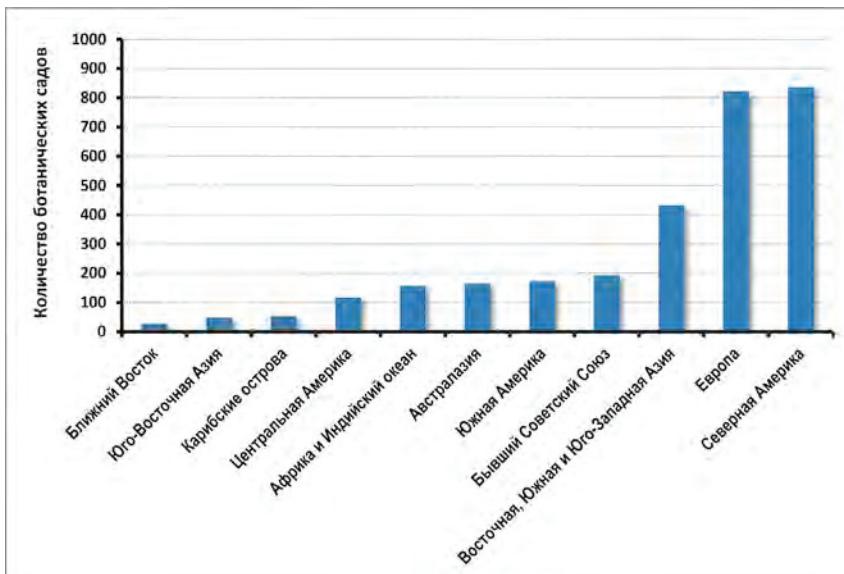
Ботанические сады для экогородов будущего / Botanic gardens for eco-cities of the future

текст
Виктор Кузеванов
 Байкальский
 государственный
 университет (Иркутск)
 text
Victor Kuzevanov
 Baikal State University
 (Irkutsk)

v Рис. 1. Таблица 1.
 Распределение
 ботанических садов
 по основным регионам
 мира [6] /
 Fig. 1. Table 1. Distribution
 of botanic gardens by major
 regions of the world [6]

Введение. Идея «экогорода», возникнув около 55 лет назад [1], достаточно быстро стала притягательной для градостроителей и экологически ответственных людей в разных географических и агроклиматических зонах в связи с тенденциями загрязнения, экологической неустойчивости и уязвимости городов, которые требуется перенастроить на Цели устойчивого развития 2015–2030 ООН. Поэтому считается, что в XXI веке на смену традиционным городам неизбежен вынужденный переход к экономически благополучным и чистым экогородам, не истощающим природные ресурсы, а устойчиво поддерживающим баланс потребления и восстановления экологических ресурсов при переключении к шестому технологическому укладу. В это вмешивается множество разрушительных вызовов, включая изменения климата, загрязнение окружающей среды, неудержимый рост населения и нехватка ресурсов развития. Безопасность, здоровье и качество продолжительной жизни становятся важнейшими ценностями и приоритетами для граждан из-за комплексного взаимодействия социально-экономических, экологических и политических факторов.

Поэтому самым важным аспектом устойчивого градостроительства, очевидно, является создание и поддержание систем, которые способствуют безопасности и здоровью горожан, устойчивости растущих и развивающихся городов (зеленая инфраструктура и озелененные пространства для отдыха и социальных активностей: парки, скверы, сады, зеленые крыши и т. п.; энергоэффективные и комфортные здания; транспортная инфраструктура; системы переработки и нейтрализации отходов; системы поддержки предпринимательства и гражданского общества; механизмы принятия решений, инклюзивного планирования; технологии «умного города» для оптимизации всех городских процессов и т. д.). Внимание к городским озелененным пространствам объясняется обнаружением их ключевой роли в сохранении физического здоровья и психически здоровой продолжительной жизни горожан, в поддержании комфортной городской среды, в укреплении потенциальной конкурентоспособности городов [2]. Изучение крупных городов и мегаполисов (Сингапур, Чунцин, Шанхай, Тяньцзинь, Шэньчжэнь, Пекин, Гонконг, Seoul, Токио, Дели, Мумбаи, Москва, Санкт-Петербург, Вена, Стокгольм, Каир, Стамбул, Мехико, Париж, Чикаго, Нью-Йорк, Сан-Диего, Ванкувер, Куритиба и др.), многие из которых взяли курс на обретение свойств экологичных городов, показывает, что среди экологических составляющих городского роста и развития местные администраторы и предприниматели уделяют особое внимание инвестициям в научноемкие озелененные пространства городского комфорта и здоровья. Например, в одном из самых зеленых мегаполисов мира – городе-государстве Сингапуре (население более 6 млн. человек и плотность населения на урбанизированной части до 14 тыс. человек/км²) озелененная часть составляет около 47%, включая национальный парк, заповедники, парки, скверы, а также два знаменитых больших ботанических сада (Сады у Залива – Gardens by the Bay; Сингапурский ботанический сад – Singapore Botanic Gardens, являющийся объектом Всемирного природного наследия ЮНЕСКО). На первом месте по озеленению по-прежнему Москва [3], активно развивающая зеленую политику, где в настоящее время свыше 54% площадей составляют охраняемые зеленые зоны, включая 7 известных ботанических садов (3 университетских и 4 академических).



		НЕБОЛЬШИЕ БОТАНИЧЕСКИЕ САДЫ И ДЕНДРАРИИ	БОТАНИЧЕСКИЕ САДЫ СРЕДНЕГО РАЗМЕРА; ГОРОДСКОЙ ЗЕЛЕНЫЙ ПОЯС	БОТАНИЧЕСКИЕ САДЫ И ДЕНДРАРИИ; ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ТЕПЛИЦЫ И ОРАНЖЕРИИ; ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРКИ; ЕСТЕСТВЕННЫЕ ЗЕЛЁНЫЕ КОРИДОРЫ	ПРИРОДНЫЕ ЗАПОВЕДНИКИ; ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ; КРУПНЫЕ БОТАНИЧЕСКИЕ САДЫ С БОЛЬШИМИ ПРИРОДНЫМИ ПЛОЩАДЯМИ	
5. Высочайшее биоразнообразие		НЕБОЛЬШИЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ САДЫ; ЭКО-УЧАСТИКИ	РАЙОННЫЕ ПАРКИ СРЕДНЕГО РАЗМЕРА С РАЗНООБРАЗНЫМИ ЛАНДШАФТАМИ; СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ САДЫ (ЭТНОГРАФИЧЕСКИЕ, ЛЕЧЕБНЫЕ и т. п.)	МЕМОРИАЛЬНЫЕ ПАРКИ И САДЫ; ГОРОДСКИЕ ФЕРМЫ; СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ САДЫ; НАБЕРЕЖНЫЕ С ЕСТЕСТВЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ	ГОРОДСКИЕ ЛЕСА; КРУПНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ И КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИЕ ПАРКИ	
4. Высокий уровень биоразнообразия		ВЕРТИКАЛЬНОЕ ОЗЕЛЕНЕНИЕ; ОЗЕЛЕНЕНИЕ НА КРЫШЕ	ПЛОЩАДИ, БУЛЬВАРЫ, АЛЛЕИ, НАБЕРЕЖНЫЕ, ЖИВЫЕ ИЗГОРОДИ	САДЫ ЖИЛЫХ ТЕРРИТОРИЙ; СПОРТИВНЫЕ ПЛОЩАДКИ; СКВЕРЫ	КРУПНЫЕ ОБЩЕСТВЕННЫЕ ПАРКИ С ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ДЕКОРАТИВНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ	
3. Средний уровень биоразнообразия		ЗЕЛЕНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ ПОЛОСЫ И РАЗВЯЗКИ	МОБИЛЬНОЕ И КОНТЕЙНЕРНОЕ САДОВОДСТВО; КЛУМБЫ, ЦВЕТНИКИ, ЖИВЫЕ ИЗГОРОДИ			
2. Низкий уровень биоразнообразия		ОЧЕНЬ МАЛЕНЬКИЕ НАСАЖДЕНИЯ вдоль УЛИЦ и ТРОУАРОВ; ГАЗОНЫ С НИЗКИМ РАЗНООБРАЗИЕМ; МИНИ-ПАРКИ, ВРЕМЕННЫЕ ПАРКИ; ЖИЛЫЕ РАЙОНЫ; КЛУМБЫ, ЦВЕТНИКИ, ЖИВЫЕ ИЗГОРОДИ	МИНИ-ПАРКИ, ВРЕМЕННЫЕ ПАРКИ; ГАЗОНЫ; АЛЛЕИ			
1. Наименьшее биоразнообразие		Очень маленькие (<0,5 га)	Маленькие (0,5-3 га)	Средние (3-20 га)	Крупные (20-100 га)	Самые большие (>100 га)

РАЗМЕР ПО ПЛОЩАДИ, ГА

^ Рис. 2. Позиционирование ботанических садов, парков и других групп городских объектов озеленения в координатах размеров по площади и уровню богатства биоразнообразия растений. Именно наукоемкие ботанические сады являются исключительными ресурсами генофонда растений для благоустройства и озеленения, благодаря самому высокому богатству биоразнообразия коллекций местных и инорайонных интродуцированных растений /

Fig. 2. Positioning of botanic gardens, parks and other groups of green urban landscaping objects in coordinates of size by area and level of plant biodiversity richness. Obviously, it is the science-based botanical gardens that are exceptional resources of plant gene pool for landscaping and greenification, due to the highest biodiversity richness of collections of native and non-native introduced plants

Из 500-летней истории ботанических садов как уникальных социальных изобретений человечества для здоровья и благополучия известно, что именно их неразрывная научная и образовательная основа обеспечила во многом благосостояние и доминирование западной цивилизации над остальным миром в XVII–XX веках, преимущественно за счет неограниченного использования ресурсов биоразнообразия экономически значимых растений, вывозимых из колоний [4]. Ботанические сады были в эпоху колониализма и остаются в настоящее время двигателями товаризации, присвоения генетических ресурсов и развития товарных культур [5]. Поэтому страны-лидеры западной цивилизации (Западной Европы и Северной Америки), создавшие более половины от общего числа ботанических садов в мире (рис. 1), продолжают наращивать и модернизировать свои многофункциональные ботанические сады, чтобы сохранить доминирование в использовании уникальных генетических ресурсов растений [6].

Считается, что ботанические сады в разных регионах внешне почти не отличаются от традиционных парков и озелененных общественных пространств в городах. Несмотря на многообразие ботанических садов мира, их традиционно продолжают относить к рекреационным парковым зонам городов или иногда к землям сельскохозяйственного назначения. Однако их кардинальное имманентное отличие (внутреннее, пропискающее из их природы, сущности) заключается в том, что традиционными «ботаническими садами» являются организации, имеющие **документированные коллекции живых растений** и использующие их для научных исследований, сохранения, демонстрации и образования» [7]. Современный ботанический сад – это особо охраняемая ландшафтная территория социально-экологического значения. Она содержит документированные коллекции растений и ландшафтные сады; здесь управляющая организация создает ресурсы для научных исследований, образования и просвещения, публичного показа растений и технологий сохранения биоразнообразия, воспроизводства растений, оказания услуг, основанных на знаниях о растениях и их производных [10]. В действительности из-за своей **фундаментальной и прикладной наукоемкости** они одновременно служат солидными учебно-научными

базами для академий, институтов, университетов и школ, рекреационными и культурно-просветительскими площадками для посетителей, зооботаническими садами, сити-фермами и коммерческими питомниками для умножения биоразнообразия растений. Благодаря достаточно большим занимаемым площадям и высокому биоразнообразию документированных научных коллекций растений ботанические сады становятся, во-первых, уникальными стандартами качества и чистоты используемого генофонда растений, а во-вторых, исключительными источниками высококачественного исходного посадочного материала для разнообразия типов городских озелененных территорий, включая даже дворы, квартиры и офисы горожан (рис. 2). Поэтому ботанические сады становятся символами гордости и признания разнообразия растительного мира, вдохновляя даже домохозяек, дачников и любителей растений называть свои коллекции и посадки «моим ботаническим садом».

Цель данной работы как продолжения предыдущей статьи про экогорода [8] – выявить и показать, как ботанические сады XXI века могут стать универсальными и многофункциональными моделями для экогородов будущего, объединяя технологии, экологию и человеческое благополучие. Для этого мы анализировали некоторые тренды, сопоставляя технологические решения, экосистемные услуги, социальные функции, связи с социально-экономическим развитием, государственно-частное партнерство и предпринимательские инициативы, ожидания в ходе освоении экстремальных по климату мест Земли, включая перспективу для мест обитания на будущих внеземных базах, которые не могут быть ничем иным, кроме как экопоселениями.

Материалы и методы. Исследовательские подходы и аналитические инструменты, применяемые в работе, формировались на основе более чем 30-летней практики сбора и систематизации данных, охватывающих территориальные и международные кейсы. Опыт автора включает участие в международных научных форумах с докладами и дискуссиями о ботанических садах и экогородах, участие в полевых исследованиях и наблюдениях, проводимых в образовательных и научных центрах, ботанических садах и коллекциях растений, а также в экологических организациях в 32 государствах – от суровых

в Рис. 3. Модернизированная многовекторная модель ключевых функций современных ботанических садов, парков и озелененных территорий как посредников между природой и обществом, подчеркивающая четыре междисциплинарные функции: (1) наука и исследования по управлению природных ресурсов; (2) образование и просвещение; (3) сохранение биологического разнообразия и эковосстановление; (4) экологические сервисы и коммерциализация инноваций. Стрелки указывают на циркуляцию материальных и нематериальных ресурсов между природой и обществом. Модернизация из [10] / Fig. 3. Modernized multi-vector model of the key functions of contemporary botanic gardens, parks, and green landscaped areas as intermediaries between nature and society, highlighting four interdisciplinary functions: (1) Science, research and management of natural resources; (2) Education and public awareness promotion; (3) Conservation of biological diversity and ecological restoration; (4) Ecological services and commercialization of innovations. Arrows indicate the circulation of tangible and intangible resources between nature and society. Modernized from the source [10]

ландшафтов Сибири до тропических регионов Азии, Южной Америки, Африки и Австралии. Хронологические рамки активности охватывают период с 1989 по 2024 год, что позволило фиксировать примеры из практики, эволюцию экосистемных стратегий ботанических садов и градостроителей в условиях меняющейся глобальной повестки в связи с Целями устойчивого развития ООН.

Результаты и обсуждение. Ботанические сады во многих случаях фактически становятся катализаторами устойчивого развития городов. В эпоху экологических вызовов из-за кризисов и конфликтов, доминирования процессов урбанизации и климатических изменений ботанические сады начинают трансформироваться из традиционных хранилищ растительного разнообразия в многофункциональные экопарки – интегральные элементы для экогородов при формировании так называемого Эко-Логичного статуса, то есть экологических и логично устроенных. Они становятся «магнитами» для науки, образования, индустрии и общества, объединяя усилия для создания устойчивых городских экосистем. Ключевой концепцией позиционирования ботанических садов, рассматриваемой в данной статье, является «треугольник, или, точнее, тетраэдр Лаврентьев» [9], то есть модель интеграции науки, образования/просвещения и производства с системами городского управления, где ботанические сады выступают инфраструктурными центрами синергии этих сфер с активным участием общественности. В контексте «зеленой» интеграции ботанических садов в этой модели акцентируется внимание на важности устойчивого развития и системного подхода в использовании их экологических ресурсов в городском управлении. Ботанические сады выступают как центры сохранения и использования биоразнообразия при активном участии в образовании и научных исследованиях, формируя экологическую ответственность и грамотность у населения. В результате ботанические сады становятся ключевыми агентами влияния на долговременные изменения в общественном сознании и мыслях горожан – главных интересантов в улучшении качества жизни в городах.

Ботанические сады XXI века трансформируются в многофункциональные «экологические ресурсы», объединяющие в единое целое науку, культуру и общество. Их миссия выходит за традиционные, чисто научные рамки исследований и разработок в сфере биоразнообразия, образования, восстановления среды и коммерциализации инноваций. Ботанические сады, а также современные парки и озелененные пространства становятся интерфейсами между природным наследием (биоразнообразием) и культурными ценностями развивающегося рыночного общества (рис. 3), обеспечивая замкнутые циклы ресурсов через обратные связи: научные открытия

→ управление природой → сохранение биоразнообразия и эковосстановление → просвещение/образование → экосистемные сервисы и коммерциализация инноваций.

Как показывает практика, многие российские академические ботанические сады (например, Никитский ботанический сад РАН в Ялте, Главный ботанический сад РАН, ботанические сады в ВИЛАР и в Тимирязевской сельскохозяйственной академии в Москве, Ботанический сад БИН РАН в Санкт-Петербурге, Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН в Новосибирске, Ботанический сад-институт ДВО РАН во Владивостоке и др., а также университетские ботанические сады в Москве, Петрозаводске, Симферополе, Иркутске и большинстве городов России) становятся лабораториями устойчивого развития, где научные данные трансформируются в полезные решения и рекомендации для развития парков и обустройства зеленых зон, улучшающих города нашей страны. Их успех зависит от баланса между сохранением исторических научных традиций, развитием и внедрением современных технологий от уровня отдельных видов и сортов растений до вертикального озеленения и крупномасштабного ландшафтного проектирования. Это подтверждается анализом российских садов, где около 80% усилий сосредоточено на науке, но только 5,8% – на образовании и просвещении [10].

На глобальном уровне многие отечественные и зарубежные ботанические сады демонстрируют стойкую тенденцию смещения к мультифункциональности в едином пространстве благодаря конвергенции ботанических садов с зоопарками, художественными музеями и галереями, музыкальными театрами (концертами), местами для рекреации и спорта, открытыми пространствами для крупных общественных событий и т. д., создавая комфорт и новые качества городской среды.

Особенно быстро происходят трансформации ботанических садов и их аналогов в Северной Америке, где они от традиционных научных хранилищ растений переходят к социальным экосистемам, играя ключевую роль в благоустройстве городов и устойчивом развитии обществ. В 2020 году «Американская ассоциация ботанических садов и арборетумов» (AABGA) была переименована в «Американскую ассоциацию публичных парков и арборетумов» (AAPGA), что символизирует сдвиг от узкоспециализированных функций к широкому общественному участию и к преимущественной парковой специфике, сохраняя научные приоритеты. Это изменение отразилось на деятельности садов и арборетумов: их коллекции стали активно адаптироваться под программы дополнительного образования, публичные просветительские и экологические проекты, превращаясь в озелененные пространства, объединяющие науку, природу и горожан. Особенна заметна тенденция к интеграции ботанических и зоологических коллекций в формате аналогов по модели российского 200-летнего Казанского зооботсада (например, Байкальский музей СО РАН в Байкальской Сибири, гармонично сочетающий дендропарк с музейными коллекциями в помещениях и аквариумами с живыми обитателями озера Байкал; San Diego Zoo Safari Park в Калифорнии с семенным банком и ботаническим садом), где публичные живые растительные коллекции и экспозиции с животными демонстрируют взаимосвязь экосистем. Растет также число других зооботсадов, сочетающих взаимодействие посетителей с растениями и животными в условиях, близких к естественным, а также восстанавливающих местные виды растений одновременно с убежищами для диких птиц, насекомых и животных в Buffalo Zoological Gardens в Нью-Йорке, Denver Zoological Gardens в Колорадо, Living Desert Zoo & Gardens State Park в Нью-Мексико и т. п. Многие современные ботанические сады перестают быть строго ботаническими, а становятся, скорее, публичными экологическими парками: они включают оранжереи





А



Б

[^] Рис. 4. Существующие сегодня футуристические парки, в которых сочетаются научные технологии построения ботанических садов и лучших международных экологических практик ландшафтного дизайна, где нет строгих границ между природой и архитектурными и инженерными сооружениями. А. Надземный High Line парк (2009) на острове Манхэттен в Нью-Йорке, обустроенный на месте бывшей железной дороги на высоте около 10 м над землей (<https://golnk.ru/D8rQ0>). Б. Парк Галицкого (2016–2025) в Краснодаре (<https://golnk.ru/k0vL1>). В. Ботанический игровой сад-парк «Природный детский сад» с просветительским и учебным центром, (2016, Чикагский Ботанический сад) (<https://golnk.ru/NMDky>). Г. Парк Зарядье (2017, Москва) (<https://golnk.ru/7yBAb>) / Fig. 4. Existing futuristic parks that combine high-tech botanic garden construction technologies and the best international environmental practices in landscape design, where there are no discernible boundaries between nature and architectural and engineering structures. A. The elevated High Line park, opened in 2009 on Manhattan Island in New York, built on the site of a former railroad at an altitude of about 10 meters above the ground (<https://golnk.ru/D8rQ0>). Б. Galitsky Park, created in 2016-2025 in Krasnodar (<https://golnk.ru/k0vL1>). В. The Botanic Play Garden and Park "Nature's Kindergarten" with an educational and training Center, opened in 2016 in the Chicago Botanic Garden (<https://golnk.ru/NMDky>). Г. Zaryadye Park, opened in 2017 in Moscow (<https://golnk.ru/7yBAb>)

с бабочками, аквариумы с экзотическими гидробионтами и водорослями, а также экспозиции, где посетители могут кормить и гладить животных. Интеграция с зоопарками и объектами культуры не только расширяет экологическую миссию ботанических садов, но и повышает их значимость как центров экотуризма. При этом традиционные ботанические коллекции остаются фундаментом: их научная ценность, включая семенные банки и репатриацию редких видов, дополняется социальными инициативами. Одновременно это делает современные ботанические сады трудно отличимыми от публичных парков, где природа, наука и отдых тесно переплетаются.

Ботанические сады наряду с другими городскими зелеными пространствами играют ключевую роль в формировании комфортной и устойчивой городской среды, одновременно обеспечивая широкий спектр так называемых бесплатных экологических услуг (или экосистемных сервисов) в разных сферах городской жизни. Они выступают не только как «зеленые легкие» и места отдыха, но и как поставщики экосистемных сервисов – естественных процессов, которые поддерживают жизнеспособность и устойчивость городов. Их роль становится особенно значимой в условиях климатических изменений, урбанизации и роста числа жителей мегаполисов. Эти «зеленые лаборатории» предоставляют регулирующие, поддерживающие, культурные и обеспечивающие услуги, которые невозможно заменить искусственными инженерными технологиями, требующими значительных затрат и инвестиций. Ботанические сады и парки активно участвуют в терморегуляции городской среды. Например, в ходе изменения климата многие весьма урбанизированные территории сталкиваются с ростом температуры (эффект «тепловых островов»), загрязнением атмосферного воздуха и водных ресурсов. А «зеленые острова» ботанических садов и их парковые аналоги помогают снижать температуру на 2–4°C при перегреве городской среды. Так, в футуристических и высокотехнологичных сингапурских «Садах у залива» (Gardens by the Bay) вертикальное озеленение поглощает до 30% CO₂. Это доказывает, что «умные» сады могут смягчать последствия изменения климата, когда интегрируют умные технологии для мониторинга климата и автоматизации ухода, а также используют экосистемные принципы, включая сбор дождевой



В



Г



воды и использование солнечной энергии. Растительные сообщества ботанических садов и озелененных территорий поглощают и нейтрализуют канцерогены, токсичные газы (CO_2 , NO_2 и др.) и пыль, улучшая качество воздуха в загрязненных городах, особенно вдоль автомагистралей. Кроме нейтрализации загрязнений, они участвуют также в регулировании водных циклов через замкнутые системы и водоемы с гидрофитами, регулируя водные потоки, предотвращая подтопления в таких проектах, как экологичный «Город-губка» (Sponge City) – модель городского планирования в Китае для очистки сточных и ливневых вод.

Разработка и внедрение систем устойчивого управления зелеными зонами включает моделирование и прогнозирование влияния озеленения на городские климатические условия, оптимизирует научно обоснованные схемы и наборы видов растений в насаждениях для максимального экологического эффекта, помогает внедрению инновационных технологий биомониторинга (например, использование фитосенсоров). Для экогородов будущего ботанические сады и парки служат моделями циркулярной экономики, снижая углеродный след через замкнутые циклы ресурсов и повышая качество жизни через доступ к природе. Они не просто являются «зелеными легкими», но активными участниками глобальных процессов, где каждая функция – от садовой терапии до биоинженерии – усиливает экологические сервисы (экосистемные услуги). Эта интеграция делает их стратегическими узлами в борьбе с климатическими и социальными вызовами, обеспечивая связь между биосферой и урбанистической средой. В «умных» экогородах будущего ботанические сады и парки должны стать саморегулируемыми и самовосстанавливающимися автоматизированными экосистемами, минимизируя труд людей при трудоемких повторяющихся операциях садоводства и ландшафтного дизайна. Современные примеры самоуправляющихся и самовосстанавливающихся парков и садов пока редки. Они чаще представляют собой гибриды устойчивого дизайна, «умных» технологий и природных процессов, постепенно двигаясь к идеалу самоподдерживающихся и самовосстанавливающихся зеленых пространств. И уже есть некоторые проекты и концепции, приближающиеся к этой идее (рис. 4 и 5):

< > Рис. 5. Футуристические сады в субтропиках.

А. Сады у залива (Gardens by the Bay), площадь 101 га, открыт в 2012 в центре Сингапура (©Coleen Rivas <https://golnk.ru/64XRV>).

Б. Укрытый под куполом парк в штаб-квартире ООН в Найроби (<https://golnk.ru/GX0xY>) / Fig. 5. Futuristic gardens in the subtropics. /

A. «Gardens by the Bay» with an area of 101 hectares, opened in 2012 in the center of Singapore (©Coleen Rivas <https://golnk.ru/64XRV>).

B. A park under a dome at the UN headquarters in Nairobi (<https://golnk.ru/GX0xY>)

1) Парк «Краснодар» (неофициально «Парк Галицкого) и парк «Зарядье» в Москве – это уникальные сочетания разнообразия растений и ландшафтов культурно-просветительского назначения по аналогии с лучшими практиками современных ботанических садов, где нет резких границ между архитектурными и инженерными сооружениями и природой, где «все перетекает одно в другое, создавая ощущение единого, живого организма» (рис. 4Б и 4Г).

2) Городской парк High Line в Нью-Йорке, линейный приподнятый парк на возвышении длиной 2,33 км, созданный на заброшенной железнодорожной эстакаде, где применяются устойчивые методы озеленения с минимальным вмешательством человека и использованием местных растений, способных к самовосстановлению (рис. 4А).

3) Футуристический сад Gardens by the Bay в Сингапуре, где интегрируются «умные» технологии для мониторинга климата и автоматизации ухода, а также используются устойчивые экосистемные принципы, включая сбор дождевой воды, солнечную энергию и т. п. (рис. 5А).

4) Пилотные проекты по обустройству специализированных коллекций и парковых открытых и закрытых зеленых зон на принципах ботанических садов, экспериментальных экопарков и сити-ферм с IoT-автоматизацией, а также проекты «диких» городских садов и лесов под управлением общественных некоммерческих организаций в Германии, США, Китае, Сингапуре и т. п. как примеры реинтродукции естественных экосистем в городах, где минимальное вмешательство человека позволяет природным процессам восстанавливаться самостоятельно, в том числе с использованием сенсорных сетей, искусственного интеллекта и роботов для ухода за растениями, что приближает парки к статусу самоуправляющихся.

Особый интерес представляют идеи и концепции использования ресурсов и принципов построения ботанических, этноботанических садов и экопарков для освоения и обустройства будущих экологичных городов и экопоселений в суровых по климату местах обитания в Арктике, Сибири, на Дальнем Востоке, а также на засушливых землях и в жарких пустынях Африки, Азии, Австралии и др. Такими разработками зеленых зон



заняты ботанические сады, расположенные в условиях Крайнего Севера или в приравненном к нему климате: российские академический Полярно-альпийский ботанический сад-институт (ПАБСИ РАН) в Мурманске и университетский Сургутский ботанический сад в Сургуте; норвежские «Tromso Botanic Garden» в Арктическом регионе и «Svalbard Global Seed Vault» – сад-хранилище семян «судного дня» на острове Шпицберген; финский университетский «Botania – Joensuu Botanical Garden and Tropical Butterfly Garden» в городе Йоэнсуу; датский Арктический ботанический сад «Issittup Naasui» в гренландском Сисимиуте и др. В этих случаях ботанические сады и их научно-парковые аналоги выступают как адаптационно-реабилитационные ресурсы для адаптации людей к экстремально холодным климатическим условиям.

Ботанические сады с их документированными коллекциями, опытом создания поликультур и управления микробиомами являются идеальными прототипами для будущих космических поселений, которые по своему смыслу должны быть экопоселениями, или экогородами. Проекты создания обитаемых баз на Луне, Марсе и в других частях космоса требуют глубокой интеграции экологических принципов, которые уже сегодня тестируются в ботанических садах и экогородах на Земле. Технологии, разработанные в земных ботанических садах и парках для экстремальных условий, находят применение в перспективных космических проектах. Основное внимание в проектировании комфортной среды для экипажей будущих внеземных баз и поселений уделяется адаптационно-реабилитационному центру жилого комплекса [11]. Его планировка предполагает обязательное наличие ландшафтного парка по типу ботанического сада или ландшафтных садов (рис. 6) по типу классических азиатских китайских, японских или корейских этнических парков в самом большом купольном помещении жилого комплекса. Такой адаптационно-реабилитационный центр вместе с производственными гидропонными и аэропонными оранжереями для выращивания растений должен не только решать задачи обеспечения продовольствием, но также улучшать психоэмоциональное состояние экипажа. Интеграция идей ботанических садов как универсальных экопарков в экосистемы внеземных поселений основана на их уникальной способности сочетать научную строгость, биотехнологическую базу и социальную функциональность. Эти технологии становятся фундаментом для освоения Луны и Марса, где жизнеподдерживающие системы должны быть предельно эффективными. Это влечет необходимость строгого научного отбора видов и сортов растений, устойчивых к стрессам, и такой подход станет обязательным. Только научно документированные коллекции, как в ботанических садах, обеспечат надежный генофонд. Здесь каждое растение выбирается не случайно, а через научный анализ его способности к фотосинтезу и минеральному питанию, продуктивности, пищевой ценности, компактности, а также эстетической ценности. Особое значение приобретает биopsихологическая реабилитация в условиях изоляции. Азиатские сады-парки с их акцентом на гармонию человека и природы становятся образцами для внеземных ландшафтов под куполом. Их многослойные композиции, сочетающие эстетику и функциональность, могут создать зоны медитации и отдыха для астронавтов. Опыт садовой терапии в ботанических садах разных стран, где, например, инвалиды и ветераны восстанавливаются через контакт с растениями, доказывает, что взаимодействие с зеленью снижает стресс и повышает устойчивость психики. В аналогах марсианских и лунных баз в экспериментах российского Института медико-биологических проблем участники, ухаживая за растениями, демонстрировали улучшение когнитивных функций и снижение тревожности. Однако в космосе важна не только

биологическая, но и социальная адаптация. Ботанические сады, как и парки в экогородах, должны стать мультифункциональными: обеспечивать пропитание, поддерживать здоровье, обучать и вдохновлять. Таким образом, очевидно, будущие поселения на Луне и Марсе должны быть построены по модели ботанических садов и их парковых аналогов. Это позволит создать не просто технически устойчивые базы экопоселений, но и среды, поддерживающие физическое и ментальное здоровье.

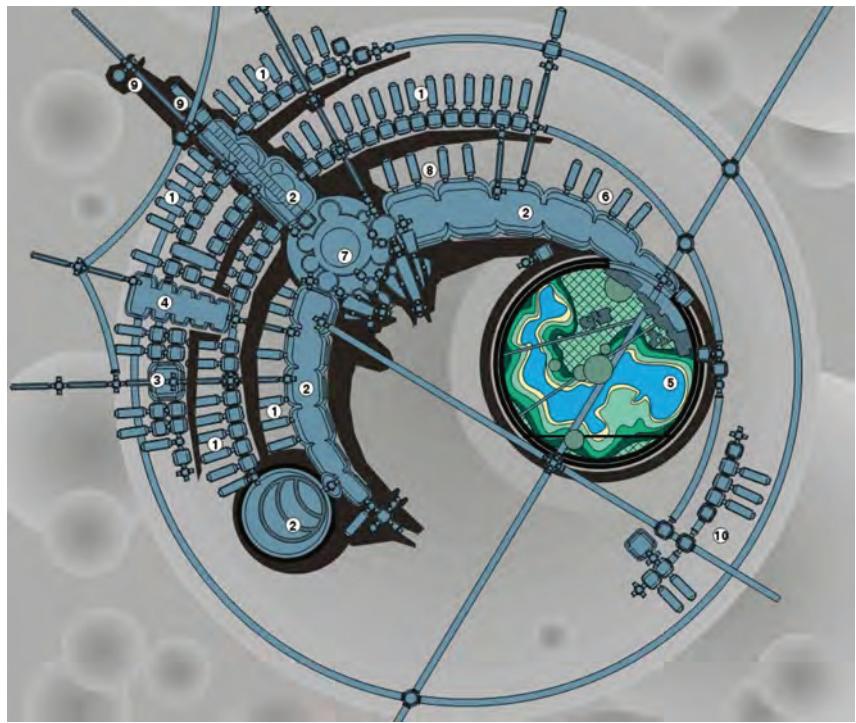
Заключение. Ботанические сады – это не только хранилища биоразнообразия, но и лаборатории будущего, где рождаются решения для экогородов, экстремальных климатов и космических колоний. Их успех зависит от способности объединять науку, бизнес и общество, преодолевая неравенство и этические дилеммы. Современные многофункциональные ботанические сады играют важную роль в реализации программы ООН «Цели устойчивого развития на 2015–2030 годы», помогая смягчать экологические и социальные угрозы. В первой половине XXI века ожидается, что шестой технологический уклад, охватывающий информационные технологии, генетическую инженерию, 3D-печать и социальные инновации, станет Эрой расцвета и востребованности ботанических садов. Технологический уклад здесь понимается как совокупность взаимосвязанных технологий, развивающихся синхронно и определяющих уровень продуктивной деятельности. Многие отдельные идеи и технологии, необходимые для обустройства ботанических садов и парков в экогородах будущего, уже существуют на практике, но, мягко говоря, пока нигде не интегрированы в единую систему. Мы прогнозируем значительное увеличение интереса к ботаническим садам как к важным экологическим ресурсам и социально значимым игрокам на национальной и международной арене, особенно в условиях экономических и экологических кризисов. Например, новая российская инициатива по созданию Сети детских ботанических садов в учебных заведениях страны призвана обеспечить их появление как в крупных, так и в малых городах России. В XXI веке ботанические сады будут активно развиваться в новых экогородах, особенно в регионах с экстремальными климатическими условиями, выполняя функции образовательных и экологических ресурсов и способствуя устойчивости и комфортной жизни людей.

В развитых странах Запада зачастую наблюдается тенденция к превращению некоторых частных ботанических садов в закрытые, доступные лишь узкому кругу лиц учреждения, что порождает социальную несправедливость и отсутствие инклюзивности. Такой подход противоречит принципам устойчивого развития, где приоритетом должны быть общественные интересы, а не исключительно коммерческие. В отличие от западной модели, основанной на экономическом росте и индивидуализме, страны Востока и Юга в мире чаще используют коллективистские стратегии, опираясь на государственное регулирование и культурные традиции сообществ. Для успешного формирования экогородов необходимо учитывать три ключевых аспекта: безопасность и здоровье жителей, восстановление экосистем и рациональное управление ресурсами. Инновационные технологии, такие как вертикальные фермы и гидропонные системы, уже сегодня позволяют выращивать продукты в условиях сурового климата как в Сибири, так и в тропиках. Например, концепции многоэтажных агрокомплексов, подобных проектам архитекторов Диксона Депомье и Винсента Каллебо для сити-ферм, демонстрируют, как можно совмещать продовольственную безопасность с энергоэффективностью. Подобные решения становятся основой для создания «второй природы» в городах, где растительные и животноводческие комплексы сити-фермерства функционируют на основе возобновляемой энергии и замкнутых циклов ресурсов. Особую значимость эти

технологии приобретают в регионах с экстремальными климатическими условиями. В холодных зонах, таких как Сибирь или Арктика, использование оранжерей и прозрачных куполов для моделирования теплых микроклиматов позволяет адаптировать растения и животных к суровым внешним условиям. Ботанические сады здесь выступают как модели и пилотные площадки для тестирования методов устойчивого природопользования. Однако на практике большинство экогородов пока остаются ориентированными на экономические показатели, игнорируя глубинные экологические и социальные цели. Для преодоления этого разрыва требуется междисциплинарный подход, объединяющий науку, бизнес и государство вокруг принципов справедливости в рациональном использовании биоразнообразия и научноемких технологий ботанических садов и их парковых аналогов. Только так можно создать экосистемы экогородов, где природа и технологии служат не только прибыли, но и благополучию всех слоев населения.

Литература

1. Register R. Ecocity Berkeley. Berkeley, CA: North Atlantic Books, 1987. – 140 p. <https://golnk.ru/1vEn4> (дата обращения: 01.05.2025).
2. DeVille N. V., Iyer H. S., Holland I. et al. Neighborhood socioeconomic status and mortality in the nurses' health study (NHS) and the nurses' health study II (NHSII) // Environmental Epidemiology, 2023 Feb; 7(1):e235 – P. 1-7. – DOI: 10.1097/EE9.0000000000000235
3. Moscow: The green capital // Logos. 18.07.2024. – URL: <https://golnk.ru/nd9Nd> (дата обращения: 01.05.2025).
4. Brockway L. H. Science and colonial expansion: the role of the British Royal Botanic Gardens. // American Ethnologist, 1979. – vol. 6(3). – P. 449–465. – doi:10.1525/ae.1979.6.3.02a00030. – URL: <https://clck.ru/34a9gg> (дата обращения: 01.05.2025).
5. Forbes S. How botanic gardens changed the world // Proceedings of the History and Future of Social Innovation Conference. Hawke Research Institute for Sustainable Societies, University of South Australia, 2008. – P. 1–6.
6. Wyse Jackson P. S., Sutherland L. A. Role of Botanic Gardens. // In: Levin S. A. (ed.) Encyclopedia of Biodiversity, second edition, Waltham, MA: Academic Press, 2013. – Vol. 6. – P. 504–521. – URL: <https://golnk.ru/wxzew> (дата обращения: 01.05.2025).
7. Wyse Jackson P. S. Experimentation on a large scale – an analysis of the holdings and resources of botanic gardens // Botanic Gardens Conservation News, 1999. – Vol. 3(3). – P. 27–30. – URL: <https://golnk.ru/1vEYJ> (дата обращения: 01.05.2025).
8. Кузеванов, В. Экогорода – утопия или... будущее // Проект Байкал. – 2024. – № 80. – С. 72–79. – DOI: <https://doi.org/10.51461/issn.2309-3072/80.2334>
9. Добрецов, Н. Л. «Треугольник Лаврентьева»: принципы организации науки в Сибири // Вестник Российской Академии Наук. – 2001. – № 5. – С. 428–436. – URL: <https://golnk.ru/7yBjy> (дата обращения: 01.05.2025).
10. Gorbunov, Y. N., Kuzevanov, V. Ya. The role of Russian botanical gardens in plant biodiversity conservation. Chapter 4. // In: Pullaiah, T. & Galbraith, D. (eds.). Botanical Gardens and their role in plant conservation (Vol. 3, pp. 63–89). Canada: CRC press. DOI: 10.1201/9781003282556-4. Retrieved May 1, 2025, from <https://golnk.ru/J7B69>
11. Сизенцев, А. Г., Шевченко, В. В., Семенов, В. Ф., Байдал, Г. М. Концепция производственной лунной базы 2050 г. // Вселенная и мы. – 1997. – № 3. – URL: <https://golnk.ru/1vE4L> (дата обращения: 01.05.2025).



References

- Anonymous. (2024. July 18). Moscow: The green capital. *Logos*. Retrieved May 1, 2025, from <https://golnk.ru/nd9Nd>
- Brockway, L. H. (1979). Science and colonial expansion: the role of the British Royal Botanic Gardens. *American Ethnologist*, 6(3), 449–465. DOI: 10.1525/ae.1979.6.3.02a00030. Retrieved May 1, 2025, from <https://clck.ru/34a9gg>
- DeVille, N. V., Iyer, H. S., Holland, I. et al. (2023, February). Neighborhood socioeconomic status and mortality in the nurses' health study (NHS) and the nurses' health study II (NHSII). *Environmental Epidemiology*, 7(1):e235, 1-7. DOI: 10.1097/EE9.0000000000000235.
- Dobretsov, N. L. (2001). "Lavrentiev's Triangle": principles of science organisation in Siberia. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 71(5), 428-436. Retrieved May 1, 2025, from <https://golnk.ru/7yBjy>
- Forbes, S. (2008). How botanic gardens changed the world. *Proceedings of the History and Future of Social Innovation Conference* (pp. 1-6). Hawke Research Institute for Sustainable Societies, University of South Australia.
- Gorbunov, Y. N., & Kuzevanov, V. Ya. (2023). The role of Russian botanical gardens in plant biodiversity conservation. Chapter 4. In T. Pullaiah & D. Galbraith (Eds.), *Botanical Gardens and their role in plant conservation* (Vol. 3, pp. 63-89). Canada: CRC press. DOI: 10.1201/9781003282556-4. Retrieved May 1, 2025, from <https://golnk.ru/J7B69>
- Kuzevanov, V. Ya. (2024). Eco-cities - utopia or... the future. *Project Baikal*, 21(80), 72-79. https://doi.org/10.51461/issn.2309-3072/80.2334
- Register, R. (1987). *Ecocity Berkeley*. Berkeley, CA: North Atlantic Books. Retrieved May 1, 2025, from <https://golnk.ru/1vEn4>
- Sizentsev, A. G., Shevchenko, V. V., Semyonov V. F., & Baidal, G. M. (1997). Konseptsiya proizvodstvennoi lunnoi bazy 2050 [Concept of production lunar base 2050]. *Universe and us*, 3. Retrieved May 1, 2025, from <https://golnk.ru/1vE4L>
- Wyse Jackson, P. S. (1999). Experimentation on a large scale – an analysis of the holdings and resources of botanic gardens. *Botanic Gardens Conservation News*, 3(3), 27–30. Retrieved May 1, 2025, from <https://golnk.ru/1vEYJ>
- Wyse Jackson, P. S., & Sutherland, L. A. (2013). Role of Botanic Gardens. In S. A. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* (2nd ed., Vol. 6, pp. 504–521). Waltham, MA: Academic Press. Retrieved May 1, 2025, from <https://golnk.ru/wxzew>