

# ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В СИНГАПУРЕ



## РУКОВОДЯЩИЙ ПРИНЦИП 5: ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ И ПРИНЦИПЫ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ

Планирование и проектирование инфраструктурных систем с целью минимизировать их экологический «след» и сократить количество выбросов, отходов и других загрязняющих веществ должно осуществляться на основе принципов циркулярной экономики и использования устойчивых технологий и строительных материалов.



## СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Сингапур — одна из самых густонаселенных стран мира (United Nations Department of Economic and Social Affairs [UNDESA] 2019). Будучи городом-государством, занимающим площадь чуть более 720 км<sup>2</sup>, он также сталкивается со значительной нехваткой природных ресурсов (Chew 2010, с. 196). Несмотря на это, экономика Сингапура является одной из самых эффективных в мире по выбросам углекислого газа, а к 2030 году в стране планируется экологизировать не менее 80 процентов зданий (Singapore, Building and Construction Authority [BCA] 2010, с. 3). Для создания экологически чистого, энергоэффективного и пригодного для жизни города, а также для уменьшения зависимости от импорта природных ресурсов для строительства, начиная с 2005 года Сингапур внедряет ряд инноваций, направленных на интеграцию концепции экологической устойчивости в свою систему искусственной инфраструктуры. При строительстве «зеленых» зданий в Сингапуре (включая офисы, здания университетов, объекты общественного транспорта и другие сооружения) реализуются принципы циркулярной экономики с использованием переработанных материалов и «зеленых»

технологий для проектирования зданий. Важно отметить, что применение этих инноваций становится возможным в широких масштабах благодаря наличию благоприятных условий, способствующих использованию экологически чистых строительных материалов и методов работы.

## ВНЕДРЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ В ПРОЦЕСС СТРОИТЕЛЬСТВА

Первой важнейшей технической характеристикой «зеленых» зданий Сингапура является использование экологичных и переработанных строительных материалов. Например, при строительстве 12-этажного учебного корпуса в колледже «Эунойя» была задействована строительная система с использованием массивной инженерной древесины (MET) (Singapore, BCA 2020a). Такую древесину получают путем вырубki деревьев, выращенных при использовании практик устойчивого лесопользования (Programme for the Endorsement of Forest Certification 2019), а здания из нее имеют меньший углеродный след и объем нетто-выбросов углерода по сравнению с сооружениями из стали или бетона (Singapore, BCA 2020b). Другой пример — «Тампинс Конкорс»,

трехэтажное офисное здание, построенное из экологичного бетона. При производстве экологичного бетона используется меньше песка<sup>5</sup>, который частично заменяется купершлаком, переработанными бетонными заполнителями (RCA) и молотым гранулированным доменным шлаком (GGBS) (Chew 2010).

Сингапурские здания отражают принципы циркулярной экономики на протяжении всего жизненного цикла, включая этап вывода из эксплуатации или сноса. Управление по строительству зданий и сооружений Сингапура (BCA) разработало Протокол о сносе зданий, который позже был включен в Сингапурский стандарт — набор процедур, которые, наряду с другими мерами политики, позволяют добиться максимальной рекуперации отходов для их повторного использования или переработки в целях получения выгоды (Singapore, BCA 2020c). Эти материалы могут потенциально использоваться в рамках других проектов, таких как здание «Самво Эко-грин», которое было построено из бетона с применением RCA, полученного из образующихся в ходе строительства и сноса отходов.

#### ЭКОЛОГИЧНЫЙ ДИЗАЙН И «ЗЕЛЕНЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ

Помимо использования экологичных строительных материалов, правительство Сингапура также поощряет использование экологически рациональных проектных решений и «зеленых» технологий для минимизации воздействия на окружающую среду и максимального повышения общей эффективности эксплуатации зданий. Поощрение этих решений осуществляется с помощью схемы сертификации BCA Green Mark — механизма оценки общих экологических характеристик здания, включая энергоэффективность, эффективность использования водных ресурсов, качество внутренней среды, а также воздействие на окружающую среду в течение всего жизненного цикла здания.

Ввиду особенностей тропического климата при строительстве зданий и помещений часто применяются стратегии пассивного проектирования, направленные на снижение энергопотребления и выбросов углекислого газа. Например, отдельные здания отличаются традиционным дизайном с продуманной ориентацией для максимального использования дневного света или избегания прямого солнечного нагрева. Чтобы разбавить плотную городскую среду природными элементами, при строительстве зданий все чаще используются разнообразные зеленые насаждения и деревья, которые дают тень и позволяют свести к минимуму влияние городских островов

тепла. Во многих зданиях предусмотрены солнцезащитные конструкции, например, навесы, блокирующие солнечные лучи (Eco-Business 2011). За счет зеленых крыш, засаженных растениями, дополнительно снижается приток солнечного тепла. Они представляют собой природную альтернативу «серым» решениям и снижают потребность в них.

С точки зрения энергоэффективности показательными примерами являются Здание с нулевым потреблением энергии (ZEB) на кампусе им. Брэдделла Академии BCA и недавно построенное Здание школы дизайнера и окружающей среды 4 (SDE4) при Национальном университете Сингапура. Здание с нулевым потреблением в кампусе им. Брэдделла стало первым в Юго-Восточной Азии объектом с нулевым потреблением энергии — в течение почти десяти лет подряд, начиная с 2009 года, для его функционирования не требовалось никаких дополнительных энергозатрат. Этот проект выполняет роль испытательного стенда для интеграции технологий экологичного строительства в уже существующие здания (Singapore, BCA 2020d). В проекте здания SDE4, который был разработан специально для тропических условий с особым вниманием к его фасаду, ориентации и распределению архитектурных масс, используется «гибридная» система охлаждения с вентиляторами вместо стандартной системы кондиционирования воздуха, благодаря чему достигается более высокая установленная величина и более низкий уровень энергопотребления, при обеспечении одинакового теплового комфорта. С момента начала эксплуатации здания в 2019 году продуманное управление энергопотреблением наряду с использованием большого солнечного фотоэлектрического модуля на крыше позволили добиться положительных показателей энергоэффективности. Совет по жилищному строительству и развитию также занимается внедрением «умных» технологий, включая «умные вентиляторы» в комплексе Punggol Northshore, которые срабатывают, реагируя на температуру, уровень влажности и движения людей (Singapore, Housing and Development Board 2015). Эти различные решения позволяют не только снизить потребление энергии и природных ресурсов, но и сделать здания более комфортными и удобными для использования с точки зрения жильца.

Другие объекты, такие как Tuas Nexus, служат примером реализации принципов циркулярной экономики за счет интеграции различных секторов. Tuas Nexus станет первым в мире многофункциональным предприятием по переработке отходов и очистке воды, в котором разместятся

<sup>5</sup> Песок становится все более дефицитным материалом, связанным с высоким уровнем выбросов парниковых газов и негативным воздействием на окружающую среду, например, береговой эрозией, возникающей в результате его добычи.

Туасская водоочистная станция, созданная Управлением жилищно-коммунального хозяйства Сингапура и Национальным агентством по водным ресурсам, и Предприятие по комплексному обращению с отходами, созданное Национальным агентством по охране окружающей среды. Это сооружение позволит использовать синергетический потенциал взаимосвязи между водными ресурсами, энергией и отходами для оптимальной рекуперации энергии и ресурсов, а также сведения к минимуму площади занимаемой земли. Например, электроэнергия, вырабатываемая в процессе переработки отходов, будет использоваться для обеспечения работы предприятия в целом, а излишки электроэнергии будут экспортироваться в энергосеть. В результате применения комплексного подхода Tuas Nexus сможет самостоятельно обеспечивать себя энергией. Ожидается, что это позволит снизить выбросы углекислого газа более чем на 200 тыс. тонн в год, что эквивалентно тому, если бы с дорог Сингапура убрали 42 500 автомобилей (Singapore, National Environment Agency 2020).

#### БЛАГОПРИЯТНЫЕ УСЛОВИЯ

Особенно важно отметить, что правительство Сингапура создает благоприятные условия для развития систем экостроительства за счет

принятия стратегической политики и создания стимулов, направленных на достижение цели экологизации 80 процентов зданий (по общей площади) в Сингапуре к 2030 году.

Система поощрений Green Mark призвана «ускорить процесс внедрения экологически чистых строительных технологий и методов проектирования зданий за счет денежных стимулов или увеличения общей площади зданий» (Singapore, BCA 2020e). Эта система была дополнена разработкой законодательства, согласно которому все новые и уже существующие здания, прошедшие серьезную модернизацию, должны соответствовать минимальному стандарту экологической устойчивости. Программа Super Low Energy («Сверхнизкое энергопотребление») представляет собой новый этап развития сингапурского движения за экологичное строительство. Программа, осуществление которой началось в 2018 году, включает в себя комплекс инициатив, разработанных правительством в партнерстве с представителями промышленных и научных кругов и направленных на стимулирование проектирования и строительства экономически эффективных зданий со сверхнизким энергопотреблением (повышение энергоэффективности на 60 процентов по сравнению со строительными нормами 2005 года) (Singapore, BCA 2018, с. 10).



© happycreator / Shutterstock.com

Помимо экологической устойчивости, здания, спроектированные по стандартам Green Mark, позволяют добиваться чистой положительной экономики на протяжении всего жизненного цикла.<sup>6</sup> Некоторые из них позволили сократить операционные расходы на 11,6 процента (Yale University 2013). К другим схемам относятся Схема финансирования энергоэффективности модернизации зданий, Схема стимулирования экологизации Skyrise и Фонд инноваций для более тихого строительства (Green Future 2020), в рамках которых затрагивается целый ряд экономических, экологических и социальных вопросов, связанных со строительством зданий. Параллельно с этими мерами научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) получили признание и поддержку со стороны государственных учреждений в качестве одного из ключевых факторов повышения эффективности использования ресурсов в зданиях Сингапура (Eco-Business 2011), что привело к созданию комплексного Инновационного кластера экологичного строительства, целью которого является развитие энергоэффективных решений и методов работы.

#### ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ПЕРЕДОВОЙ ПРАКТИКИ

Ожидается, что к 2050 году в городах мира будет проживать на 2,5 млрд человек больше (UNDESA 2018, с. 1), поэтому одной из важнейших задач остается непрерывное внедрение инноваций для обеспечения жилья, рабочих мест, бытового обслуживания и сохранения чистой окружающей среды для растущего городского населения. Успешное строительство «зеленых» зданий и более широкой городской инфраструктуры в Сингапуре часто

рассматривается другими городами как образец для подражания. Наблюдатели часто называют Сингапур «городом-садом» (UNEP 2018).

Пример Сингапура — это свидетельство того, как города и страны могут строить сильную экономику, сохраняя при этом чистую и зеленую окружающую среду. Несмотря на ограниченность природных и земельных ресурсов, ряд технических и политических мер позволяет разрабатывать и претворять в жизнь устойчивые инфраструктурные системы, которые удовлетворяют нужды людей и при этом соответствуют экологическим требованиям.

В настоящее время Сингапур планирует выйти за рамки концепции «города-сада» и создать «город в гармонии с природой», что потребует всестороннего планирования и практической работы для дальнейшей интеграции экосистем с устойчивой инфраструктурой городских районов (Singapore, Public Service Division 2020).

Случай Сингапура как города-государства с высоким уровнем дохода может показаться уникальным, но его успех зависит не только от использования передовых технологий. С самого начала в процессе рационального планирования приоритет отдавался бережному отношению к окружающей среде: в стране изначально было принято решение о том, что нельзя допускать подхода «сначала рост, потом борьба с загрязнением». На примере Сингапура видно, как с помощью соответствующей политики и приверженности принципам в густонаселенном городе можно добиться высокого качества жизни, стимулировать конкурентоспособную экономику и сохранить устойчивую окружающую среду для нынешнего и будущих поколений.

#### КЛЮЧЕВЫЕ ВЫВОДЫ

- Высокая плотность населения и ограниченность природных ресурсов ускорили процесс принятия правительством Сингапура инновационных мер по повышению эффективности использования ресурсов и энергии. В результате была создана устойчивая и природосберегающая искусственная среда, требующая минимального использования ресурсов.
- Экологичные строительные материалы, проекты и технологии позволяют внедрять принципы циркулярной экономики в жизненный цикл инфраструктуры. Согласно действующим в Сингапуре стандартам, строители должны обеспечить максимальную рекуперацию отходов для их повторного использования или переработки, тем самым замыкая цикл использования материалов.
- Благодаря системе стимулов, сертификации, стандартов, целевых показателей и инициатив в области НИОКР в стране удалось создать благоприятные условия для эффективной деятельности.

<sup>6</sup> В 2019 году было заказано независимое консультативное исследование системы поощрений BCA Green Mark (Singapore, BCA 2019). В исследовании содержится подробный обзор 40 проектов Green Mark и анализ стоимости их жизненного цикла.

## БИБЛИОГРАФИЯ

- Chew, K. C. (2010). Singapore's strategies towards sustainable construction. *The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering* 3 (3), 196–202. <https://doi.org/10.1080/19373260.2010.491641>.
- Eco-Business (2011). Green buildings in Singapore: adding the green touch with technology, 26 April. <https://www.eco-business.com/news/green-buildings-in-singapore-adding-the-green-touch-with-technology/>. Accessed 28 August 2020.
- Green Future (2020). 2020 Guide to Singapore Government Funding and Incentives for the Environment, 16 February. <http://www.greenfuture.sg/2020/02/16/2020-guide-to-singapore-government-funding-and-incentives-for-the-environment/>. Accessed 28 August 2020.
- Programme for the Endorsement of Forest Certification (2019). Singapore set to expand chain of custody certification and responsible sourcing of forest products, 23 September. <https://pefc.org/news/singapore-set-to-expand-chain-of-custody-certification-and-responsible-sourcing-of-forest-products>. Accessed 10 October 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2010). *Building, planning and massing*. <https://www.bca.gov.sg/GreenMark/others/bldgplanningmassing.pdf>.
- Singapore, Building and Construction Authority (2018). *BCA drives the next generation of green buildings – the super low energy buildings*, 5 September. [www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-buildsg/sustainability/pr\\_sgbw2018.pdf?sfvrsn=d818280e\\_2](http://www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-buildsg/sustainability/pr_sgbw2018.pdf?sfvrsn=d818280e_2).
- Singapore, Building and Construction Authority (2019). Green Mark for Independent Consultancy Study on BCA Green Mark Schemes. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-for-independent-consultancy-study-on-bca-green-mark-schemes>. Accessed 9 February 2021.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020a). Case Study – Eunoia Junior College. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/productivity/design-for-manufacturing-and-assembly-dfma/mass-engineered-timber/mass-engineered-timber-case-study-eunoia-junior-college>. Accessed 2 November 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020b). Mass Engineered Timber. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/productivity/design-for-manufacturing-and-assembly-dfma/mass-engineered-timber>. Accessed 2 November 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020c). Demolition Protocol. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/sustainable-construction/demolition-protocol>. Accessed 2 November 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020d). Super-low energy building. Advancing net zero. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/super-low-energy-programme/super-low-energy-building-advancing-net-zero>. Accessed 1 November 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020e). Green Mark Incentive Schemes. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-incentive-schemes>. Accessed 3 November 2020.
- Singapore, Housing and Development Board (2014). *Smart HDB Homes of the Future*, 11 September. [www20.hdb.gov.sg/fi/10/fi10296p.nsf/PressReleases/F93B15F80588397748257D500009CE6C](https://www20.hdb.gov.sg/fi/10/fi10296p.nsf/PressReleases/F93B15F80588397748257D500009CE6C). Accessed 8 January 2021.
- Singapore, National Environment Agency (2020). *Tuas Nexus – Singapore's First Integrated Water and Solid Waste Treatment Facility Begins Construction*, 8 September. <https://www.nea.gov.sg/media/news/news/index/tuas-nexus-singapore-s-first-integrated-water-and-solid-waste-treatment-facility-begins-construction>. Accessed 9 February 2021.
- Singapore, Public Service Division (2020). Singapore agenda in focus: transforming Singapore into a city in nature, 16 July. <https://www.psd.gov.sg/challenge/ideas/deep-dive/public-sector-transformation-edible-garden-city-in-nature>. Accessed 25 August 2020.
- United Nations Environment Programme (2014). *Sand, rarer than one thinks*. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8665/GEAS\\_Mar2014\\_Sand\\_Mining.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8665/GEAS_Mar2014_Sand_Mining.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
- United Nations Environment Programme (2018). A city in a garden: Singapore's journey to becoming a biodiversity model, 30 July. <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/city-garden-singapores-journey-becoming-biodiversity-model>. Accessed 16 October 2020.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2018). World urbanization prospects. *The 2018 revision*. New York. <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>. Accessed 19 October 2020.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2019). World urbanization prospects. Maps. Percentage urban and urban agglomerations by size class. <https://population.un.org/wup/>. Accessed 28 August 2020.
- Yale University (2013). Singapore taking the lead in green building in Asia, 16 September. [https://e360.yale.edu/features/singapore\\_takes\\_the\\_lead\\_in\\_green\\_building\\_in\\_asia](https://e360.yale.edu/features/singapore_takes_the_lead_in_green_building_in_asia). Accessed 20 October 2020.